

**Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio**  
**Direzione per la Protezione della Natura**  
**Società Botanica Italiana**  
**Commissione per la promozione della ricerca botanica**  
**Accademia Italiana di Scienze Forestali**

**INCENDI E COMPLESSITÀ ECOSISTEMICA**  
**Dalla pianificazione forestale al recupero ambientale**

# **INCENDI E COMPLESSITÀ ECOSISTEMICA**

dalla pianificazione forestale al recupero ambientale

## **Editori:**

CARLO BLASI, GIOVANNI BOVIO, PIERMARIA CORONA, MARCO MARCHETTI, ANTONIO MATURANI

## **Autori:**

R. BERTANI, C. BLASI, E. BIONDI, G. BOVIO, A. CAMIA, F. CAPOGNA, P. CORONA, S. CULLOTTA, A. ESPOSITO, M.L. FABIANI, V. LEONE, R. LOVREGGIO, F. MAETZKE, F. MANES, M. MARCHETTI, A. MATURANI, S. MAZZOLENI, S. PASTA, A.M. PERSIANI, L. POLDINI, G. PUPPI, C. RICOTTA, I. SCATARZI, I. VAGGE, M. VIDALI

Prefazione di ORAZIO CIANCIO

**Coordinamento editoriale:** P. DI MARZIO

**Stampato in**

*Nella mitologia il fuoco si identifica con Prometeo che con grande coraggio lo sottrae agli dèi per donarlo agli uomini. Nella letteratura moderna il mito di Prometeo è stato variamente interpretato, ispirando, tra gli altri, GOETHE, SHELLEY, MONTI, GIDE, SPITTELER. Il fuoco è considerato il simbolo della ribellione contro la tirannide e la superstizione. Prometeo rappresenta lo spirito di iniziativa dell'uomo e la sua tendenza a sfidare le forze divine.*

*Nella storia del pensiero occidentale il fuoco ha avuto un particolare rilievo, assumendo con Eraclito di Efeso la funzione di principio e con Empedocle di Agrigento quella di elemento. La posizione di principio tende a identificare il fuoco primordiale «immortale ed eterno» e, appunto perciò, la sua mobilità incessante diviene simbolo materiale dell'eterno cambiamento della natura. Come elemento, il fuoco fa parte della cosmologia platonica e aristotelica, ricevendo un crisma speculativo. Talché, il divenire è espresso dall'elemento che per eccellenza trasforma e si trasforma.*

*Nella regione mediterranea il fuoco è stato un fattore determinante nel plasmare la vegetazione. È stato utilizzato dall'uomo per modificare l'ambiente naturale al fine di soddisfare le proprie necessità vitali. La scomparsa di gran parte della foresta si deve a questa causa antica, e, purtroppo, ancora presente, almeno in talune aree.*

*Nel nostro Paese il miglioramento delle condizioni di vita ha portato a modificare l'uso della foresta che, a dire il vero, oggi è maggiormente tutelata sia sul piano tecnico sia su quello giuridico. Ciononostante, in questi ultimi tempi il problema degli incendi boschivi ha raggiunto una tale gravità da assumere proporzioni patologiche. E tutto ciò malgrado l'aumento costante degli investimenti volti a prevenire e a combattere il fenomeno.*

*L'elevato numero e la dimensione degli incendi è un fattore che aggiunge instabilità a instabilità. Le notizie dei danni sono riportate dai media con grande evidenza. Ma ormai le notizie non fanno più notizia. Si finisce per considerarle inevitabili e normali. La distruzione della foresta provoca grande smarrimento, perché la foresta, povera e degradata, ma peculiare e significativa, è parte integrante e vitale di un contesto: la mediterraneità. Riesce difficile immaginare di vivere e di operare in un contesto diverso. Esiste, poi, una contraddizione tra la fiducia che scaturisce dall'uso dei grandi mezzi disponibili e la paura dell'impotenza di fronte a tali eventi.*

*SAVATER così descrive la reazione della gente agli incendi boschivi: «L'estate scorsa, come in tante altre, ci furono numerosi incendi in diverse località della Spagna. La televisione, puntualmente, ne parlò, diede il numero di vittime che causarono, riferì dei tentativi fatti per estinguerli e dei danni provocati a varie proprietà. Alcuni furono dovuti alla distrazione di escursionisti che non avevano spento le braci del loro falò, altri a scintille scoccate da cavi elettrici abbattuti da temporali estivi: il resto può essere attribuito a una volontà criminale. Rappresentanti di gruppi ecologisti accusarono la distrazione delle autorità competenti. Gli abitanti del luogo unirono alle loro le proprie rimostranze. In uno di questi casi, apparve sullo schermo un ragazzo di dodici o tredici anni con alle spalle il fuoco che ancora crepitava in lontananza: ha bruciato tutta la montagna, la pineta che arrivava fino al fiume... stanno distruggendo tutta la natura! Mi piace pensare - egli conclude - di non essere stato il solo a sorridere di questo colorito malinteso giovanile».*

*Ma il malinteso giovanile, cui si riferisce SAVATER, invero non è frutto di un malinteso. Si configura, invece, come senso comune: insomma, come la cultura di cui è impregnata la società contemporanea. Una cultura che spesso confonde il paesaggio con la natura; una cultura che ha un'idea approssimativa dell'ambiente e che partecipa alla sua degradazione in tanti modi; a volte inconsapevolmente, perlopiù deliberatamente. Ed è su questo piano che si può e si deve svolgere l'azione di prevenzione degli incendi boschivi: persuadere, far comprendere alla gente che il bosco è un ente che ha valore in sé; e che, appunto perciò, deve essere rispettato. Questo è l'imperativo che deve animare chi di questo problema si occupa e a questo problema dedica energia e lavoro.*

*Oggi come ieri, anzi, oggi più di ieri sulla questione culturale connessa alla prevenzione degli incendi boschivi molto si discute, ma non si va al nocciolo del problema: si dimentica o non si considera adeguatamente che le turbative più perverse e pericolose sono dovute non ai fallimenti, ma ai successi della tecnologia. Le conseguenze dei quali spesso si trasformano in veri e propri boomerang. In questo senso, con ORTEGA Y GASSET, si possono definire «nuovi barbari» coloro che fruiscono dei vantaggi della modernità senza preoccuparsi dei processi che ne conse-*

guono. Nella fattispecie, la foresta brucia e prima o poi scompare. Eppure, tutti sanno che l'uomo tecnologico, il «Prometeo scatenato» per sopravvivere non può fare a meno degli alberi e del bosco.

Secondo CALLICOTT la distruzione di alcune specie è stata paragonata all'incendio di alcune parti di una grande biblioteca dove sono conservati libri che nessuno ha mai letto. Per MEADOWS la biodiversità contiene la saggezza accumulata dalla natura ed è la chiave per il suo futuro. Se si volesse distruggere una società, si brucerebbero le sue biblioteche e si ucciderebbero i suoi intellettuali. Si distruggerebbe così il suo sapere. Il sapere della natura è racchiuso nel DNA delle cellule viventi. La varietà dell'informazione genetica è il motore dell'evoluzione, il sistema immunitario della vita, la fonte dell'adattabilità.

Oltre gli incendi, i fattori di disturbo, che hanno alterato i processi naturali che regolano la funzionalità e l'evoluzione degli ecosistemi forestali, sono molteplici. Il rapporto uomo-bosco, che nel tempo si è manifestato in forme e modi differenti, è la diretta conseguenza dell'interfaccia natura-società. Da un lato, la necessità di soddisfare i bisogni più elementari, dall'altro una cultura che da sempre ha considerato il bosco una macchina in grado di fornire servizi all'uomo - conservazione del suolo, produzione di legno, purificazione dell'acqua, accumulo di carbonio, aspetti estetici e turistici, capacità di distensione e ricreazione, ecc.

Nei confronti del bosco si osserva un perverso desiderio distruttivo. Le conseguenze sono sotto gli occhi di tutti: incendi d'estate che provocano frane e alluvioni d'inverno. Catastrofi che si ripetono con esasperante continuità provocando lutti e danni incalcolabili. Per la soluzione di tali problemi si devono trovare e fornire indicazioni appropriate. È assolutamente necessario sviluppare azioni che devono essere comuni a tutti, ma soprattutto a chi, a vario titolo, opera in campo forestale: strutture amministrative, didattiche e accademiche. Saggia gestione, aggiornamento professionale, insegnamento di alto livello, adeguati stimoli umanistici sono i fattori indispensabili per acquisire la «cultura del bosco», senza la quale - è inutile illudersi - la tecnica non incide in modo significativo.

A seguito dell'esodo dalla montagna al quale si è assistito negli ultimi decenni, i paesaggi hanno subito un grande sconvolgimento. Vaste aree boscate sono state abbandonate e, quindi, si trovano a rischio di fenomeni degenerativi - incendi, inondazioni, frane. Di fronte a queste nuove, varie situazioni, il forestale, grazie alla sua percezione degli ecosistemi e a una sviluppata visione di lungo termine, può attuare processi di risanamento ambientale, di ricostituzione, restaurazione del territorio e degli ecosistemi. Di più: accanto a una ben programmata attività di gestione e di pianificazione, diviene di fondamentale importanza la sua capacità di conoscere e monitorare il territorio. L'utilizzo della moderna tecnologia è ormai diventato ordinaria attività per i forestali, che riescono così a proporre con mezzi efficaci progetti di gestione del territorio e del paesaggio.

Nella regione mediterranea l'incidenza degli incendi e la vastità delle superfici percorse costituiscono un problema vasto e difficile ed è quindi necessario l'intervento e il lavoro di studiosi, tecnici e operatori del settore al fine di analizzare il problema nella sua complessità e di proporre i necessari interventi. In tal senso il presente lavoro offre un importante contributo alla conoscenza dei processi legati agli incendi boschivi, sviluppando un percorso multidisciplinare innovativo dal punto di vista dell'approccio al problema.

La foresta è vista come un sistema biologico complesso. La scienza della complessità è l'espressione di una rivoluzione concettuale su cui ormai da diversi lustri si appuntano gli occhi di tutti coloro che hanno la percezione che il grande libro della natura non può più essere interpretato solo con il linguaggio matematico e non può essere governato da leggi lineari. Ordine e disordine, organizzazione e spontaneismo, cooperazione e antagonismo sono i termini alternativi di un mondo globalmente omogeneo e localmente eterogeneo.

La ricerca di un nuovo linguaggio che meglio possa spiegare i fenomeni che stanno alla base di quello che comunemente si definisce «margine del caos» o più semplicemente «complessità» è una sfida per l'intera comunità scientifica. I sistemi complessi sono legati indissolubilmente alla casualità, ma la casualità non è lineare e, appunto perciò, agisce in modo tale che a lungo termine si perdono i legami tra cause ed effetti. Le retroazioni positive sono necessarie per l'evoluzione dei sistemi: amplificano gli effetti delle perturbazioni e provocano le tensioni che servono alla loro evoluzione.

Questa opera, frutto della collaborazione di numerosi Autori di estrazione forestale, ecologica e geobotani-

ca, è dedicata alla caratterizzazione, prevenzione e monitoraggio degli incendi boschivi, alla pianificazione antincendio e al recupero delle aree boschive percorse dal fuoco.

I temi vengono affrontati in modo sistemico, in linea con la moderna visione dell'ecologia, della selvicoltura e della pianificazione forestale. Accanto a capitoli dedicati alla variabilità del fenomeno e all'andamento spaziale e temporale degli incendi, ampio spazio è dedicato all'analisi degli effetti del fuoco sulla crescita e sulla sopravvivenza delle piante, sulla biodiversità, sul ciclo dei nutrienti e sul suolo. Oltre alla presentazione delle più avanzate tecniche colturali, vengono formulati approcci di intervento in cui trovano campo di applicazione la selvicoltura sistemica, la geobotanica e l'ecologia del paesaggio, che tendono a evidenziare la capacità adattativa e autopoietica della foresta.

Il volume, a cura di CARLO BLASI, GIOVANNI BOVIO, PIERMARIA CORONA, MARCO MARCHETTI e ANTONIO MATURANI, è stato elaborato da studiosi e tecnici di varia estrazione disciplinare ed è proposto come manuale. Invero, è un testo contenente le nozioni fondamentali inerenti il fuoco in foresta, esposte in modo da permettere una rapida consultazione. Il tema degli incendi forestali è messo in relazione alla complessità ecosistemica e all'azione del fuoco come fattore ecologico in modo da abbandonare l'attuale visione dell'incendio solo come fattore catastrofico per iniziare a valutarne l'azione sulla base degli effetti ecologici che produce.

Rilevante è l'attenzione posta alla prevenzione, intesa come insieme di attività di difesa destinate a incidere sulla cause di innesco e a contenere le superfici percorse e le conseguenze degli incendi, in contrapposizione all'attuale diffusa impostazione nella quale prevale l'attività di predisposizione dell'apparato di difesa, destinato al controllo e all'estinzione degli incendi in atto. In questo ambito, viene trattato l'aspetto della pianificazione antincendio, attraverso una attenta descrizione sia del quadro normativo di riferimento sia delle metodologie da applicare per la predisposizione di tali strumenti di programmazione.

La terza parte del volume affronta argomenti molto importanti, ma spesso trascurati: ovvero quelli relativi al monitoraggio, alla ricostituzione naturale e agli interventi di recupero delle aree percorse dal fuoco. Di particolare interesse è la descrizione del possibile impiego del telerilevamento satellitare per la perimetrazione e il monitoraggio delle superfici percorse dal fuoco.

L'opera si conclude con una disamina delle dinamiche post-incendio nelle comunità vegetali e degli interventi di ripristino nelle aree percorse da incendio atti a favorire i meccanismi di autorecupero dei popolamenti forestali dopo il passaggio del fuoco.

Scopo principale dell'opera è di stimolare, nella pianificazione antincendio e nella prevenzione prima e nel recupero dopo, una valutazione sistemica finalizzata a rivalutare i processi naturali. Il migliore uso è di considerarla una guida capace di proporre modalità di gestione e progetti aperti sia alle innovazioni metodologiche e di tecnica forestale sia alle conoscenze a scala di specie, comunità, paesaggio.

Firenze, 30.06.2004

Orazio Ciancio

INTRODUZIONE.....	11
1. QUADRO DEI CONTENUTI E DEI RIFERIMENTI CONCETTUALI .....	13
.....	
<u>Caratterizzazione del fenomeno</u>	
2. FUOCO COME FATTORE ECOLOGICO NEGLI ECOSISTEMI FORESTALI.....	21
2.1. Incendi forestali e processi ecosistemici.....	23
2.1.1. Ciclo dei nutrienti.....	23
2.1.2. Immissione di inquinanti in atmosfera e cambiamenti climatici.....	25
2.1.3. Struttura del paesaggio.....	28
2.2. Effetti sul suolo.....	30
2.2.1. Processi geomorfopedologici.....	31
2.2.2. Proprietà fisiche e chimiche.....	31
2.2.3. Componente biologica.....	33
2.3. Effetti sulla vegetazione.....	38
2.3.1. Riproduzione vegetativa.....	43
2.3.2. Crescita e fioritura.....	43
2.3.3. Germinazione.....	44
2.3.4. Risposte ecofisiologiche.....	47
2.3.5. Biodiversità vegetale.....	49
2.3.6. Struttura della cenosi vegetale.....	51
2.3.7. Micorrize.....	53
2.3.8. Risposta degli organismi patogeni al fuoco.....	57
2.4. Effetti sulla fauna.....	58
3. ANDAMENTO E CAUSE.....	61
3.1. Variabilità degli incendi boschivi.....	61
3.1.1. Incendi boschivi in Europa.....	62
3.1.2. Incendi boschivi in Italia.....	62
3.2. Cause dirette e indirette.....	67
3.2.1. Cause e motivazioni.....	68
3.2.2. Cause naturali.....	70
3.2.3. Cause colpose.....	72
3.2.4. Cause dolose.....	74
3.3. Analisi delle cause e delle motivazioni.....	79
4. PERICOLOSITÀ, GRAVITÀ E RISCHIO.....	87
4.1. Caratterizzazione pirologica degli incendi boschivi.....	87
4.1.1. Fasi caratteristiche dell'incendio.....	87
4.1.2. Parti dell'incendio.....	87
4.1.3. Grandezze caratteristiche del fronte di fiamma.....	88
4.1.4. Fattori influenti il comportamento del fuoco.....	89
4.1.5. Livelli termici.....	92
4.1.6. Colonna di convezione.....	94
4.1.7. Previsione del comportamento dell'incendio.....	95
4.1.8. Probabilità di incendio.....	97
4.1.9. Potenziale pirologico.....	97
4.2. Analisi delle serie storiche.....	99
4.2.1. Distribuzioni temporali.....	99
4.2.2. Distribuzioni di frequenza delle superfici percorse.....	104
4.2.3. Distribuzioni spaziali.....	105
4.3. Analisi della pericolosità.....	109

4.4. Analisi della gravità.....	116
4.5. Zonizzazione del territorio italiano in funzione di gravità e pericolosità.....	119
4.6. Zonizzazione del territorio italiano in funzione del rischio di incendio.....	121
4.6.1. Clima, uso del suolo e condizioni topografiche.....	123
4.6.2. Aree di predisposizione agli incendi boschivi.....	130

### Pianificazione e prevenzione

5. SCENARI DI PIANIFICAZIONE ANTINCENDIO.....	135
5.1. Quadro normativo.....	135
5.1.1. Legge 353/2000.....	136
5.1.2. Normativa regionale.....	142
5.2. Scenari pirologici.....	144
5.2.1. Aree di analisi.....	144
5.2.2. Descrizione degli scenari pirologici.....	146
5.2.3. Osservazioni e commenti.....	149
5.3. Piano Antincendi Boschivi.....	151
5.3.1. Aspetti generali.....	151
5.3.2. Requisiti del piano antincendi boschivi.....	151
5.3.3. Parti fondamentali del piano antincendi boschivi.....	153
5.3.4. Documentazione di base.....	154
5.3.5. Zonizzazione e impatto.....	154
5.4. Definizione del territorio da comprendere nel piano e zonizzazione.....	158
5.4.1. Zonizzazione degli obiettivi.....	161
5.4.2. Zonizzazione degli interventi.....	166
5.5. Elementi specifici di criticità.....	168
5.5.1. Elementi di criticità nell'interfaccia foresta-aree edificate.....	168
5.5.2. Elementi di criticità in riferimento alle aree protette.....	172
5.6. Valore economico del rischio d'incendio.....	177
6. PREVENZIONE.....	179
6.1. Previsione del pericolo di incendio.....	179
6.1.1. Avvistamento, squadre e mezzi.....	180
6.1.2. Condizioni di sicurezza operativa.....	181
6.1.3. Realizzazione di fuoco prescritto.....	181
6.1.4. Attività non forestali sul territorio rurale.....	182
6.1.5. Superamento di problemi amministrativi.....	182
6.1.6. Meteorologia e previsione del pericolo.....	183
6.1.7. Impiego dei metodi di previsione del pericolo di incendio.....	185
6.2. Avvistamento.....	189
6.2.1. Sistemi di avvistamento.....	190
6.2.2. Caratteristiche minime del sistema di avvistamento.....	194
6.2.3. Collocazione dei punti di avvistamento.....	195
6.3. Opere e infrastrutture.....	198
6.3.1. Viabilità di servizio.....	198
6.3.2. Viali tagliafuoco.....	200
6.3.3. Approvvigionamento idrico.....	203
6.3.4. Piazzole per elicotteri.....	205
6.4. Interventi selvicolturali.....	206
6.4.1. Basi concettuali.....	206
6.4.2. Modalità operative.....	207
6.5. Fuoco prescritto.....	215

<u>Monitoraggio, ricostituzione naturale e interventi di recupero</u>	
7. MONITORAGGIO.....	221
7.1. Aree campione permanenti.....	221
7.2. Contributo del telerilevamento.....	221
7.2.1. Perimetrazione e monitoraggio mediante telerilevamento satellitare.....	222
8. RICOSTITUZIONE NATURALE E SERIE DI VEGETAZIONE.....	229
8.1. Effetti dell'incendio.....	229
8.1.1. Stagionalità.....	230
8.1.2. Frequenza.....	232
8.1.3. Intensità.....	236
8.1.4. Superficie incendiata.....	239
8.2. Caratteristiche stazionali ed incendio.....	241
8.3. Tipi di vegetazione e ricostituzione post-incendio.....	243
8.4. Successioni secondarie.....	246
8.4.1. Dinamica post-incendio delle comunità vegetali.....	248
8.5. Dinamismo e serie di vegetazione.....	255
8.5.1. Gestione e successioni di vegetazione.....	256
8.5.2. Cartografia dinamica del paesaggio vegetale.....	261
8.5.3. Rimboschimenti e incendi.....	262
8.6. Successione naturale ed eterogeneità vegetazionale.....	268
8.6.1. Esempi dalla regione biogeografica alpina.....	269
8.6.2. Esempi dalla regione biogeografica temperata e mediterranea dell'Italia centrale.....	278
8.6.3. Esempi dalla regione biogeografica mediterranea.....	285
8.6.4. Vegetazione mediterranea: Sicilia, Sardegna, Calabria.....	293
9. INTERVENTI DI RECUPERO.....	311
9.1. Operazioni di bonifica.....	312
9.1.1. Bonifica con recupero del materiale legnoso.....	313
9.1.2. Bonifica senza recupero del materiale legnoso.....	313
9.1.3. Interventi posticipati.....	314
9.2. Riqualficazione del substrato pedologico.....	315
9.2.1. Gestione delle associazioni micorriziche.....	316
9.3. Misure selvicolturali.....	318
9.3.1. Sostegno alla rinnovazione.....	318
9.3.2. Ripristino della densità del soprassuolo.....	319
9.3.3. Interventi di sfollamento.....	322
<u>Conclusioni.....</u>	323



## INTRODUZIONE

C. Blasi

Questa opera, frutto della collaborazione di numerosi Autori di estrazione geobotanica, forestale ed ecologica, è dedicata alla prevenzione antincendio e al recupero delle aree boschive percorse dal fuoco in Italia.

Nel suo insieme l'opera è un raro esempio di integrazione tra competenze professionali e scientifiche. È particolarmente significativo e incoraggiante leggere in uno stesso paragrafo termini e concetti che fanno riferimento alla *selvicoltura*, alla *fitosociologia*, all'*ecologia* e all'*ecologia del paesaggio*.

L'intervento di recupero di un'area incendiata è complesso (non necessariamente complicato) in quanto "composto" e non "semplice", ossia "non scomponibile". In ecologia si mette sempre in evidenza il carattere complesso di un ecosistema o di una porzione di territorio, in quanto conoscere le parti è cosa ben diversa da conoscere l'integrazione funzionale delle parti. Un sistema complesso non è una banale giustapposizione di parti semplici, ma è strutturato dalle loro relazioni reciproche, che originano proprietà nuove, collettive, irriducibili a quelle dei costituenti. Per capire le proprietà collettive bisogna studiare le relazioni reciproche e richiedere maggiori informazioni dato che è proprio la quantità di informazione che ci permette di misurare la complessità.

L'ecologia del paesaggio ha codificato la necessità di coinvolgere specialisti di estrazione culturale e scientifica diversa per studiare la complessità e scoprire il valore aggiunto determinato dall'integrazione delle parti; la selvicoltura sistemica e la sinfitosociologia hanno già realizzato un importante percorso verso l'integrazione delle competenze. Con questa opera si è fatto un ulteriore e significativo passo in avanti, fornendo elementi conoscitivi e indicazioni operative in chiave multidisciplinare come lo richiede la pianificazione e la progettazione ambientale applicata alla prevenzione e al recupero delle aree incendiate e come lo richiede un fenomeno complesso, l'incendio, che sintetizza elementi fisici, biologici, culturali e sociali.

Scopo principale dell'opera non è quindi solo di fornire un manuale esaustivo di casi ed esperienze, ma soprattutto di stimolare, nella prevenzione prima e nel recupero subito dopo, una valutazione sistemica e sulla rivalutazione dei processi naturali.

Per garantire scorrevolezza alla lettura, nel testo i riferimenti bibliografici vengono segnalati solamente in pochissimi casi. L'elenco delle pubblicazioni consultate nel corso della stesura dell'opera è riportato in bibliografia, e può servire come primo riferimento per eventuali, auspicati approfondimenti.

# 1. QUADRO DEI CONTENUTI E DEI RIFERIMENTI CONCETTUALI

C. Blasi, G. Bovio,  
P. Corona, M. Marchetti,  
A. Maturani

Il tema della prevenzione antincendio e del recupero delle aree boschive percorse dal fuoco viene affrontato in modo sistemico, in linea con la moderna visione della *sinfitosociologia*, dell'*ecologia* e della *selvicoltura*. Questa è la ragione per cui, accanto a capitoli dedicati alla variabilità del fenomeno e all'andamento spaziale e temporale degli incendi in Italia, si dedica ampio spazio all'analisi degli effetti del fuoco sulla crescita e sulla sopravvivenza delle piante, sulla biodiversità, sul ciclo dei nutrienti e sul suolo. Anche nella parte dedicata al recupero, la visione sistemica ed ecologica degli interventi tende ad incorporare le più avanzate *tecniche selvicolturali* e pertanto vengono formulati approcci di intervento in cui trovano ampio spazio di applicazione la *geobotanica* e l'*ecologia del paesaggio*, che tendono a evidenziare il contributo autopoietico offerto dalla natura stessa.

In passato non si disponeva di una precisa definizione di incendio boschivo. Non lo si definiva nella legge forestale 3267/1923, né nel relativo regolamento. Neppure la legge 47/1975 (oggi abrogata), che stabiliva norme integrative per la difesa dei boschi dagli incendi, definiva precisamente l'incendio boschivo. Analogamente, non lo definivano, in gran parte dei casi, le numerose leggi regionali che successivamente hanno regolato la materia.

Si intendeva genericamente per incendio boschivo una combustione che, con caratteri di vastità, diffusibilità e di difficile estinzione, si propagasse in un bosco.

Recentemente, il legislatore nazionale ha maturato una definizione. La legge quadro 353/2000 all'art. 2 stabilisce che per *incendio boschivo* si deve intendere *un fuoco con suscettività di espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate poste all'interno delle predette aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree*.

La stessa legge 353/2000, all'art. 11, ha previsto l'inserimento nel codice penale di un nuovo articolo (art. 423-bis), secondo il quale *chiunque cagioni un incendio su boschi, selve, foreste o su vivai forestali destinati al rimboschimento, propri o altrui, è punito con la reclusione da quattro a dieci anni*. Se l'incendio è cagionato per colpa, la pena è della reclusione da uno a cinque anni. Queste disposizioni sottolineano la grande importanza che si è attribuita alla difesa del bosco dal fuoco e il livello di gravità che viene attribuito al reato di incendio.

Gli incendi boschivi sono un fenomeno complesso, che riguarda la sfera della natura e dell'uomo. Il fuoco è un fattore ambientale di primaria importanza, da sempre presente nella maggior parte degli ambienti terrestri, che ha influenzato la vegetazione fin dalla comparsa delle prime piante terrestri e ha contribuito all'evoluzione sia delle specie che delle comunità.

Negli ultimi cinquanta anni l'abbandono di molti terreni e la ridotta pressione delle utilizzazioni forestali e del pascolo hanno determinato una variazione dei regimi di disturbo che hanno avviato in molte aree una generale espansione delle superfici boscate e degli arbusteti. A causa della crescente copertura arbustiva dei campi abbandonati, queste nuove condizioni ecologiche (di maggiore estensione delle superfici a vegetazione spontanea e di aree forestali non più ordinariamente gestite da un punto di vista selvicolturale) associate a una sempre più massiccia presenza di strade e di residenze, hanno determinato un crescente numero di incendi estesi e distruttivi.

Il panorama europeo assume un andamento caratterizzato dalla forte prevalenza degli incendi nei Paesi mediterranei. La media della superficie percorsa annualmente dagli incendi in tutta Europa raggiunge i 550.000 ha, e il 95% si verifica nei Paesi mediterranei, con circa 35.000 eventi l'anno. Assumendo il fenomeno regolarmente distribuito nel tempo, si tratta di circa 100 incendi al giorno, durante tutto l'anno.

In Italia nell'ultimo decennio sono stati colpiti da incendio circa mezzo milione di ettari, oltre il 6% della superficie forestale nazionale. Il danno economico causato dal fenomeno è stato valuta-

to in oltre un miliardo di euro all'anno limitando l'analisi alla produzione legnosa, alla funzione ricreativa, alla tutela idrogeologica e al servizio di stabilizzazione climatica offerti dal bosco.

Il fenomeno è diffuso su tutto il territorio italiano: tuttavia, assume configurazioni differenti in funzione delle diverse caratteristiche fitoclimatiche e di uso del suolo. La Valle d'Aosta è una regione con limitati problemi di incendio. Tuttavia, si deve sottolineare che gli eventi che si verificano sono spesso intensi e si propagano in chioma sulle conifere. In Piemonte e in Lombardia vi è un'affinità di problematiche: il periodo di ritorno, calcolato sul totale della superficie boscata mediamente percorsa all'anno senza distinzioni di tipologia forestale, assume lo stesso ordine di grandezza. La superficie media percorsa è più elevata in Piemonte rispetto alla Lombardia, e tende a discendere procedendo verso il Veneto e il Friuli, dove si riscontra anche una diminuzione di numero di eventi. La Liguria assume una connotazione particolare poiché è la regione italiana con maggiore coefficiente di boscosità e con distribuzione degli eventi lungo tutto l'anno. Tra le altre Regioni italiane in cui il problema degli incendi è considerevole, e la cui dimensione territoriale è affine al Piemonte e alla Lombardia, vi sono la Toscana, la Sardegna e la Sicilia, pur con notevoli differenze tra loro. Il numero di incendi della Sardegna è dell'ordine di dieci volte maggiore di quello riscontrato nelle altre regioni affini, mentre la superficie percorsa totale le supera per valori compresi tra sei e dieci volte. Tra le altre regioni meridionali, la Calabria e la Campania sono spesso assai colpite.

Gli incendi appaiono sempre più esplicitamente il sintomo di problemi socio-economici legati a una complessa serie di circostanze: lo spopolamento di vaste aree, l'abbandono dell'agricoltura, la distribuzione di nuovi insediamenti nell'ambiente rurale, la diffusione di infrastrutture di trasporto, l'insorgere di interessi spesso conflittuali con la conservazione delle risorse naturali, lo strumento per attivare forme di occupazione, ecc.

Un punto fermo appare doveroso: almeno nel nostro Paese, gli incendi boschivi non sono una calamità naturale, né una fatalità, ma piuttosto un fenomeno antropogenico, con un'esclusiva, diretta dipendenza da comportamenti sociali, volontari o involontari. Le cause naturali, infatti, non giustificano né la dimensione né la tumultuosa evoluzione nel numero di incendi, ripetutamente definiti in sede comunitaria un'*aggressione sociale* alle foreste. Il problema sta assumendo dimensioni rilevanti a livello mondiale anche in termini di conseguenze sui *cambiamenti globali* e pertanto occorre affrontarlo con maggior cognizione di causa.

Agli incendi si oppone tuttora, in genere, un meccanismo difensivo di attesa, preordinato a intervenire con iniziative di contrasto sull'evento in atto, che si limita all'intervento contingente. Non si dispone, infatti, di alcun organico piano di interventi, basato sulla conoscenza delle motivazioni e finalizzato ad agire sulle cause, più che a mitigare le conseguenze degli incendi. Una diversa impostazione dell'attività di difesa, basata sulla prevenzione, non può prescindere dalla conoscenza delle cause del fenomeno.

La prevenzione comprende, come è noto, un insieme coordinato e pianificato di azioni e interventi finalizzati a:

- sopprimere o modificare le cause degli incendi,
- limitarne gli effetti dannosi, dotando il territorio delle necessarie infrastrutture di difesa e creando le condizioni per accrescere l'efficacia degli interventi di lotta,
- conoscere i modelli sindinamici (serie di vegetazione) al fine di favorire le specie e le fitocenosi coerenti con le condizioni ambientali del territorio considerato.

Per cogliere la complessità di tale attività, si ricorda che l'incendio è l'atto finale di una complessa interazione di fattori predisponenti (condizioni ambientali) e di cause determinanti (immissione di energia termica a elevato potenziale, che innesca l'incendio). Il dispositivo di accensione, che rappresenta il fattore determinante, è quasi sempre di origine antropica.

Particolarmente complessa è l'interpretazione della grave ondata di danni all'interno delle aree protette, soprattutto di recente costituzione. Si ricorda, in particolare, l'estate del 1993 in cui nei comprensori protetti delle regioni a statuto ordinario si sono verificati 2.294 incendi, che hanno

percorso 32.694 ettari, pari rispettivamente al 17% e 22% del numero e delle superfici interessate. Nel 2000 i valori percentuali sono risultati quasi i medesimi, con un raddoppio rispetto all'anno precedente: in tale anno la superficie percorsa in aree protette è variata dall'1,3% del Molise al 35,6% della Calabria. Le possibili motivazioni sono riconducibili a:

- perdita di aspettative economiche nel valore dei terreni potenzialmente edificabili;
- timore di controllo coercitivo nelle attività di allevamento, caccia, utilizzazioni boschive;
- mancata conoscenza del binomio apparentemente contrastante conservazione /opportunità di sviluppo;
- timore di atteggiamenti rigidi delle Amministrazioni dei Parchi senza forme adeguate di compensazione per gli abitanti delle medesime aree.

Il significato degli incendi nella storia evolutiva dei diversi ecosistemi può essere espresso dai numerosi esempi di strategie di sopravvivenza al fuoco presenti nelle piante, sebbene la distinzione tra i caratteri di adattamento specifico al fuoco e caratteri associati al disturbo e/o stress ambientali risulti spesso difficile. Esistono due strategie alternative per sopravvivere all'azione degli incendi: per riproduzione vegetativa, mediante produzione di polloni da parte delle strutture ipogee rimaste vitali dopo il passaggio del fuoco, o per riproduzione da seme, mediante la germinazione di semi già presenti nel terreno o rilasciati in seguito a incendio.

Le piante resistono in modo diverso ai traumi indotti dagli incendi. Alcune specie sono denominate *pirofite passive* in quanto, mediante particolari caratteristiche anatomiche, riescono a proteggersi dall'azione del fuoco. Altre, le *pirofite attive*, reagiscono all'incendio attraverso la protezione dei semi o di altri organi di propagazione, che vengono attivati dalle alte temperature innescando un processo di intensa rigenerazione del soprassuolo.

Negli ecosistemi di tipo mediterraneo, l'elevata resilienza al disturbo originato dagli incendi è stata attribuita a due caratteristiche principali: gli incendi modificano le abbondanze relative delle specie piuttosto che la loro composizione, e il recupero richiede solamente il ritorno alla situazione iniziale.

In seguito a un incendio, la maggior parte delle specie vegetali presenti prima di tale *disturbo* prende parte a una successiva rigenerazione (*autosuccessione*). Il passaggio del fuoco comporta un immediato danno strutturale alla comunità vegetale percorsa da incendio e nelle successive fasi di recupero. Quando la frequenza degli incendi è moderata, le variazioni strutturali della vegetazione legnosa tendono, attraverso una serie di stadi, a ripetersi dopo ogni incendio e a ricostituire l'assetto della vegetazione precedente il fuoco. Nel caso invece di fuochi che si succedono con frequenza elevata, si ha la tendenza della vegetazione bruciata a trasformarsi in una vegetazione a mosaico con un assetto diverso da quello originario.

È interessante analizzare il fenomeno dell'incendio in relazione all'andamento qualitativo e quantitativo della biodiversità. Numerosi studi sul post-incendio, effettuati sia con metodo diacronico (metodo diretto su parcelle permanenti) che sincronico (metodo indiretto per comparazione di siti), concordano nell'affermare che, dopo il passaggio del fuoco, le comunità che si ricostituiscono sono identiche a quelle presenti prima del disturbo, sia a livello floristico che strutturale. Lo schema di ricostituzione proposta prevede nel primo anno successivo all'incendio un numero limitato di specie, con predominanza di quelle che si riproducono per via vegetativa. La ricchezza floristica raggiunge i valori massimi due o tre anni dopo l'incendio, seguita da un declino e una stabilizzazione dopo il terzo anno. La ricchezza floristica raggiunta nei primi anni è addirittura maggiore di quella delle aree non interessate dall'incendio, dicendosi dalla presenza di specie esogene annuali o biennali in gran parte estranee alla comunità.

Nel corso del post-incendio, invece di un avvicendamento di specie che si sostituiscono in successione le une alle altre, si verifica un ritorno verso le comunità iniziali metastabili. Questo fenomeno può definirsi un'autosuccessione che in molti casi avviene in tempi relativamente brevi. L'evoluzione post-incendio della vegetazione mediterranea segue quindi un modello detto della *composizione floristica iniziale*.

Il fuoco può dare luogo a un'ampia gamma di effetti sui suoli, nei diversi tipi di ambiente. Ciò è dovuto alla variabilità intrinseca della risorsa suolo nelle fasi precedenti il fuoco, alle caratteristiche che assume l'incendio nel suo sviluppo, alla stagione in cui si verifica e alle condizioni ambientali precedenti e successive all'incendio, relativamente, ad esempio, alla frequenza, alla quantità e alla durata delle piogge.

Gli effetti del fuoco sul suolo sono principalmente dovuti al riscaldamento, alla rimozione della copertura protettiva rappresentata dalla vegetazione e dalla lettiera e alla concentrazione nel suolo di sostanze di origine vegetale. Nella maggior parte degli ecosistemi terrestri il suolo contiene di gran lunga la maggiore diversità di organismi, con stime che prevedono varie migliaia di genotipi presenti in un grammo di suolo. Questi organismi, appartenenti a *taxa* diversi, sono intimamente connessi con il flusso di energia in quanto sono essenziali per processi dell'ecosistema importanti a livello globale, quali la decomposizione e il ciclo dei nutrienti.

Nel campo della pianificazione e della progettazione del recupero ambientale, oltre ai riferimenti estratti prevalentemente dalla *pianificazione forestale* e dalla *selvicoltura sistemica*, stanno assumendo particolare significatività applicativa anche i modelli legati alla *sinfitosociologia* e all'*ecologia del paesaggio*.

La sinfitosociologia permette di interpretare, in termini ecologici e dinamici, le diverse situazioni vegetazionali e di prospettare percorsi gestionali coerenti con le attuali condizioni in cui si trovano i popolamenti vegetali e con le loro intrinseche capacità di recupero. Ciò consente di definire modelli vegetazionali nei quali si correlano aspetti ecologici diversi, utili per programmare interventi calibrati ed in sintonia con i processi naturali di recupero, riducendo l'artificialità degli ecosistemi che può comportare condizioni di instabilità e di rischio. Lo studio del manto vegetale in geobotanica avviene a tre livelli che costituiscono l'oggetto di altrettanti settori della disciplina: floristico, vegetazionale e paesaggistico.

Nella fitosociologia del paesaggio o geosinfitosociologia la *serie di vegetazione* ha lo stesso ruolo dell'associazione nella fitosociologia classica. Questo tipo di analisi porta anche alla definizione di unità di paesaggio, costituite da un sistema integrato di serie di vegetazione, che si ripetono con le stesse caratteristiche litomorfologiche, edafiche e climatiche. All'interno dell'opera vengono presentati interessanti esempi relativi a regioni biogeografiche diverse. Si hanno pertanto riferimenti che descrivono il fenomeno nell'arco alpino, nella penisola (con particolare riferimento alla Liguria e ad altre Regioni dell'Italia centrale) e nelle isole.

L'importanza dell'applicazione dei principi della sinfitosociologia alla pianificazione degli interventi antincendio e postincendio è anche legata alla eccezionale capacità accumulata dai fitosociologi negli ultimi decenni di realizzare cartografie della vegetazione, da quelle fisionomiche a quelle sindinamiche.

Un passo in avanti nella definizione anche cartografica dei modelli ambientali e paesaggistici si è avuto anche con l'integrazione della fitosociologia nell'ecologia del paesaggio (*landscape ecology*). Mentre infatti da tempo si conosce il processo metodologico per individuare i diversi modelli sia a scala di unità ambientale che di paesaggio, solo di recente, tramite l'integrazione del metodo induttivo con quello deduttivo, si riesce meglio a cartografare le unità di paesaggio. È dal Centro interateneo "Biodiversità, fitosociologia ed ecologia del paesaggio" diretto da C. Blasi che è stato predisposto un modello di classificazione gerarchica del territorio che integra il modello gerarchico basato sulle conoscenze del clima e della litogeomorfologia con i modelli dinamici a livello di serie di vegetazione e di unità di paesaggio.

La classificazione gerarchica del territorio, approccio che la Direzione per la Protezione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha adottato per il Completamento delle Conoscenze Naturalistiche d'Italia (scala 1:250.000), consente, integrandosi con le conoscenze raggiunte dalle Scienze Forestali, di produrre manuali e linee guida per la prevenzione e il recupero degli spazi percorsi dal fuoco in modo sistemico, così come è richiesto dalla direttiva Habitat e dalla convenzione delle Nazioni Unite per la Conservazione della Diversità Biologica.



## **2. FUOCO COME FATTORE ECOLOGICO NEGLI ECOSISTEMI FORESTALI**

*S. Mazzoleni, A. Esposito*

Gli incendi naturali possono aver costituito una determinante forza evolutiva. Infatti, il ritrovamento di sedimenti di carbone fossile e di strati di cenere ha dimostrato che gli incendi della vegetazione hanno origine antichissima e sono certamente avvenuti già a partire dall'era Mesozoica, circa 248 milioni di anni fa. Il fuoco ha quindi rappresentato una componente naturale apparsa più o meno regolarmente nei cicli naturali delle successioni vegetali, che ha dato origine ad un mosaico di fitocenosi che si succedono sia nello spazio che nel tempo.

L'incidenza del fuoco sembra sia poi aumentata a partire dal tardo Terziario fino al Quaternario e soprattutto con l'avvento dell'uomo: esistono tracce dell'uso del fuoco da parte dell'uomo risalenti fino a 1.400.000 anni fa. In realtà, l'utilizzo dell'incendio sembra la più antica tecnica di gestione della vegetazione e la sua applicazione, forse finalizzata alla caccia, divenne abituale tra gli uomini paleolitici e mesolitici più di 30.000 anni fa in Israele, e certamente quasi 40.000 anni fa in Australia. In seguito, dal Neolitico in poi, l'uso degli incendi divenne pressoché ubiquitario, e modificò in modo determinante il naturale equilibrio dei cicli della vegetazione. Evidenze certe della ricorrenza ed età di questi incendi possono essere desunte attraverso lo studio dei frammenti di carbone nel suolo (Figura 2.1) e, per periodi più recenti, attraverso lo studio delle cicatrici da fuoco presenti negli anelli legnosi (Figura 2.2).

La continua azione degli incendi naturali, strettamente associata all'azione dell'uomo, ha creato, come conseguenza, molte fitocenosi adattate agli incendi, che si autosostengono quindi solo mediante l'azione o il regolare passaggio del fuoco. A riguardo è stato evidenziato come le comunità biotiche si siano adattate al fuoco alla stessa stregua di altri fattori ambientali come la temperatura e l'acqua. Attualmente ci sono ben pochi tipi di vegetazione terrestre la cui composizione e struttura non sia stata influenzata in qualche misura dal fuoco. Gli ecosistemi mediterranei, in particolare, sono senza dubbio tra le aree più profondamente modificate dall'azione del fuoco che, utilizzato in associazione con altre forme di uso del suolo (pascolo, taglio, ecc.), ha prodotto estese forme di degrado del paesaggio naturale.

Negli ultimi cinquanta anni, l'abbandono di molti terreni e la ridotta pressione delle utilizzazioni forestali e del pascolo hanno determinato una variazione dei regimi di disturbo, con l'effetto di avviare in molte aree una generale espansione delle superfici boscate e degli arbusteti, e a volte anche una progressiva ripresa delle specie decidue rispetto alle sclerofille sempreverdi. A causa della crescente copertura arbustiva dei campi abbandonati, queste nuove condizioni ecologiche di maggiore estensione delle superfici a vegetazione spontanea e non gestita da un punto di vista silvicolturale hanno determinato un crescente numero di incendi estesi e distruttivi.

Per tale motivo, il fuoco, più che essere considerato in modo non-scientifico come un semplice fattore di rischio, andrebbe valutato considerando il suo ruolo ecologico al fine di conoscere il ruolo diretto e/o indiretto nei confronti della biodiversità e della produttività delle diverse formazioni vegetali.

## 2.1. Incendi forestali e processi ecosistemici

### 2.1.1. Ciclo dei nutrienti

*S. Mazzoleni, A. Esposito*

Il fuoco ha tre tipi di effetti sul ciclo dei nutrienti. Gli effetti primari sono in relazione diretta al fuoco stesso e consistono nella deposizione della cenere e nella volatilizzazione dei nutrienti. Gli effetti secondari abiotici comprendono il dilavamento e l'erosione del suolo, la dissoluzione di ioni, la ritenzione di nutrienti sui colloidali, la lisciviazione di ioni al di fuori della rizosfera, la volatilizzazione dell'azoto e degli *inputs* sotto forma di precipitazioni del particolato presente nel fumo. Gli effetti terziari biotici influiscono sull'attività microbica, sull'assorbimento di nutrienti da parte delle piante, sulla quantità e la composizione della produzione della lettiera nel post-incendio e sulle varie trasformazioni dell'azoto (nitrificazione, denitrificazione e fissazione dell'azoto). Su una scala a lungo termine gli effetti secondari abiotici e gli effetti terziari biotici possono essere estremamente significativi.

I processi biogeochimici nel suolo minerale possono cambiare in relazione a un incendio e tali cambiamenti sono più pronunciati quando gli incendi sono di alta intensità. Le temperature raggiunte durante un incendio, infatti, sono molto importanti nel ciclo dei nutrienti. La temperatura ha un'influenza nel determinare l'ammontare del combustibile che è consumato dal fuoco. Negli incendi di moderata entità come quelli che interessano il chaparral californiano, solo le foglie e i rami più fini sono interessati dalla pirolisi. Un secondo effetto della temperatura si ha sul grado di volatilizzazione dei nutrienti, per lo più azoto e zolfo, dal suolo e dalla biomassa vegetale bruciata (Figura 2.3). Temperature elevate, infatti, aumentano la volatilizzazione dalla chioma e dalla lettiera e riducono i flussi verso i compartimenti del suolo, in percentuali variabili a seconda del tipo di vegetazione e delle temperature sviluppate durante l'incendio stesso e parte delle quali vengono ridepositate.

In particolare, il destino dell'azoto presente nella biomassa vegetale è fortemente dipendente dalle temperature raggiunte durante l'incendio. A temperature al di sotto di 200 °C l'azoto non viene volatilizzato, ma a più alte temperature viene perso in modo proporzionale e a temperature al di sopra di 500 °C tutto l'azoto viene volatilizzato. L'ammontare dell'azoto perso è, inoltre, proporzionale alla biomassa combusta la cui quantità aumenta all'aumentare della biomassa bruciata. Temperature più elevate sono necessarie per vaporizzare il potassio (760 °C), il fosforo (774 °C), lo zolfo (800 °C), il sodio (880 °C), il magnesio (1107 °C) e il calcio (1240 °C).

I processi biogeochimici nel suolo minerale possono cambiare in relazione a un incendio e tali cambiamenti sono più pronunciati quando gli incendi sono di alta intensità. Il carbonio e l'azoto, rappresentano i nutrienti chiave maggiormente influenzati dal fuoco. La significatività di questi cambiamenti è direttamente relazionata alla produttività primaria netta di un ecosistema. Nel caso di incendi che vanno dalla bassa alla media intensità, un cambiamento nelle riserve di azoto in un ecosistema altamente produttivo non induce un cambiamento significativo della produttività dopo un incendio. Questa risposta indica che l'azoto non viene immobilizzato o mineralizzato al di sopra o al di sotto del tasso normale. Al contrario, cambiamenti consistenti nelle riserve di azoto in un ecosistema oligotrofico determinano cambiamenti molto significativi della produttività. Gli incendi, quindi, possono indurre alterazioni dei cicli del carbonio e dell'azoto in ecosistemi che presentano condizioni limitanti, come quelli che caratterizzano l'area mediterranea. In tal senso, le riserve di azoto e la produttività degli ecosistemi potrebbero essere utilizzati come parametri predittivi del recupero potenziale degli ecosistemi nel post-incendio.

Lo stato redox, i rapporti relativi tra elementi e la loro biodisponibilità risultano alterati, e perdite di nutrienti si possono verificare in associazione a fenomeni di erosione o dilavamento. Sebbene l'ammontare totale dei nutrienti nel suolo possa diminuire in conseguenza del fuoco, in particola-



re dell'azoto (Figura 2.4) e del fosforo, la loro disponibilità per la crescita delle piante aumenta temporaneamente a causa della loro conversione dalla forma organica a una forma inorganica. Per lo più in seguito a incendi di bassa intensità, l'azoto nel suolo può essere più disponibile attraverso processi biologici e non biologici, che convertono le forme organiche nelle forme inorganiche dell'ammonio ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) e del nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ). Gli incendi di alta intensità diversamente possono causare grandi perdite di azoto, sia direttamente attraverso il consumo, sia attraverso la volatilizzazione di  $\text{NH}_4$ . Inoltre,  $\text{NO}_3$ , che è stato convertito in seguito a un incendio, può essere perso attraverso denitrificazione, lisciviazione o ruscellamento.

La principale riserva di fosforo, un nutriente critico per le piante, è presente nel suolo (94-98%) e non nella lettiera. Per quanto riguarda questo nutriente, incendi molto severi della vegetazione e della lettiera non hanno necessariamente lo stesso impatto riscontrato per l'azoto. Comunque le forme organiche del fosforo nella lettiera risultano molto più disponibili per le piante. Gli effetti sul ciclo del fosforo derivanti da una combustione completa della lettiera saranno, quindi, molto più accentuati di quelli indicati dalla grandezza dei *pools* individuali dei nutrienti. Inoltre, il fosforo in suoli caratterizzati da alte concentrazioni di calcio può essere complessato in forme non disponibili che possono avere delle conseguenze negative sulla produttività di un ecosistema. Dal momento che il ciclo del fosforo è legato principalmente ai *pools* di fosforo organico, la rimozione totale della vegetazione in seguito a un incendio potrebbe comportare una diminuzione del *pool* di fosforo nella parte superficiale del suolo a un tasso più elevato rispetto a quello della naturale mineralizzazione.

L'aumento della fotosintesi potrebbe essere il risultato di un aumento della disponibilità di macro e micro-nutrienti in seguito a un incendio.

Complessivamente, il fuoco non ha un effetto dannoso sul ciclo dei nutrienti dal momento che non degrada la qualità del sito. La sua capacità di aumentare la quantità in nutrienti disponibili per la crescita delle plantule e per la rigenerazione dei germogli, e di cambiare le popolazioni di micro-organismi nel suolo e nella rizosfera, sembrano essere i due maggiori e positivi effetti che potrebbero determinare la composizione floristica e la crescita delle piante fino al successivo incendio. Gli elementi rilasciati dalla vegetazione durante un incendio, inoltre, non sono totalmente persi ma riciclati, sia immediatamente nel suolo e in seguito utilizzati dalle piante per la loro crescita, sia nella circolazione atmosferica generale, dove essi possono contribuire al cambiamento delle condizioni climatiche locali e a breve termine, ed essere nuovamente ridepositati al suolo ricominciando il ciclo.

A fronte della potenziale perdita dovuta alla volatilizzazione e all'aumento dell'erosione, in generale la disponibilità di nutrienti, soprattutto nella forma utile per le piante, risulta più elevata nelle prime fasi dopo l'incendio. Inoltre è stato ampiamente dimostrato che la quantità di nutrienti tende a essere molto più variabile dopo l'incendio rispetto alle condizioni del sito precedenti l'incendio; questa variazione è strettamente correlata alla preesistente struttura della vegetazione, all'intensità dell'incendio e quindi al grado di ceneri deposte. L'aumento della fotosintesi potrebbe essere il risultato di un aumento della disponibilità di macro e micro-nutrienti in seguito a un incendio.

Anche in condizioni in cui la quantità totale di azoto del suolo sia ridotta drasticamente dal fuoco, le condizioni del suolo dopo un incendio possono favorire l'incremento dell'attività microbica e promuovere la fissazione dell'azoto. Inoltre, l'elevata velocità di fissazione dell'azoto è dovuta non solo all'azione dei microrganismi del suolo, ma anche alla rapida invasione di piante, soprattutto briofite, capaci di stabilire associazioni con microrganismi azoto-fissatori negli incendi di elevata intensità.

### **2.1.2. Immissione di inquinanti in atmosfera e cambiamenti climatici**

G. Bovio, F. Manes

Tra le principali conseguenze di carattere ecosistemico indotte dagli incendi vi è il trasferimento

all'atmosfera di una porzione significativa di circa 200 composti (metano, idrocarburi, monossido e biossido di carbonio, ossidi di azoto e particolato), che derivano dai processi di combustione incompleta della cellulosa e della lignina, ai quali si aggiungono resine e olii contenuti in varia misura nella vegetazione e nel suolo.

La massa di inquinanti prevalentemente gassosi prodotta per unità di tempo può essere espressa dal fattore di emissione che esprime l'efficienza della combustione, variabile a seconda del prevalere di condizioni che la favoriscono o che, al contrario, la deprimono.

I gas prodotti in maggiore quantità sono la  $\text{CO}_2$  e la  $\text{CO}$ , che hanno rispettivamente fattori di emissione minimi e massimi di  $907\text{-}1740 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  e di  $10\text{-}270 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Il rapporto  $\text{CO}/\text{CO}_2$  indica la qualità della combustione. Anche il particolato ha una grande importanza ed è caratterizzato da un fattore di emissione tra 7 e  $174 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . In condizioni favorevoli alla combustione, si ha solo 1/10 degli inquinanti rispetto a condizioni non ottimali. Con fronti di fiamma lenti la combustione è completa.

Negli incendi di vasta entità, l'emissione aumenta più che proporzionalmente all'aumento della superficie percorsa. Infatti si vengono a creare delle condizioni di combustione incompleta in corrispondenza delle zone dove è massima la velocità del fronte di fiamma. Ciò accade poiché nel fronte veloce la fiamma viva transita in fretta, lasciando dietro di sé una combustione lenta, che origina una quantità di gas otto volte superiore rispetto alla combustione viva.

La massa di inquinanti dipende quindi dal comportamento del fuoco e dalla frazione di biomassa che effettivamente viene consumata. Da essa viene emanata una precisa quantità di energia legata al calore di combustione che è dell'ordine di  $16.000 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  e  $22.000 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , pur variando con la tipologia forestale, con lo stadio di sviluppo del bosco, con l'età dei soprassuoli, col prevalere dei combustibili leggeri o di quelli maturi.

Per tali motivi la possibilità di introdurre degli inquinanti in atmosfera è strettamente legata alle caratteristiche della copertura forestale oltre che alle condizioni meteorologiche che si verificano nel momento del sinistro. Pertanto, le condizioni di prevenzione e di gestione del bosco sono fondamentali anche sull'immissione di inquinanti in atmosfera.

I processi chimici indotti dalle emissioni da incendi boschivi possono causare cambiamenti nello stato chimico dell'atmosfera. Gli incendi hanno un'influenza molto importante sulla distribuzione regionale e globale dell'ozono troposferico perché emettono una grande quantità di gas precursori di tale inquinante fotochimico, come gli ossidi di azoto, il monossido di carbonio e gli idrocarburi. Varie osservazioni *in situ*, per lo più in aree tropicali, hanno rivelato che le concentrazioni dei gas precursori di ozono sono aumentate nelle masse di aria interessate dall'incendio, e hanno suggerito come l'ozono troposferico sia prodotto fotochimicamente in esse. Studi recenti condotti nella regione indonesiana hanno confermato, ulteriormente, come l'ozono totale presente su tale area sia ripetutamente aumentato in associazione con il verificarsi di frequenti incendi forestali durante periodi interessati da El Niño.

Alcuni dei gas prodotti ed emessi in maggiori quantità in seguito agli incendi (in particolare,  $\text{CO}_2$  e  $\text{CO}$ ) sono direttamente implicati nelle trasformazioni ambientali note come *global change*, partecipando all'effetto serra che causa il riscaldamento dell'atmosfera. Il particolato può inoltre modificare il clima locale mediante la diffusione della radiazione solare o la formazione di nubi.

Studi recenti hanno ulteriormente supportato l'ipotesi che gli incendi e i loro effetti sulla vegetazione, quali i cambiamenti a livello locale e regionale delle caratteristiche della superficie interessata, possano significativamente alterare il clima di un territorio. Incendi intensi, infatti, modificando l'albedo e rimuovendo la vegetazione con conseguente riduzione della evapotraspirazione, possono influenzare il bilancio energetico e quindi il clima.

L'attività del fuoco può influenzare il clima, ma lo stesso clima, a sua volta, può influenzare il regime degli incendi (vd. § 4.1.4).

Numerosi studi sottolineano il fatto che il regime del fuoco, e quindi la frequenza degli incendi, si stanno modificando in molte parti del mondo. In alcuni casi questi cambiamenti potrebbero esse-

re il risultato dell'azione diretta dell'uomo, in altri sono una conseguenza indiretta delle attività antropiche direttamente correlate ai cambiamenti climatici.

Le attuali ipotesi sui cambiamenti climatici fanno supporre, per il prossimo secolo, un aumento del deficit idrico nell'area del Bacino del Mediterraneo. Questo aumento dovrebbe condurre a un incremento delle condizioni di stress idrico per le piante, modificazioni nelle caratteristiche del combustibile e quindi variazioni nel regime del fuoco; la frequenza e l'intensità degli incendi è inoltre aumentata in seguito all'eccessivo utilizzo del territorio da parte dell'uomo.

I cambiamenti nella composizione atmosferica, come ad esempio un aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub>, potrebbero avere degli effetti indiretti sul regime degli incendi, attraverso gli effetti diretti sulla produzione di biomassa e sulla composizione in specie delle comunità. Una maggiore produzione di biomassa causata da elevate concentrazioni di CO<sub>2</sub> aumenterebbe l'infiammabilità e la frequenza del fuoco. Cambiamenti nella composizione di comunità, inoltre, potrebbero modificare il regime degli incendi. Ad esempio, un cambiamento verso una maggiore abbondanza e dominanza di specie ricche di composti organici volatili infiammabili potrebbe indurre un aumento della frequenza degli incendi.

In molti casi, la perdita di copertura forestale a causa del passaggio del fuoco è seguita da una rigenerazione naturale della nuova foresta. Nel caso in cui la ripresa vegetativa sia completa, il rilascio netto di carbonio nell'atmosfera potrebbe essere completamente recuperato nel tempo dai nuovi individui della comunità, attraverso l'assimilazione fotosintetica. C'è comunque un'asimmetria nei tassi di emissione e di accumulo: il rilascio netto di carbonio nell'atmosfera è rapido, mentre l'assimilazione di quanto è stato rilasciato necessita di decine di anni o anche più.

Il completo bilanciamento del carbonio tra i vari comparti (suolo, biomassa vegetale e atmosfera) non viene raggiunto, anche a causa del fatto che i regimi degli incendi variano in risposta ai cambiamenti di El Niño o ai rapidi cambiamenti climatici. In conseguenza di tali cambiamenti, nei prossimi anni ci sarà un progressivo aumento della concentrazione ambientale di CO<sub>2</sub>; tale fenomeno potrebbe incrementare i tassi di accumulo del combustibile e quindi aumentare la frequenza e l'intensità degli incendi in ecosistemi di tipo mediterraneo.

La stagione degli incendi, inoltre, potrebbe iniziare anticipatamente in primavera e prolungarsi fino all'autunno. Studi condotti in Canada hanno stimato un possibile aumento del 22% (30 giorni) in un clima con doppia concentrazione di CO<sub>2</sub> rispetto a quella attuale dell'atmosfera.

Basandosi sulle attuali proiezioni dei cambiamenti climatici, relativamente agli Stati Uniti, è stato ipotizzato un aumento annuale del 40% dell'area percorsa da incendi. È stato anche stimato un possibile aumento dell'area incendiata pari al 78% per un'atmosfera contenente una concentrazione doppia di CO<sub>2</sub>. In conseguenza di tutti questi cambiamenti, sembra che sia inoltre prevedibile uno spostamento latitudinale della vegetazione di 500-1000 km nei prossimi 200-500 anni.

I cambiamenti nelle condizioni climatiche che possono causare cambiamenti nel regime del fuoco inducono, quindi, cambiamenti nelle comunità vegetali. Il tipo, la quantità e la struttura della vegetazione influenzano, a loro volta, le caratteristiche del regime degli incendi; qualsiasi cambiamento nella vegetazione che causa variazioni nel clima o nel regime del fuoco potrebbe avere un'azione di *feedback* sul regime del fuoco.

È importante ricordare che l'impatto degli incendi può risultare molto più importante degli effetti diretti dei cambiamenti climatici sulla distribuzione, migrazione, sostituzione ed estinzione delle specie. Il fuoco può agire, dunque, come agente di cambiamento che accelera la modificazione del paesaggio vegetale verso un nuovo equilibrio con il clima; e in tal senso può essere considerato un catalizzatore dei cambiamenti della vegetazione.

### **2.1.3. Struttura del paesaggio**

*M. Marchetti, C. Ricotta*

Il fuoco è uno dei principali fattori ecologici capace di modellare l'ambiente mediterraneo e condizionare l'assetto del paesaggio vegetale, costituito da un mosaico di stadi in fase di rigenerazione e di degradazione (vd. § 8).

Gli incendi boschivi nelle regioni mediterranee sono stati considerati per un lungo periodo responsabili dell'allontanamento della vegetazione dalla vegetazione potenziale. Negli ultimi anni, nella maggior parte dei paesi dell'Europa mediterranea, gli incendi sono, peraltro, diventati più estesi e più frequenti con importanti effetti negativi sia da un punto di vista ecologico, sia economico. I cambiamenti dell'uso del suolo e della copertura vegetale hanno alterato la struttura del paesaggio, dando origine a condizioni più favorevoli all'innesco del fuoco rispetto al passato: infatti, gli effetti degli incendi si traducono spesso in un incremento della presenza di arbusteti che in pochi anni evolveranno in macchie dense o molto dense, caratterizzate da un elevato grado di infiammabilità.

L'effetto del fuoco sulla struttura del paesaggio sembra essere correlato sia all'entità del disturbo, inteso come dimensione dell'area bruciata, sia alla sua intensità e alla dinamica di propagazione e sviluppo.

Il passaggio del fuoco tende a trasformare il paesaggio in un sistema eterogeneo in cui la vegetazione è mantenuta in equilibrio dinamico tra diversi stadi di rigenerazione e degradazione. Studi condotti in ambiente mediterraneo dimostrano che quando il fuoco agisce su aree con copertura vegetale densa e continua promuove la frammentazione e l'eterogeneità del paesaggio. Al contrario, quando il fuoco colpisce prevalentemente gli arbusteti piuttosto che i boschi, causa una diminuzione della frammentazione e una omogeneizzazione del paesaggio. Quando il fuoco percorre indistintamente zone boscate e cespuglieti, provoca generalmente la frammentazione del primo tipo di copertura vegetale e l'espansione areale del secondo, determinando un paesaggio più frammentato ma nel complesso meno diverso.

L'effetto immediato prodotto dal passaggio del fuoco si traduce in un'espansione della vegetazione erbacea, provocando una diminuzione del grado di diversità della copertura vegetale. L'uniformità del paesaggio è anche funzione della frequenza con cui il fuoco si manifesta: un disturbo frequente conduce a un paesaggio monotono, dinamicamente vincolato e incapace di modificazioni. Similmente, le aree percorse da rari incendi di grandi dimensioni nel medio-lungo termine evolvono verso una situazione di maggiore omogeneità. Al contrario i paesaggi sottoposti a un efficace governo da parte dell'uomo e interessati da incendi di modeste dimensioni tendono verso una maggiore frammentazione e diversità.

La vasta estensione dell'incendio che ha colpito il Parco Nazionale di Yellowstone (Stati Uniti d'America) nel 1988, ha fornito un'opportunità unica per l'osservazione degli effetti del fuoco sulla struttura del paesaggio naturale.

I grandi incendi di chioma che interessano aree molto vaste, come nel caso del Parco di Yellowstone, raramente consumano del tutto i boschi che attraversano, a causa dell'azione combinata del vento, della topografia e del tipo di vegetazione. Di conseguenza, le aree percorse da grandi incendi di chioma sono generalmente caratterizzate da un complesso mosaico di tessere che appaiono colpite da un disturbo di mutevole intensità. L'intensità variabile del fuoco produce un assetto spaziale eterogeneo composto da isole di vegetazione integra frammiste a lembi di vegetazione più o meno colpiti dal passaggio del fuoco.

L'analisi dell'influenza dell'azione del fuoco sulla struttura del paesaggio è complicata dal fatto che l'eterogeneità spaziale esiste a diverse scale d'osservazione. Per esempio, dopo il passaggio del fuoco l'area interessata può essere suddivisa in aree bruciate e aree non bruciate; contemporaneamente, all'interno di un'area bruciata esiste una varietà di gradazioni per quanto riguarda l'intensità del danno.

Gli incendi possono così aumentare la diversità nel paesaggio, frammentando le vaste aree costituite da boschi densi e omogenei introducendo stadi successionali giovanili nel mosaico ambientale. Tuttavia, se un fuoco è esteso e percorre il territorio con forte intensità, l'effetto provocato è

esattamente l'opposto: il paesaggio percorso dalle fiamme appare meno eterogeneo di quello precedente.

Nel valutare le modificazioni indotte dal passaggio del fuoco sulla struttura del paesaggio è quindi necessario considerare le diverse tipologie vegetali coinvolte (vd. § 8.5), la severità degli effetti causati e l'estensione dell'incendio (vd. § 8.1).

## 2.2. EFFETTI SUL SUOLO

F. Manes, A.M. Persiani

Il fuoco può dare luogo a un'ampia gamma di effetti sui suoli, nei diversi tipi di ambiente. Ciò è dovuto alla variabilità intrinseca della risorsa suolo nelle fasi precedenti il fuoco, alle caratteristiche che assume l'incendio nel suo sviluppo (vd. § 4.1), alla stagione in cui si verifica ed alle condizioni ambientali precedenti e successive all'incendio, relativamente, ad esempio, alla frequenza, alla quantità e alla durata delle piogge.

I cambiamenti indotti nel suolo sono fortemente correlati con l'intensità del fuoco, che risulta generalmente essere bassa o moderata negli incendi prescritti o controllati e alta negli incendi spontanei che si verificano nella stagione secca estiva. Il problema maggiore è attualmente rappresentato dal crescente numero di incendi causati dall'uomo, in particolare nei Paesi dell'area mediterranea, che portano a un ulteriore incremento del processo di desertificazione.

Gli effetti del fuoco sulla risorsa suolo sono indotti prevalentemente dal riscaldamento del suolo, dalla rimozione della copertura protettiva rappresentata dalla vegetazione e dalla lettiera e dalla concentrazione nel suolo di sostanze di origine vegetale.

Il Servizio per la Conservazione delle Risorse Naturali del Dipartimento di Agricoltura degli Stati Uniti classifica gli incendi sulla base della loro intensità per stimare l'avvenuto riscaldamento del suolo, facendo riferimento alle sue condizioni fisiche e allo stato della vegetazione. Tale classificazione utilizza degli indicatori facilmente rilevabili, rispetto ai quali si fanno delle previsioni sulla dinamica del post-incendio:

- *incendi di bassa intensità*: i detriti vegetali risultano parzialmente bruciati; il colore del suolo non è modificato; l'idrofobicità è scarsa o assente; gli alberi possono presentare delle foglie o aghi bruni; le radici superficiali e gli apici torneranno ad accrescersi a livello della cuffia radicale (entro 1 anno); nessun cambiamento nella erosione potenziale.
- *incendi di media intensità*: si verifica un consumo dello strato organico della lettiera (*duff*); risultano ancora evidenti residui di lettiera bruciati; sono presenti ceneri di colore scuro; si verifica una bassa o media idrofobicità sulla superficie del suolo fino a circa 2,5 cm di profondità; le radici risultano vitali al di sotto dei 2,5 cm di profondità; sono presenti piccoli frammenti di combustibile anche se carbonizzati; gli alberi risultano anneriti ma non carbonizzati; in linea di massima si avranno nuovi accrescimenti a livello delle cuffie radicali; la maggior parte delle erbacee perenni si rigenererà vegetativamente; la vegetazione si ricostituirà abbastanza rapidamente (entro 1-5 anni); si verificherà un incremento della erosione potenziale dovuto alla mancanza di copertura superficiale; si avrà una moderata idrofobicità.
- *incendi di alta intensità*: si verifica un consumo del *duff*, le ceneri risultano bianche o di colore grigio; non restano piccoli frammenti di materiali combustibili; l'idrofobicità è da media ad alta, fino a 5 cm di profondità; i suoli possono risultare condizionati dal punto di vista fisico (cristallizzazione, formazione di croste, compattazione); gli alberi possono risultare carbonizzati da 0,5 a 2,5 cm di profondità; la produttività del suolo sarà significativamente ridotta; alcune radici e rizomi profondi potranno tornare ad accrescersi; la ricostituzione della vegetazione sarà lenta (entro 5-10 anni); l'erosione superficiale del suolo potrà aumentare significativamente.

### 2.2.1. Processi geomorfopedologici

S. Mazzoleni, A. Esposito

La combustione della copertura delle piante induce vari effetti diretti sui processi idrologici e geomorfologici: uno dei principali consiste nella perdita dello strato organico di lettiera che protegge il suolo dalle varie cause di erosione. Dopo la copertura vegetale lo strato organico (gli orizzonti organici del profilo pedologico e quelli in cui la parte organica è intimamente connessa alla componente minerale) è generalmente conosciuto come il primo agente *anti-erosione*, poiché esso cementifica le particelle di suolo e aumenta la stabilità. Infatti, la perdita di questo strato, per rapida combustione o asportazione dovuta al successivo probabile dilavamento in condizioni climatiche di giacitura favorevoli, non solo aumenta la vulnerabilità dello strato superficiale di suolo all'erosione, ma influenza anche la temperatura del suolo poiché lo strato organico è un efficiente isolante termico.

Questo processo assume un ruolo particolarmente importante soprattutto in quelle aree in cui gli strati profondi del terreno sono permanentemente gelati (permafrost), e quelli superficiali sono soggetti a cicli stagionali di gelo-disgelo; in questi suoli infatti gli incendi determinano un aumento della profondità e della durata del disgelo stagionale che può comportare un cedimento del suolo e un'alterazione del drenaggio delle acque. Nelle foreste boreali il fuoco può determinare lo scioglimento e quindi la riduzione del permafrost, seppure temporaneamente, mediante la rimozione dello strato isolante e ben sviluppato di muschi e licheni; fenomeni analoghi, pur in misura minore, possono avvenire nelle condizioni alpine nella stagione invernale.

Le complesse risposte idrologiche causate dal fuoco possono però ricorrere anche in altri tipi di suolo. L'erosione del suolo risulta, in generale, tanto più pronunciata quanto maggiori sono l'intensità dell'incendio, la pendenza del suolo e più abbondanti le precipitazioni. L'acqua che giunge al suolo e che non viene più trattenuta dallo strato vegetale diventa acqua di scorrimento superficiale che trascina con sé particelle di terreno. Il vento, i cicli di disgelo e la formazione di cristalli di ghiaccio contribuiscono, insieme alle precipitazioni, a favorire i processi di erosione.

Un'altra evidente alterazione di tipo funzionale indotta dagli incendi è data dallo sviluppo di uno strato idrofobo e dalla compattazione del terreno: tale strato si sviluppa attraverso un efficiente processo di *distillazione*, che consiste nella volatilizzazione di composti idrofobi presenti nella lettiera e nella loro successiva condensazione su particelle di suolo a diversi centimetri di profondità: questo processo è particolarmente importante nelle aree del *chaparral* e della macchia e gariga mediterranea (Figura 2.5) e in alcune foreste di conifere. La profondità e lo spessore dello strato idrofobo sono direttamente correlati all'intensità degli incendi e alle caratteristiche locali del suolo. Il sottile strato idrofilo che sovrasta lo strato idrofobo è soggetto, soprattutto nelle aree con ripidi pendii, a una notevole erosione superficiale. Le estese superfici calcaree denudate tipiche di tante aree mediterranee sono probabilmente la diretta conseguenza di questi frequenti fenomeni.

### 2.2.2. Proprietà fisiche e chimiche

A.M. Persiani

Il riscaldamento può indurre dei cambiamenti in alcune proprietà fisiche dei suoli, tra cui la perdita o la riduzione della struttura, la riduzione della porosità e l'alterazione del colore. Più frequentemente, comunque, conseguenze importanti riguardano l'insorgenza di una aumentata idrofobicità ed una aumentata erosione, dovuta alla perdita della copertura protettiva costituita dalle piante e dalla lettiera. Queste proprietà interagiscono tra di loro e il grado di bruciatura dello strato organico della lettiera (*duff*) determina l'intensità degli effetti.

Spesso, successivamente a un incendio, si può avere un incremento dell'erosione a causa del vento, dell'acqua o per gravità. L'intensità e la durata dell'erosione, così accelerata, dipende da vari fatto-

ri quali la tessitura del suolo, la pendenza, il tempo di ricostituzione della copertura protettiva, la quantità di lettiera residua e la quantità di precipitazioni nel post-incendio.

In seguito all'incendio, potrebbe anche non verificarsi un'eccessiva erosione del suolo, in quanto la sua stabilità può essere mantenuta dai sistemi radicali degli arbusti, anche se bruciati nelle porzioni apicali.

Gli effetti chimici diretti possono consistere in un incremento del pH in alcuni siti, nella formazione di strati del suolo idrorepellenti, nell'idrofobicità in alcuni siti, nella riduzione in sostanza organica.

Il pH, quale misura standard di acidità o alcalinità, permette di seguire le alterazioni causate dal fuoco e quindi il regime di nutrienti del suolo stesso. Il processo di combustione rilascia nutrienti legati, molti in forma di elementi o di radicali. L'azoto e il fosforo, elementi critici per la crescita della pianta, diventano più disponibili dopo un incendio, in quanto esso provoca l'innalzamento del pH in suoli acidi. Per effetto del fuoco può, quindi, aumentare la fertilità di un sito, e ciò si può verificare sia in aree fredde che umide o acide.

Vari autori riportano un incremento del pH per effetto del fuoco. La maggior parte dei casi di aumento del pH riguardano suoli forestali in cui il pH inizialmente risultava acido, e si verificava la combustione di una notevole quantità di materiale organico. L'incremento nella disponibilità dei nutrienti potrebbe essere altamente significativo. Più raramente si verifica un incremento di pH, dopo la bruciatura, in suoli aridi o semi-aridi, i quali sono tipicamente alcalini. Quelli che inizialmente sono vicini alla neutralità possono presentare un innalzamento di qualche decimo di unità di pH, per poi tornare ai livelli precedenti la bruciatura nell'arco di uno o due anni. Scarsi sono in questo caso gli effetti sul regime dei nutrienti del suolo.

L'idrofobicità è un fenomeno che si verifica naturalmente, in assenza del fuoco, in aree forestali, arbustive, di pascolo e agricole, distribuite in varie parti del mondo. In tal senso sono riportati effetti "benefici" dell'idrofobicità, tra cui il controllo dell'evaporazione e la canalizzazione dell'acqua rispetto ad aree tra loro collegate. Tale processo è dovuto alla presenza di composti idrofobici, risultanti dall'attività di decomposizione di funghi del suolo, che si localizzano alla base del *duff*, dando luogo ad uno strato relativamente permeabile all'acqua. Durante la combustione tali composti, probabilmente idrocarburi alifatici, vengono distillati e migrano sotto forma di gas nel profilo del suolo, generalmente nei primi cinque centimetri, e si condensano su particelle di esso, dando luogo a uno strato idrorepellente. La ripidità dei gradienti termici, le proprietà fisiche del suolo e il suo contenuto idrico determinano il grado di idrorepellenza. Generalmente gli incendi forestali danno luogo a un incremento di idrofobicità nel caso di basse temperature raggiunte sulla superficie del suolo o a una sua eliminazione nel caso di elevate temperature superficiali. Indagini condotte in Portogallo sulla variabilità spaziale dell'idrofobicità del suolo di pinete e foreste di *Eucalyptus* hanno evidenziato che i composti organici rilasciati durante l'incendio non avevano comportato ulteriori effetti idrofobici rilevabili e che le temperature raggiunte risultavano comunque insufficienti ad eliminare l'idrofobicità superficiale.

La riduzione della sostanza organica incorporata al suolo, nel caso in cui si verifichi in siti aridi, semi-aridi o di foresta, può risultare critica in quanto rappresenta una riserva fondamentale nel bilancio dei nutrienti, in modo particolare dell'azoto, relativa allo specifico sito. La sostanza organica favorisce la regolazione del ciclo idrologico e del rapporto carbonio/azoto, mantiene la porosità nella struttura del suolo e la capacità di scambio cationico. Infatti molte delle caratteristiche dei suoli, quali la bassa stabilità degli aggregati, la compattazione, i bassi livelli di microrganismi e/o attività microbica, sono fortemente correlati al contenuto di sostanza organica del suolo.

La quantità di sostanza organica consumata dal fuoco dipende dal contenuto di umidità del suolo, dalla quantità e dalla durata del riscaldamento e dalla quantità di sostanza organica disponibile per la combustione o la distillazione. Le temperature del *duff* e del suolo restano al di sotto del punto di ebollizione dell'acqua fin quando tutta l'umidità sia evaporata. Quindi, in presenza di umidità, non si verifica il riscaldamento degli strati organici fino al raggiungimento delle elevate tempera-

ture richieste per l'ignizione. Sono state osservate relazioni specifiche tra il contenuto di umidità del *duff* e di suoli organici ed il loro consumo; infatti contenuti di umidità inferiori al 30% permettono il verificarsi dell'ignizione, mentre tali strati praticamente risultano non consumati con contenuti di umidità superiori al 120%. I materiali minerali condizionano la combustione degli strati organici in quanto assorbono parte del calore che altrimenti potrebbe preriscaldare i materiali combustibili.

### **2.2.3. Componente biologica**

*A.M. Persiani*

I microrganismi del suolo giocano un ruolo essenziale nella circolazione del flusso di energia attraverso gli ecosistemi e nei cicli biogeochimici di elementi importanti come carbonio, azoto, fosforo. Il funzionamento degli ecosistemi terrestri sembra dipendere in modo rilevante dalla biodiversità del suolo, risultando del tutto artificiale la separazione degli ecosistemi in suolo e componenti del soprassuolo. Solo in tempi recenti ci si è resi conto che molte delle più importanti interazioni tra le piante hanno luogo sotto la superficie terrestre, in particolare nei suoli poveri di nutrienti. In tali suoli le interazioni dinamiche tra le radici, gli animali e i processi microbici sembrano determinare il tipo, il sito e le modalità di crescita di una specie.

È stato stimato che l'80-90% del metabolismo del suolo deriva dall'attività microbica e da quella dei protozoi, e mediamente il 95% della respirazione del suolo, non dovuta alle piante, è attribuibile all'attività microbica.

I funghi e i batteri sono tra i principali gruppi di decompositori nel suolo, insieme comunque agli Attinomiceti e a un'ampia varietà di fauna (Protozoi, Nematodi, Lombrichi, Acari, Collemboli, Isopodi, Diplopodi, Molluschi). Generalmente funghi e batteri rappresentano circa il 2% della sostanza organica del suolo, svolgendo anche un ruolo di immobilizzazione dei nutrienti stessi e di risorsa alimentare per la fauna. La loro presenza e attività è regolata dalla qualità della risorsa rappresentata dalla lettiera e dalle naturali fluttuazioni delle condizioni ambientali, mentre può essere fortemente limitata da eventi di disturbo legati all'attività antropica: ciò conferisce una variabilità spaziale e temporale e una natura dinamica alle proprietà del suolo e alla sua componente biologica.

Negli ecosistemi non disturbati i processi di immobilizzazione e mineralizzazione sono strettamente legati alla crescita della pianta, ma in seguito al disturbo tale legame viene spezzato o perlomeno ridimensionato. I pochi studi disponibili evidenziano in generale una buona ripresa della microflora del suolo dopo un incendio, per effetto della elevata disponibilità di nutrienti e per la ridotta competizione con le piante vascolari. Tuttavia, variabili quali le caratteristiche del microhabitat, l'intensità dell'incendio e non ultimi i metodi di campionamento adottati, possono influire in modo importante sulla risposta di questa componente al fuoco. In generale, i vari gruppi di microrganismi che compongono la microflora del suolo mostrano differenti risposte di sopravvivenza al fuoco in relazione alla loro differente capacità di tollerare le elevate temperature e i cambiamenti di pH e di umidità del suolo associati agli incendi. Gli attinomiceti sono generalmente i più resistenti alle alte temperature e alle variazioni di umidità; viceversa, i funghi risultano essere i più sensibili. I batteri mostrano un comportamento intermedio (Figura 2.6) e tra questi gli eterotrofi tollerano facilmente le alte temperature rispetto ai nitrificanti.

La produttività degli ecosistemi percorsi da incendio viene limitata in quanto i nutrienti non sono più trattenuti nel sistema suolo; inoltre la loro mobilità, specialmente verso i sistemi acquatici, è causa di ulteriori problemi in quanto genera fenomeni di eutrofizzazione e di fioritura algale.

Il numero, la biomassa, l'attività e la struttura di comunità degli organismi che entrano nella rete alimentare del suolo, nei vari livelli trofici, possono essere utilizzati come indicatori dello stato di salute di un ecosistema. Monitorando le dinamiche degli organismi del suolo in risposta al disturbo rappresentato dal fuoco si possono rilevare i cambiamenti prodotti nell'ecosistema e, seguen-



do gli stadi successionali, gli effetti a breve e lungo termine.

Notevole è la letteratura relativa al ruolo degli invertebrati nei processi di decomposizione e tra essi gran parte del lavoro di incorporazione della sostanza organica è svolto, in suoli di climi temperati, dai lombrichi.

La fauna del suolo viene variamente influenzata dal fuoco. A livello del soprassuolo gli erbivori e i carnivori, in genere, subiscono un declino drastico ma temporaneo; ma potrebbero anche essere eliminati nel caso di fuoco intenso. Gli animali del sottosuolo rispondono in modo differente, a seconda della quantità e del grado di riscaldamento del suolo, della dimensione della popolazione prima dell'incendio e dello specifico organismo in questione. In sistemi adattati al fuoco gli effetti diretti sulle popolazioni di invertebrati, associati con i detritivori e con i microrganismi coinvolti nel ciclo dei nutrienti, sono piuttosto lievi. Comunque, in sistemi in cui siano presenti ampi volumi di materiale combustibile, il fuoco si verifica con maggiore intensità, mettendo a rischio gli organismi a lenta mobilità. Gli effetti diretti sugli invertebrati saranno ridotti, nel caso siano conservati i rifugi rappresentati dalla lettiera e da frammenti di materiale legnoso.

Negli organismi del suolo la mortalità causata dal fuoco può essere correlata con il livello di umidità del suolo nel momento in cui si verifica l'incendio. *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, due gruppi di batteri critici per il processo di nitrificazione, vengono uccisi a 140 °C in suoli secchi ma a 75 e 50 °C, rispettivamente, in suoli umidi. Ciò evidenzia che questa sensibilità al calore può risultare critica ai fini della ricostituzione in ecosistemi a basso contenuto di azoto.

Inoltre, rispetto ai funghi, i batteri sembrano favoriti dall'incremento di pH che spesso si verifica in suoli incendiati. In generale, risulta che eventi di disturbo causano nel suolo uno spostamento dalla dominanza fungina a quella batterica. In particolare, per i suoli di aree forestali è importante la dominanza dei funghi, sia saprotrofi che simbiotici micorrizici (vd. § 2.3.7), al fine di mantenere un ambiente favorevole per la componente arborea, mentre una dominanza dei batteri, tra i decompositori del suolo, favorisce la componente erbacea. Alcuni autori hanno infatti rilevato una composizione floristica soprattutto a favore delle specie erbacee, in particolare terofite, in territori periodicamente percorsi da incendi. Il rapporto tra la presenza dei funghi rispetto a quella dei batteri risulta quindi criticamente importante.

I funghi saprotrofi possiedono un'ampia gamma di sistemi enzimatici che li rendono capaci di degradare i residui organici. Il loro successo nella colonizzazione è strettamente correlato con la qualità della risorsa, le condizioni microclimatiche del sito, la capacità di interazione tra le specie fungine e con gli altri microrganismi del suolo. È stata rilevata in aree di *chaparral* una quantità variabile da 50 a 300 m di ife saprotrofiche presenti nel suolo, e tale parametro può risultare un importante indicatore di attività metabolica fungina. Infatti negli habitat di tipo mediterraneo, con suoli caratterizzati da condizioni di temperatura piuttosto stabili ma di umidità molto variabili, i funghi possono risultare più efficienti in quanto tollerano meglio dei batteri condizioni di aridità, e rispetto a questi hanno una maggiore possibilità di immobilizzare i nutrienti nella biomassa. I funghi micorrizici competono con i saprotrofi per il fosforo e l'azoto mineralizzato; essi, comunque, risultano essere il gruppo più ampio di consumatori del carbonio del suolo, a causa della loro massa piuttosto rilevante. Risultano anche importanti le possibilità di interazione tra funghi saprotrofi e simbiotici micorrizici relativamente all'attività di enzimi quali ad esempio le fosfatasi. Il fuoco può quindi risultare un agente di disturbo che induce cambiamenti nella capacità di ritenzione di nutrienti, che a loro volta potranno essere persi per lisciviazione o erosione, limitando anche la capacità dei funghi simbiotici di incrementare l'acquisizione delle risorse come conseguenza di una attività micorrizica sganciata dalla decomposizione.

Incendi di forte intensità, che raggiungano temperature di 700-800 °C sulla superficie del suolo, provocano una pressoché totale sterilizzazione nei primi centimetri dell'orizzonte superficiale (0-5 cm), causando una riduzione nella biomassa e nel numero delle specie. Molte indagini hanno riguardato gli effetti sulla struttura e sull'attività di comunità microbiche in relazione alla qualità della sostanza organica di suoli incendiati. Vari autori hanno considerato gli effetti ecologici del

fuoco sui microfunghi del suolo, in vari tipi di ecosistemi.

È stato anche descritto un effetto selettivo rispetto a organismi con spore resistenti, quali sono le ascospore di alcuni funghi del suolo, la cui germinazione è stimolata dal calore. Temperature tra 50 e 70 °C stimolano la germinazione di un gruppo selezionato di ascomiceti presenti nella banca del suolo come spore dormienti, che colonizzano l'ambiente bruciato: per questa caratteristica essi sono indicati come *carbonicoli*. L'attività biologica di questi funghi, già attivi nelle fasi immediatamente successive all'incendio, permette un decremento dell'alcalinità del suolo e quindi una possibilità di successiva ricolonizzazione da parte dei competitori. Nel diagramma rappresentato in Figura 2.7 sono riportate le relazioni tra fattori biotici e abiotici associati con il sistema suolo nelle fasi pre- e post-incendio e il loro effetto sulla struttura e organizzazione delle comunità di ascomiceti.

A latitudini temperate la flora fungina carbonicola, caratteristica di aree forestali, risulta essere dominata da discomiceti opercolati (Pezizali) e da alcuni agarici. È stato osservato che, sei mesi dopo l'incendio, la densità di specie fungine (numero/grammo) aveva subito un incremento del 29% in parcelle bruciate, rispetto al controllo. Gli autori hanno attribuito l'incremento nella densità fungina dopo il fuoco all'incremento della biomassa radicale e della densità dei microartropodi. In aree umide tropicali è stata riportata una cospicua presenza di *Neurospora crassa* (ascomicete carbonicolo) su residui vegetali carbonizzati. Questa specie è tra i funghi che mostrano un'elevata attività fosfatasica interna e che rilasciano fosfatasi acide ed alcaline anche nell'ambiente circostante, in relazione alla fonte di carbonio e al pH.

Per quanto riguarda le ricerche condotte in aree del territorio nazionale, è stata seguita per otto anni la successione dei funghi del suolo in aree di bosco ceduo di leccio, percorse da incendio nel 1981, sul promontorio del Monte Argentario. Tale successione è stata valutata sulla base dei cambiamenti qualitativi in funzione delle variazioni del pH del suolo che, dai valori raggiunti dopo l'incendio (pH=7,8), gradualmente tornava a quelli iniziali (pH=6,0). Tra gli ascomiceti termoresistenti, *Neosartorya fischeri* e *N. spinosa* sono risultate dominanti nelle fasi immediatamente successive all'incendio, per tornare a essere un normale componente della cenosi in seguito all'attenuarsi degli effetti dell'incendio. È di interesse biogeografico il fatto che questo genere è risultato dominante anche nel post-incendio del *chaparral* californiano. La ricolonizzazione è quindi inizialmente avvenuta a opera delle specie sopravvissute al passaggio del fuoco, presenti nella banca del suolo. Successivamente, gli stadi di transizione sono caratterizzati da specie provenienti da aree limitrofe non bruciate e da specie estranee alla comunità. Questa sequenza di ricolonizzazione fungina è stata anche descritta da autori che la identificano nell'*inoculo del post-incendio*.

Per quanto riguarda indagini relative al territorio nazionale, sono tuttora in corso, in aree della Riserva Naturale di Castel Volturno (Caserta), ricerche interdisciplinari relative agli effetti del fuoco sul suolo e sulla vegetazione. L'effetto sui microfunghi del suolo nei primi nove mesi successivi al fuoco sperimentale risulta diverso a seconda del trattamento applicato (fuoco moderato o intenso) sia sulla abbondanza che sulla densità in specie. Nel periodo estivo si verifica una immediata riduzione di tali valori, più evidente nelle parcelle sottoposte a fuoco intenso; ciò in quanto il fuoco può aver rappresentato un disturbo che si è sovrapposto allo stress idrico, caratteristico di questo tipo di suoli nel periodo estivo. A distanza di sei e nove mesi dall'incendio si verifica un notevole incremento nell'abbondanza dei microfunghi come risposta alla maggiore disponibilità di nutrienti che risultano quindi immobilizzati nella biomassa del suolo. Autori americani riportano un analogo risultato per suoli di prateria nel Wisconsin. Dopo quattro mesi dall'incendio la componente xerotollerante della comunità è ampiamente rappresentata nelle parcelle sottoposte a fuoco moderato e dopo sei mesi in quelle sottoposte a fuoco intenso. Tra i vari effetti il fuoco sembra quindi anche indurre una realistica competizione per l'acqua tra gli organismi, favorendo i tipi funzionali capaci di tollerare meglio gli effetti sfavorevoli dello stress idrico. Tra i microfunghi stimolati dal calore, *Neosartorya spinosa*, presente anche nelle parcelle di controllo, incrementa la sua abbondanza nelle parcelle incendiate a distanza di sei e nove mesi, confermando il suo ruolo nelle

comunità fungine di suoli nel post-incendio, sia per la macchia mediterranea italiana che per il *chaparral* californiano. Sulla base del trattamento statistico di dati relativi a parcelle con distanze temporali diverse rispetto all'incendio, in aree forestali nel Wisconsin il ripristino della comunità fungina del suolo si verifica dopo un intervallo di tempo di 50 anni.

Restano comunque ancora piuttosto limitate le conoscenze relative agli effetti a lungo termine degli incendi sulla comunità microbica del suolo in aree mediterranee, e ciò non permette ancora la definizione di modelli generali di risposta.

### 2.3. Effetti sulla vegetazione

P. Corona, F. Manes,  
S. Mazzoleni, A. Esposito

Il significato degli incendi nella storia evolutiva di diversi ecosistemi può essere espresso dai numerosi esempi di strategie di sopravvivenza al fuoco presenti nelle piante. Molte *pirofite* richiedono infatti la presenza del fuoco nel corso del loro ciclo biologico; si ricordano numerose specie del gen. *Pinus* quali *P. contorta*, *P. banksiana*, *P. palustris*, *P. serotina*, *P. rigida*; di *Cistus* (come *C. incanus* e *C. monspeliensis*), ma anche di briofite come la comune *Funaria* o il raro *Bryum dunense*, si ricorda altresì l'uso del fuoco per bruciare la ramaglia e favorire la fuoriuscita dei semi dai coni serotini di taluni pini mediterranei, quali *P. halepensis* e *P. pinaster*.

Nelle formazioni boschive ove gli incendi sono stati e sono eventi ricorrenti il fuoco ha esercitato ed esercita una pressione selettiva che determina caratteri di adattamento sia a livello di individuo che di popolazione e di comunità. Peraltro, non tutti gli adattamenti interpretabili in funzione di sopravvivenza al passaggio del fuoco sono attribuibili esclusivamente alla sua azione: così, ad esempio, l'emissione di polloni può rappresentare un adattamento sia al passaggio del fuoco sia all'azione del pascolamento continuo (ZANZI SULLI, 1994).

Le strutture anatomiche e i processi biologici a prevenzione dei danni da fuoco più frequentemente riscontrabili nelle specie arboree caratterizzate da meccanismi di adattamento al fuoco, che abbiano cioè una certa capacità intrinseca di evitare o ridurre i danni per i singoli individui (*pirofite passive*), sono: cortecce spesse che funzionano da isolanti termici del cambio (ad esempio, *Quercus suber*, *Pinus pinea*, *P. pinaster*, *P. halepensis*, *P. brutia*); rapida crescita in altezza nel periodo giovanile, comune a molte specie del gen. *Pinus*, la quale consente alla pianta di portare in breve tempo la chioma al di sopra della zona interessata da incendi radenti; portamento della pianta caratterizzato da un'alta inserzione della chioma (con questo meccanismo, il gen. *Larix* sp.p. e molte specie del gen. *Pinus*, quando crescono in boschi densi, evitano il passaggio in chioma dei fuochi radenti); infiammabilità scarsa, in termini relativi, degli apparati fogliari (ad esempio, gen. *Acacia*, *Nerium*, *Tamarix*); rapida decomposizione delle foglie morte così da ridurre l'accumulo di combustibile e, quindi, le opportunità di accensione e di diffusione di incendi radenti (caratteristica generalmente più marcata per le latifoglie rispetto alle conifere); tegumento del seme spesso e legnoso atto a ridurre i danni da alte temperature alle parti vitali dello stesso (ZANZI SULLI, 1994).

Per quanto riguarda le strategie di rigenerazione per la sopravvivenza delle specie vegetali all'azione degli incendi, esistono due alternative: la *riproduzione vegetativa*, mediante produzione di polloni da parte delle strutture ipogee rimaste vitali dopo il passaggio del fuoco (Figura 2.8), e la *riproduzione da seme*, mediante la germinazione di semi già presenti nel terreno (Figura 2.9) o rilasciati solo in seguito a incendio. Le *pirofite attive*, nel corso dell'evoluzione e di millenni di convivenza con il fuoco, hanno sviluppato meccanismi di sopravvivenza attraverso la protezione dei semi o di altri organi di propagazione che verranno attivati dalle alte temperature conseguenti all'incendio innescando processi di intensa rigenerazione del soprassuolo (ad esempio, *Pinus halepensis*).

Strategie di sopravvivenza al fuoco non rappresentano una peculiarità solo delle piante superiori, ma si osservano anche nelle briofite mediante riproduzione vegetativa o germinazione di spore.

La riproduzione vegetativa viene attuata attraverso gemme specializzate o frammenti di foglioline capaci di rigenerare nuovi gametofiti (Figura 2.10).

Nelle Tabelle 2.1-2.5 vengono riportate le strategie di rigenerazione di alcune tra le più comuni piante vascolari e briofite dell'area mediterranea.

La risposta di queste due diverse strategie e il loro equilibrio competitivo vengono influenzate in modo significativo da una serie di fattori quali le caratteristiche dell'incendio, dell'ambiente in cui tali specie vivono e soprattutto dei caratteri morfologici ed ecofisiologici dei due tipi di piante. Gli effetti delle caratteristiche dell'incendio verranno discussi nel paragrafo relativo al recupero della vegetazione. Per quanto riguarda le condizioni dell'habitat, si osserva in genere che le specie con riproduzione vegetativa obbligata vengono progressivamente sostituite dalle specie con riproduzione da seme obbligata in ambienti più aridi e più poveri di nutrienti (Figura 2.11). Studi condotti su alcune specie del *chaparral* californiano hanno evidenziato che le specie a ricrescita vegetativa possiedono un apparato radicale più sviluppato capace di raggiungere gli strati più profondi del suolo in modo da essere esposte più raramente al deficit idrico (Figura 2.12), ma allo stesso tempo presentano un più basso controllo stomatico e interrompono la fissazione di CO<sub>2</sub> a livelli di stress idrico più bassi rispetto alle piante a rigenerazione da seme. Queste ultime presentano un sistema radicale poco sviluppato e superficiale, ma possono tollerare meglio deficit idrici più elevati. Esse possiedono anche strutture fogliari molto specializzate, come le cripte stomatiche molto profonde (*Ceanothus*), le foglie isolaterali anfstomatiche, che vengono orientate verticalmente in relazione all'intensità luminosa (*Arcostaphylos*).

### 2.3.1. Riproduzione vegetativa

S. Mazzoleni, A. Esposito

Le specie a riproduzione vegetativa sono caratterizzate da una varietà di meccanismi che consentono la protezione delle gemme dalla distruzione del fuoco, e quindi una successiva rapida ricrescita. La protezione delle gemme può essere attuata dalla presenza di uno spesso strato di corteccia, di una copertura di dense basi fogliari o mediante il suolo. Molte specie arboree possono sopravvivere ai distruttivi fuochi di chioma grazie alle gemme protette sotto una spessa corteccia (e/o sughero) dei tronchi e dei rami. Il ruolo di protezione svolto dalla corteccia dipende dal suo spessore e dalla sua qualità isolante, che è in relazione alla densità, struttura, composizione chimica e contenuto idrico; questi caratteri possono influire sulla propagazione del calore attraverso la corteccia e quindi sulla protezione delle gemme. Anche l'età dell'albero può influire sulla resistenza al fuoco: gli alberi giovani sono meno resistenti rispetto a quelli più vecchi; la composizione (densità, spessore) della corteccia cambia infatti con l'età, e può quindi aumentare o diminuire la vulnerabilità dell'albero al fuoco. Molte specie di eucalipti, così come diverse specie di Pini del Nord America e *Quercus suber* nel bacino del Mediterraneo, possiedono cortecce resistenti al fuoco. Una forma di sopravvivenza al fuoco molto diffusa è data dalla protezione sotterranea di gemme dormienti: il suolo, infatti, è un buon isolante della temperatura, quindi solo pochi centimetri di profondità sono sufficienti per proteggere le gemme dal fuoco.

Questi organi sono presenti sia sui rizomi delle felci che sulle radici o alla base del fusto nelle angiosperme. Molte specie legnose del Chaparral in California, in Australia e nell'area mediterranea presentano questo tipo di adattamento. Tale ricrescita è particolarmente vigorosa quando esse rigenerano mediante polloni, come in *Quercus coccifera*, o rizomi, come in *Pteridium aquilinum*. L'abilità di rigenerazione vegetativa dopo un incendio o altra forma di disturbo è in relazione con l'età della comunità. Studi condotti nella brughiera a calluna hanno stabilito che la rigenerazione è ottimale in comunità di sei-dieci anni e declina nelle aree più vecchie. Osservazioni simili sono state fatte nelle esperienze di pratiche forestali effettuate su querce: la frequenza di rigenerazione diminuisce con l'aumento del diametro dei fusti. In alcuni casi le gemme sono così numerose da formare legnotuberi, strutture contenenti una grande quantità di zuccheri, nutrienti inorganici e

acqua: una riserva di sostanze capaci di assicurare una rapida ricrescita, ma anche di mantenere i sistemi radicali durante lunghi periodi di siccità o di dormienza indotta dall'ambiente.

La protezione delle gemme mediante dense basi fogliari può essere osservata a livello del suolo in molte specie erbacee e felci, oppure in fusti aerei come in molte cicadacee e piante grasse; tuttavia questa strategia non rappresenta necessariamente un adattamento agli incendi: i danni da freddo, la siccità, il pascolo e il taglio inducono la stessa risposta.

### 2.3.2. Crescita e fioritura

S. Mazzoleni, A. Esposito

Molte evidenze confermano l'effetto stimolante del fuoco sulla fioritura e crescita delle piante. La maggior parte di questi esempi sono riferiti a monocotiledoni, e in modo particolare alle graminacee. La stimolazione della fioritura e della crescita nelle graminacee dopo il fuoco è stata attribuita all'aumento di temperatura del suolo nelle aree bruciate, dove viene indotto un anticipo nella crescita primaverile rispetto alle aree non bruciate.

Molti dati, inoltre, indicano che la stagionalità degli incendi gioca un ruolo importante nella stimolazione della fioritura. Studi condotti su *Xanthorrhoea australis*, una graminacea molto comune in Australia, hanno dimostrato che gli incendi primaverili ed estivi inducono un'abbondante produzione di fiori rispetto ai fuochi autunnali e invernali; inoltre trattamenti con etilene e tagli possono anch'essi stimolare la fioritura, suggerendo la possibilità che il fuoco possa indurre tale fenomeno attraverso effetti chimici.

### 2.3.3. Germinazione

S. Mazzoleni, A. Esposito

Le aree percorse di recente dal fuoco sono caratterizzate da una massiva germinazione di semi conservati, per la maggior parte, nel suolo o, in casi meno frequenti, sulla chioma di alcune specie legnose. Il fuoco può, infatti, favorire la germinazione perché rimuove una serie di effetti negativi (presenza di una copertura legnosa, competizione, ombreggiamento, presenza di particolari sostanze allelochimiche); si ottiene, quindi, un accumulo di semi vitali nel suolo che vanno a costituire la banca del seme.

Una massiva germinazione indotta dal fuoco viene comunemente osservata in diverse specie legnose appartenenti al genere *Cistus*. Questo fenomeno è stato confermato sperimentalmente su semi trattati ad alte temperature, evidenziando incrementi di germinazione significativa in semi trattati fino a 180 °C (Figura 2.13). In *Cistus incanus* e *C. monspeliensis* si è osservata, in seguito a trattamenti termici, la comparsa di fratture sui tegumenti interni dei semi che, aumentandone la permeabilità, facilitano l'imbibizione e la successiva germinazione (Figura 2.14). La stimolazione della germinazione indotta dal fuoco è comune anche a molte specie erbacee. La graminacea *Oryzopsis miliacea* mostra stimolazione della germinazione dopo trattamenti dei semi a 90 °C e *Avena sterilis* fino a 105 °C.

La risposta dei semi alla germinazione dipende non solo dalle proprietà del seme, ma anche dalle caratteristiche dell'incendio, dalla durata e dagli effetti sulla temperatura del suolo, nonché dalla posizione del seme nel suolo.

Anche la germinazione di spore di briofite può essere stimolata dalle alte temperature; prove di laboratorio hanno dimostrato che le spore del muschio *Funaria hygrometrica* possono germinare anche a temperature superiori a 300 °C.

Poiché le condizioni per l'attecchimento delle giovani plantule sono particolarmente favorevoli dopo il fuoco, alcune specie legnose hanno sviluppato adattamenti di conservazione dei semi sulla pianta stessa, con meccanismi di dispersione stimolati dal fuoco.

Gli esempi più interessanti di questo adattamento sono offerti da alcune specie di pini, che con-

servano i loro semi in coni le cui squame sono chiuse da resine (*coni serotini*) o cere, che sciogliendosi con le alte temperature degli incendi consente la caduta dei semi. In molti casi il rilascio avviene solo quando gli incendi sono tali da provocare la morte della pianta madre. Questo è uno dei motivi per cui, diversamente dagli altri pini i cui coni sono situati su piccoli rami, i pini con coni serotini presentano i coni sui rami maggiori e in molti casi perfino nella parte basale del tronco, dove restano permanentemente attaccati. La frequenza in una popolazione di pini di individui con coni serotini e non serotini può variare considerevolmente ed è correlata all'intensità e frequenza degli incendi. Individui con coni serotini sono più frequenti nelle aree con incendi frequenti e intensi, viceversa quelli con coni non-serotini nelle aree con frequenze e intensità più basse. La presenza di coni serotini è stata dimostrata in diverse conifere del Nord America e del Mediterraneo.

In contrasto con il *fynbos* in Sud-Africa e con il *chaparral* californiano, dove il fumo gioca un ruolo più importante nella regolazione della germinazione nel post-incendio, il calore è probabilmente il fattore maggiormente imputato nel bacino del Mediterraneo. Una maggiore quantità di combustibile è presente a livello del terreno in una fitocenosi di tipo mediterraneo piuttosto che nelle chiazze: in questi habitat il fuoco risulta quindi più intenso e le temperature superficiali del suolo sono molto più alte durante gli incendi.

Il calore stimola la germinazione dei semi mediante la rottura dei tegumenti, evidenziata per lo più nelle *Cistaceae*, e l'eliminazione di sostanze inibenti presenti nel suolo o nel carbone. I prodotti organici della termodegradazione della emicellulosa della parete cellulare, come alcuni oligosaccaridi, sono ritenuti i fattori responsabili della stimolazione della germinazione nel legno carbonizzato. Numerose specie australiane, del *chaparral* e del *fynbos* sono stimolate dal fumo. È stato suggerito che l'ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ), acidi o etilene sono i composti attivi nel fumo responsabili dell'effetto di stimolazione.

L'ammonio e il nitrato sono rilasciati sulla superficie del suolo dalla cenere di pino bagnata; questi ioni possono prendere parte alla regolazione della germinazione durante la rigenerazione della foresta durante il post-incendio. In molti casi l'aumento della germinazione, mediante un trattamento combinato di nitrato e ammonio, risulta più alto che con gli ioni separatamente somministrati. Recenti esperimenti, condotti sul pino d'Aleppo ma anche su altre specie mediterranee, suggeriscono che la stimolazione della germinazione da parte del nitrato sia una conseguenza conseguenza del suo effetto sull'attività della lipasi mediato dall'acido gibberellico (GA). Quest'ultimo induce la degradazione dei prodotti di riserva nei semi mediante processi metabolici nei primi stadi di germinazione. In particolare, il  $\text{GA}_3$  indurrebbe e stimolerebbe l'attività della lipasi in semi che accumulano lipidi come prodotti di riserva. Gli ossidi di azoto stimolano la germinazione, invece, mediante l'ossidazione della cuticola sub-dermale e mediante l'aumento della sua permeabilità.

Sebbene il fuoco sia necessario per i semi di molte specie caratteristiche della macchia mediterranea, un eccessivo riscaldamento potrebbe uccidere i semi. Numerosi studi hanno evidenziato, infatti, una maggiore abbondanza di semi in quei siti dove è stato più basso il riscaldamento del suolo. Incendi molto frequenti, però, possono causare l'esaurimento della banca semi presente nel terreno, se il tempo di ritorno tra due eventi successivi non è sufficientemente lungo da permettere alle piante di giungere all'età riproduttiva e riaccumulare nuovamente nuovi semi.

L'optimum di germinazione per il *Pinus halepensis* si ha a 20 °C al buio. Per la germinazione non è necessario uno shock termico; inoltre, un moderato shock termico (al di sopra dei 150 °C per un minuto) non inibisce la germinazione mentre un riscaldamento a più di 150 °C per 5 minuti risulta letale. La germinazione è favorita dalla luce bianca durante le ore del giorno o dalla luce rossa continua, mentre risulta inibita dalla radiazione del rosso-lontano, dall'elevato stress osmotico e dalla stratificazione. Questi risultati indicano che la germinazione del pino d'Aleppo non è dipendente direttamente dal fuoco, ma è abbondante nelle condizioni del post-incendio. L'insieme degli effetti del fuoco sulla germinazione è comunque in larga parte specie-specifico (Figura 2.15). Alcune specie come il pino d'Aleppo, ad esempio, germinano dopo il fuoco solo quando il suolo

risulta completamente coperto da una coltre di cenere. Tuttavia uno strato di 2 cm di cenere inibisce la germinazione del *P. halepensis*, del *Cistus* e di altre specie, mentre aumenta, per il rilascio di etilene, quale composto attivo del fumo, la germinazione di *Rhus coriaria*, con azione antagonista rispetto all'inibizione causata dall'alto pH della cenere. È stato suggerito che il fattore di stimolazione negli estratti di cenere sia di natura inorganica. L'elevato valore di pH della cenere deve essere neutralizzato dalla CO<sub>2</sub> atmosferica al fine di permettere l'avvio della stimolazione. Se la cenere, con elevato valore di pH, rimane isolata dalla CO<sub>2</sub> atmosferica, l'inibizione della germinazione supera l'effetto di stimolazione.

Il fuoco può indurre la germinazione dei semi anche attraverso l'attivazione dei sistemi del fitocromo determinata da un più favorevole rapporto rosso lontano e rosso vicino per rimozione della copertura fogliare, che determina una maggiore penetrazione della luce al suolo.

Recenti studi stanno testando l'ipotesi che gli effetti del fuoco sulla germinazione dipendano anche dalla grandezza dei semi. Esiste una forte relazione tra la grandezza dei semi e la risposta all'intensità degli incendi (Figura 2.16). Temperature letali penetrano progressivamente a maggiori profondità con l'aumentare dell'intensità del fuoco. Le specie che possiedono semi piccoli possono essere eliminate da fuochi di elevata intensità perché non possiedono sufficienti riserve per emergere dalle profondità al di sotto della superficie di suolo bruciata. Le specie che invece possiedono semi grandi possono emergere da maggiori profondità nel suolo; tuttavia possono avere difficoltà a germinare se le temperature del suolo scendono al di sotto del *range* necessario a stimolare la germinazione.

#### **2.3.4. Risposte ecofisiologiche**

*F. Manes, F. Capogna*

Gli incendi possono influenzare la dinamica, la struttura e l'ecofisiologia della vegetazione in modo diverso da un ecosistema a un altro a seconda delle caratteristiche spazio temporali del regime del disturbo, della natura dell'ambiente fisico e delle strategie di risposta delle diverse specie. Durante un incendio le piante, anche se non direttamente investite dalla fiamma, subiscono un trauma termico che in molti casi si traduce in una diminuzione sostanziale dell'accrescimento. È noto infatti, come temperature sub-letali danneggino l'apparato fotosintetico: una temperatura di 60 °C viene considerata letale per la maggior parte dei tessuti vegetali. Sono state osservate in alcune specie di graminacee temperature letali tra 60-75 °C, e nel leccio effetti letali a 60 °C per 30 minuti.

Comunque, le comunità arbustive mediterranee hanno sviluppato alcuni meccanismi che permettono loro di adattarsi al fuoco e di rendere l'ecosistema mediterraneo resiliente all'incendio. Grazie alle loro particolari strategie rigenerative, alcune sclerofille come *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus*, *Erica arborea* e *Phillyrea latifolia* mostrano una rapida crescita vegetativa appena dopo un anno dall'incendio, ricostituendo la macchia mediterranea preesistente dopo appena otto anni dall'evento distruttivo. Le condizioni climatiche, in special modo le precipitazioni, verificatesi nell'autunno e nella primavera successivi al fuoco, sono molto importanti per la ripresa della vegetazione.

Durante la ricostituzione della vegetazione, i cambiamenti strutturali che si verificano in una comunità vegetale dopo il passaggio del fuoco, sono da attribuire a modificazioni di alcune caratteristiche ecofisiologiche delle specie interessate al disturbo. Infatti, nelle specie che presentano una strategia rigenerativa di tipo vegetativo, il processo di ricolonizzazione del suolo inizia dal basso, grazie alla presenza delle gemme ipogee, fino a quando si ricostituisce la condizione iniziale. Il grado di tolleranza alla sciafilia, piuttosto basso da parte delle specie sclerofille, impone un limite nella produzione fogliare, così che la biomassa fogliare prodotta dopo il fuoco, viene distribuita verticalmente in relazione alle variazioni di illuminazione, cui corrispondono variazioni nelle caratteristiche morfologiche delle foglie stesse. Nel primo anno della fase giovanile delle piante si può osservare un aumento della superficie fogliare negli strati più bassi. Il fenomeno è stato

descritto studiando la ripresa di due specie mediterranee, *Quercus coccifera* e *Pistacia lentiscus*, riscontrando nei primi mesi dopo il fuoco valori di LAI (*Leaf Area Index*) rispettivamente di 4 e 9 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> per gli strati bassi, e dopo alcuni anni una inversione di tendenza con valori maggiori per gli strati alti rispetto a quelli inferiori. Questo dimostra che la comunità tende a una struttura eliofila, esponendo una maggiore superficie fotosintetica negli strati più alti, maggiormente esposti alla radiazione solare. Parallelamente, sono state registrate anche variazioni nella densità stomatica, in quanto immediatamente dopo il fuoco il numero degli stomi per superficie fogliare diminuisce in modo significativo, per poi aumentare negli anni successivi. Ciò è molto importante in relazione al fatto che la densità stomatica è un parametro correlato con la diffusione del vapore acqueo e della CO<sub>2</sub>: maggiore è la superficie traspirante maggiore sarà la conduttanza ai gas e più rapido sarà il controllo stomatico in risposta a un probabile deficit idrico ambientale. Negli strati inferiori, quindi, dove si concentra la superficie fotosintetica, l'uso dell'acqua viene ottimizzato in condizioni di disponibilità, mentre vi è un risparmio di acqua nel momento in cui si verifica un deficit idrico. È stato più volte dimostrato che l'aumento della superficie fotosintetica è accompagnata da un incremento della fotosintesi e da un miglioramento delle relazioni idriche. La rimozione della copertura vegetale diminuisce la superficie di traspirazione e di conseguenza la perdita di acqua. Inoltre, un esteso sistema radicale della vegetazione preesistente insieme a un basso valore di LAI conseguente al passaggio del fuoco causano una maggiore disponibilità idrica per i ricacci vegetativi; questo miglioramento delle relazioni idriche conduce a più elevati valori di conducibilità stomatica al vapore acqueo e a un maggiore assorbimento di CO<sub>2</sub>.

È molto importante sottolineare il fatto che il fuoco non provoca variazioni a livello del sistema fotosintetico, ma che la più elevata produttività è riconducibile ad una maggiore disponibilità delle risorse, quali acqua, nutrienti, radiazione luminosa, tutte legate a una diminuzione della competizione tra le piante nelle aree bruciate. Infatti, il fuoco favorisce il rilascio di molti nutrienti dalla vegetazione e dallo strato organico superficiale del suolo, aumentando la loro disponibilità, specialmente di azoto. Elevati livelli di nutrienti possono condurre a maggiori concentrazioni di enzimi, a più alti tassi di traspirazione e a una migliore *performance* fotosintetica. Numerosi studi hanno evidenziato una correlazione positiva tra disponibilità di azoto, fosforo e potassio e il tasso di fotosintesi e tra il contenuto di azoto fogliare e la *performance* fotosintetica.

La maggiore disponibilità di acqua e di azoto può influenzare l'efficienza nell'uso dell'acqua (WUE: *water use efficiency*, quantità di CO<sub>2</sub> fissata/quantità di H<sub>2</sub>O perduta) e l'efficienza nell'uso dell'azoto fotosintetico (NUE: *Photosynthetic Nitrogen Use Efficiency*, velocità di assimilazione carbonica/grammi di azoto fogliare). Il mantenimento dell'apertura stomatica nei ricacci sotto condizioni stressanti, può essere vantaggioso in termini di fissazione della CO<sub>2</sub>. Inoltre i ricacci di numerose specie studiate, rispetto ai controlli, mostrano un contenuto di azoto fogliare più elevato e una correlazione negativa tra NUE e WUE ( $r = -0,8$ ). Ciò suggerisce che, nei ricacci, vi è una più alta capacità fotosintetica e che il mantenimento della conduttanza durante l'alta irradiazione, dovuta alla più alta disponibilità di acqua, ha come conseguenza una più elevata efficienza nell'uso dell'azoto a costo di una minore efficienza nell'uso dell'acqua. Anche in esperimenti condotti nel *chaparral* californiano è stato possibile osservare che i ricacci di alcuni arbusti, oltre ad avere una migliore *performance* fotosintetica, hanno una maggiore sopravvivenza ed un più veloce allungamento dei germogli, rispetto alle piante di controllo. Ciò può essere spiegato in quanto i ricacci conservano il sistema radicale esteso della pianta "originale", in grado di fornire una grande quantità di acqua ai germogli, persino durante una forte siccità estiva. Nel momento in cui la siccità procede, le piante di controllo subiscono una graduale riduzione dello stato idrico, seguito da un rapido recupero all'inizio delle prime piogge autunnali, mentre i ricacci subiscono solo dei lievi cambiamenti stagionali dello stato idrico, proprio per la differenza esistente tra i sistemi radicali, molto più profondi ed estesi nei ricacci). Inoltre è stato osservato che l'RWC (*relative water content*) è più alto nei ricacci che nel controllo a conferma dell'aumentata disponibilità di acqua che viene fornita dall'apparato radicale ai piccoli germogli dei ricacci oppure all'aumentata conduttività



idraulica dal suolo alla foglia. Studi condotti su specie che emettono polloni dopo il passaggio del fuoco (*Quercus ilex*, *Arbutus unedo*, *Phillyrea* sp.) hanno evidenziato, inoltre, tassi di ribulosio-bifosfato-carbossilasi e di enzimi legati alla performance fotosintetica, molto più alti rispetto alle piante non incendiate.

L'aumento della fotosintesi netta nel post-incendio potrebbe, quindi, essere il risultato sia dell'aumento di nutrienti nel suolo, sia del miglioramento delle relazioni idriche. Inoltre, la maggiore disponibilità di risorse trofiche (radiazione solare e nutrienti, per lo più azoto) è anche il risultato di una ridotta competizione tra le piante dopo il passaggio del fuoco.

Queste risposte risultano molto comuni tra tutte le specie degli ecosistemi di tipo-Mediterraneo. Tuttavia, studi riguardanti le risposte fisiologiche della vegetazione dopo il passaggio del fuoco sono stati condotti per lo più su specie del chaparral californiano, mentre si hanno poche informazioni sugli ecosistemi mediterranei europei.

### **2.3.5. Biodiversità vegetale**

*F. Manes, F. Capogna, M. Marchetti*

Lo schema generale di ricostituzione della comunità originaria prevede che nel primo anno successivo all'incendio vi siano poche specie, con predominanza di quelle che si riproducono per via vegetativa. La ricchezza di specie vegetali nel post-incendio raggiunge livelli elevati due o tre anni dopo l'incendio. La ricchezza floristica in queste prime fasi successive all'incendio è addirittura maggiore di quella delle aree non interessate da tale disturbo, anche se prevalentemente dovuta alla colonizzazione di specie esogene annuali o biennali, estranee alla comunità. Successivamente, la biodiversità vegetale dopo il terzo anno subisce un declino e una successiva stabilizzazione. Comunque la risposta al disturbo prodotto dagli incendi è da mettere in relazione al tipo e alla storia evolutiva delle diverse comunità. Vi sono comunità vegetali in California, in Sud Africa e nello stesso bacino del Mediterraneo adattatesi al fuoco e senza il quale vanno incontro a una rapida involuzione. Il fuoco, quindi, viene suggerito da molti autori come strumento di gestione per molti biomi mediterranei o subaridi. La frequenza del fuoco e la stagione sono altrettanto importanti. Una frequenza moderata generalmente determina la maggiore diversità floristica. Quando la frequenza degli incendi in un ecosistema è alta, l'incendio può produrre una forte riduzione delle specie che costituivano la fitocenosi, favorendo specie pioniere più tolleranti, che a loro volta possono alterare il regime degli incendi aumentando la frequenza. Questo meccanismo porta rapidamente alla sostituzione della comunità originaria.

Nel corso del post-incendio, invece di un serie di stadi caratterizzati ciascuno da determinate specie vegetali che si sostituiscono in successione le une alle altre, si verifica un ritorno verso le comunità iniziali metastabili. Tale fenomeno può essere definito un'autosuccessione e in molti casi avviene in tempi relativamente brevi.

L'evoluzione post-incendio della vegetazione mediterranea segue un modello detto della *composizione floristica iniziale*. Tuttavia, per altri tipi di vegetazione presenti sul territorio italiano, il ripetersi degli incendi causa un cambiamento nella fisionomia della vegetazione: la copertura boschiva diminuisce e aumentano le specie erbacee e arbustive eliofile. Alcune caratteristiche delle singole specie tra le quali le rispettive strategie di sopravvivenza, la forma biologica, la capacità pollonifera, la capacità di disseminazione e il tipo di vettore utilizzato, sono decisive per la loro futura sorte. È stato evidenziato, recentemente, un aumento delle comunità a graminacee e una riduzione della componente arborea e arbustiva quando queste ultime sono altamente disturbate, e particolarmente quando gli incendi sono intensi e frequenti. In uno studio condotto in ambito mediterraneo si è notato come la densità di plantule e piante adulte di *Ampelodesmos mauritanica* sia più alta in relazione a un aumento della frequenza degli incendi. Tale processo potrebbe essere associato con una più elevata capacità rigenerativa, un maggiore tasso di sopravvivenza dopo l'incendio e con la caratteristica di possedere un vantaggio competitivo nei confronti delle altre specie arbustive

(*Brachypodium retusum*, *Quercus coccifera*, *Rosmarinus officinalis*) o con la capacità di evitare l'esclusione competitiva operata da altre specie più grandi e caratteristiche degli stadi successionali più avanzati. Inoltre, sebbene le graminacee presenti in ambito mediterraneo siano caratterizzate da un basso carico di combustibile, *Ampelodesmos* raggiunge una grandezza considerevole, accumula una grande quantità di foglie morte e produce dei carichi di combustibile considerevoli. Un'elevata densità di questa specie, quindi, può favorire un aumento della diffusione, della frequenza e dell'intensità di un incendio.

Un aumento della frequenza degli incendi determina un incremento dell'effetto selettivo del fuoco. Nel caso in cui ci sia un regime di incendi relativamente elevato, il numero di specie vegetali in grado di sopravvivere diminuisce come evidenziato in una stazione posta al Sud delle Alpi della Svizzera. I risultati di queste ricerche hanno consentito di attribuire un indice di sensibilità al fuoco ai singoli *taxa* analizzati. Si è potuto così dimostrare il ruolo determinante che tale disturbo ha avuto e continua ad avere nell'evoluzione della vegetazione del Sud delle Alpi della Svizzera. In quest'area, infatti, il fuoco ha determinato un impoverimento generale della vegetazione forestale (riduzione soprattutto delle specie sensibili al fuoco) e, in alcuni ambiti ristretti, l'estinzione di una specie particolarmente sensibile come *Abies alba*. È stato dimostrato mediante l'applicazione di modelli, che nella seconda parte dell'Olocene il fuoco e le attività antropiche hanno rappresentato i fattori di maggiore impatto sulla vegetazione anche nell'area più settentrionale della Lombardia. Sulla base di questi studi, sono state riconosciute quattro principali tipologie comportamentali che identificano i diversi *taxa* studiati:

- *taxa* in regressione (p.es. *Abies*, *Fraxinus excelsior* t., *Tilia*, *Ulmus*, *Hedera*, *Vitis*): generi molto sensibili al passaggio del fuoco;
- *taxa* in espansione (p.es. *Corylus*, *Alnus*, *Salix*, *Sambucus nigra* t., *Humulus* t.): evidenziano un'elevata capacità rigenerativa (probabilmente di tipo agamico);
- *taxa* opportunisti (p.es. *Anemone*, *Trifolium repens*, *Mentha* t., *Cichorideae*, *Rosaceae*): questi *taxa* traggono probabilmente vantaggio dalle strutture più aperte e luminose del bosco nei primi anni dopo il passaggio del fuoco;
- *taxa* precursori (p. es. *Plantago lanceolata*, *Quercus* (decidue), *Pteridium*, *Caryophyllaceae*, *Poaceae*): questi *taxa* sembrano essere in relazione con le attività antropiche e precorrono quindi l'arrivo del fuoco.

La biodiversità degli ecosistemi di tipo mediterraneo è fortemente influenzata dai cambiamenti climatici globali (vd. anche § 2.1.2). La conoscenza circa la fisiologia della ricrescita della vegetazione in relazione al *global change* è relativamente scarsa, mentre maggiori informazioni si hanno riguardo la biologia della rigenerazione in relazione ai cambiamenti nel regime del fuoco. Se, infatti, i cambiamenti climatici causano variazioni nel regime del fuoco, la risposta al fuoco della vegetazione può essere utilizzata per predire gli effetti sulla diversità.

Da studi condotti sulla diversa risposta di alcuni *functional types* caratteristici del *fybos* alle tre componenti del fuoco (frequenza, intensità e stagionalità delle piogge) emerge che:

- soltanto un piccolo numero di specie (~5%) sono a rischio a causa di un aumento della frequenza degli incendi: ciò è dovuto alla scarsità di specie di altezza elevata e quindi a lenta maturazione;
- molte più specie (un quarto del campione) sono potenzialmente a rischio a causa dei cambiamenti nell'intensità degli incendi, perché possiedono dei semi piccoli e non possono riprodursi per via vegetativa, di conseguenza sono molto più soggette alla distruzione della propria banca semi da parte di fuochi a elevata intensità;
- la più grande perdita di biodiversità dovrebbe essere la conseguenza dei cambiamenti nella stagionalità delle piogge che partecipano ai cambiamenti nella stagionalità del fuoco; gli effetti diretti di tali cambiamenti climatici potrebbero essere anche più distruttivi: per esempio attraverso variazioni nella fenologia della crescita e della riproduzione, nell'attività

impollinatrice e disseminatrice.

### 2.3.6. Struttura della cenosi vegetale

F. Manes, F. Capogna, M. Marchetti

La combinazione tra frequenza degli incendi e stagione conduce a un cambiamento nella struttura della vegetazione. In seguito all'incendio, la maggior parte delle specie vegetali presenti prima di tale disturbo prende parte a una successiva rigenerazione (Figura 2.17): la tendenza muove verso la ricostituzione di un "facsimile della comunità originaria" o *autosuccessione*. La natura della sequenza di specie dominanti che ricostituiranno la comunità dipende dalle condizioni precedenti il disturbo, dall'habitat e dalle condizioni ambientali dopo il passaggio del fuoco. Per quanto riguarda gli arbusti, incendi molto frequenti causano una maggiore riduzione della quantità della fitomassa prodotta mentre inducono una maggiore produzione di biomassa in piante erbacee. Inoltre la quantità di fitomassa prodotta è minore se l'incendio si verifica in autunno. Le piante erbacee sono favorite dagli incendi autunnali e più in particolare quando gli incendi avvengono ogni due anni.

La diminuzione in quantità delle specie arbustive potrebbe essere causata da una diminuzione delle riserve di carboidrati degli organi sotterranei, i quali giocano un ruolo molto importante nei processi di ricaccio e crescita.

Per quanto concerne gli effetti sulla biomassa epigea, il passaggio del fuoco comporta un immediato danno strutturale alla comunità vegetale percorsa da incendio e nelle successive fasi di recupero. Quando la frequenza degli incendi è moderata, le variazioni strutturali della vegetazione legnosa tendono, attraverso una serie di stadi, a ripetersi dopo ogni incendio e a ricostituire l'assetto della vegetazione precedente il fuoco. Nel caso invece di fuochi che si succedono con frequenza elevata, si ha la tendenza della vegetazione bruciata a trasformarsi in una vegetazione a mosaico con un assetto diverso da quello originario.

Dopo il passaggio del fuoco la vegetazione comincerà a ricoprire la superficie del terreno, diventerà sempre più densa e complessa con una molteplicità di strati secondo un processo denominato *cicatrizzazione*. Il fenomeno si può articolare in tre fasi:

- rioccupazione dello spazio;
- competizione tra specie, per ristabilire la situazione pre-esistente;
- stabilizzazione (quando sarà raggiunto l'equilibrio metastabile comparabile con quello iniziale).

Immediatamente dopo un incendio, in tutte le comunità vegetali è possibile osservare un accrescimento verticale che si manifesta mediante un progressivo trasferimento di fitomassa dagli strati bassi verso quelli alti. In particolare, nei popolamenti forestali l'importanza della fitomassa, localizzata all'inizio negli strati inferiori (0-50 cm), diminuisce progressivamente, mentre aumenta quella degli strati superiori (2-4m).

Alla ricolonizzazione dello spazio percorso dal fuoco partecipano specie perenni capaci di rinnovarsi per seme e per ricaccio vegetativo, specie perenni capaci di rinnovarsi solo per seme e specie annuali o biennali che si rinnovano per solo seme.

Sembra che le specie arbustive e erbacee del bacino del Mediterraneo non abbiano nessun problema dal punto di vista riproduttivo, dal momento che le specie *sprouters* (pollonifere) tendono a essere le più comuni e dominanti, possiedono impollinatori generici e abbondanti, e non sono limitate nella presenza e produzione di semi.

Negli ecosistemi di tipo mediterraneo gli incendi frequenti (ogni 3-10 anni) generalmente favoriscono le specie *sprouters*, mentre incendi meno frequenti (intervalli >10 anni) tendono a favorire le specie *non-sprouting*. Nella regione mediterranea solo il 6-10% delle specie perenni sono a disseminazione obbligata, mentre la maggior parte è in grado di emettere ricacci; grazie a tale caratteristica le specie a riproduzione vegetativa rioccupano rapidamente lo spazio e impediscono alle specie

pioniere di colonizzare lo spazio percorso dal fuoco. Pertanto è la capacità di resistere al passaggio del fuoco delle specie perenni che determina, in via preferenziale, la ricostituzione delle fitocenosi.

È stato ipotizzato, inoltre, che all'aumentare della concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera e dell'evapotraspirazione in conseguenza del cosiddetto *Global Change*, le specie ricaccianti dovrebbero essere maggiormente vigorose, mentre un aumento dell'aridità del suolo potrebbe indurre una diminuzione della germinazione e della sopravvivenza delle plantule.

Tuttavia, prima di generalizzare qualsiasi modello per la previsione del successo delle differenti strategie riproduttive, è necessario considerare i vari *life traits* simultaneamente (la tolleranza all'ombreggiamento, la longevità delle piante, la dormienza dei semi, la serotinia) delle specie caratteristiche degli ecosistemi di tipo mediterraneo.

### 2.3.7. Micorrize

G. Puppi

La risposta delle micorrize al passaggio del fuoco, e quindi il loro contributo alla ripresa della vegetazione, sebbene legata in qualche misura alle caratteristiche del fuoco stesso, è da mettere in relazione con maggior significato con le variazioni nello stato nutrizionale, e soprattutto dei composti di carbonio e azoto nel suolo (vd. § 2.2.2). Ogni tipo micorrizico tenderà a rispondere al fuoco secondo gli adattamenti specifici e specie vegetali associate. Altre interazioni biotiche (es. *Streptomyces*) possono ulteriormente influire sull'attività micorrizica.

Le associazioni micorriziche rappresentano una componente fondamentale degli ecosistemi, giocando un ruolo di mediatori nel flusso dei nutrienti (Figura 2.18).

La comunità microbica del terreno non è distribuita omogeneamente all'interno del volume di suolo, ma piuttosto in isole di intensa attività centrate su sorgenti di energia: radici, micorrize e ife micorriziche. Queste interagiscono nella rizosfera, lo spazio comprendente i tessuti esterni della radice (epidermide e parenchima corticale), la superficie della radice e il suolo che la circonda, in un "network sotterraneo".

All'interno della rizosfera vivono, in un complesso tessuto alimentare, funghi, batteri, alghe, protozoi, nematodi e microartropodi: in una rizosfera "sana" esiste un bilancio dinamico tra piante, funghi micorrizici e altri organismi le cui interazioni sono "stabili" contro perturbazioni esterne. La rottura di questo equilibrio può portare a interazioni parassitiche: le micorrize giocano un ruolo importante in questo bilancio, poiché mediano l'interazione tra piante e influenzano la struttura del suolo.

A seconda delle specie vegetali e fungine coinvolte, nonché delle caratteristiche dell'associazione, distinguiamo diversi tipi di associazione micorrizica. Le *micorrize vescicolari-arbuscolari (VAM)*, o semplicemente micorrize arbuscolari, sono le associazioni maggiormente diffuse, con circa l'80% delle specie vegetali che forma questo tipo di micorrize. I funghi formanti VAM appartengono all'ordine delle *Glomales*, Zigomiceti, e sono quindi caratterizzati dall'assenza di setti nel micelio.

Le *ectomicorrize (ECM)* sono caratterizzate dalla presenza di un mantello formato di ife strettamente intrecciate attorno agli apici radicali. Le ectomicorrize sono il tipo maggiormente diffuso tra le specie forestali dominanti dei boschi temperati boreali, ed è per questo che, nonostante il basso numero di specie coinvolte (3-5% del totale), sono state e sono tuttora molto studiate. Fra le specie vegetali che formano questo tipo di associazione simbiotica troviamo le famiglie delle Pinacee, Fagacee, Corylacee, Betulacee, e alcune Cistacee. Esistono inoltre alcune specie in grado di formare sia ectomicorrize che micorrize vescicolari-arbuscolari quali *Alnus* (Betulacee), *Salix* e *Populus* (Salicacee), *Tilia*, *Acer*, *Crataegus*, *Prunus*, *Sorbus*. I funghi formanti ectomicorrize sono Basidiomiceti o Ascomiceti; la composizione delle comunità dei funghi micorrizici sembra essere legata al tipo di terreno, allo stadio di maturità dell'impianto forestale e agli effetti dell'inquinamento atmosferico.

### *Strategie di controllo e disturbo*

Una strategia di tipo evolutivo/successionale consiste nella capacità del sistema di aumentare il controllo dell'ambiente fisico (omeostasi), allo scopo di raggiungere la massima protezione dalle perturbazioni è stato ipotizzato che nei primi stadi successionali o negli habitat disturbati, i nutrienti siano primariamente di origine abiotica, gli ecosistemi tendano ad avere elevati livelli di entropia e le simbiosi non siano ben sviluppate. Al contrario, gli stadi più maturi sono caratterizzati da un elevato grado di simbiosi, nutrienti organici limitati e bassi valori di entropia.

Negli ecosistemi mediterranei le specie vegetali presentano strategie adattative che minimizzano le perdite idriche e massimizzano l'acquisizione delle risorse; tra queste, le modificazioni e specializzazioni dell'apparato radicale e quindi la presenza dei diversi tipi micorrizici, ognuno con le proprie caratteristiche evolutive e funzionali, rappresentano un modo per migliorare i meccanismi di assorbimento dei nutrienti e quindi di efficienza ecologica. In questo senso i dati e le considerazioni rispetto alle specie mediterranee sono particolarmente interessanti. È stata ipotizzata una distinta storia evolutiva e significato adattativo per le micorrize vescicolari-arbuscolari e le ECM, considerando queste ultime come un adattamento secondario molto più specializzato. Di fatto, i Basidiomiceti sono molto più evoluti rispetto al gruppo delle Glomales a cui appartengono i funghi che formano VAM, e in particolare rispetto alla tolleranza alla siccità e all'immagazzinamento dei nutrienti.

L'approccio ecologico-comparativo permette di collegare le strategie dei funghi micorrizogeni con quelle delle piante ospiti. Riprendendo i concetti di "strategie" in rapporto a condizioni di stress e disturbo, è stata ipotizzata la seguente successione, evidenziando il ruolo strategico della micotrofia delle piante ospiti nel modello di successione temporale in seguito a disturbo:

- ruderali: non micorriziche, pioniere;
- competitive: micorriziche facoltative, intermedie;
- stress-tolleranti: micorriziche obbligate, fasi mature.

Il post-incendio può essere studiato sia analizzando le successioni, sia considerando gli effetti nutrizionali del fuoco. Alcuni studi sulle successioni mostrano che il tempo di ripresa di una pianta può essere correlato alla profondità degli organi di rigenerazione. Normalmente infatti le strutture ipogee sopravvivono al fuoco. Il fuoco costituisce inoltre un mezzo, e spesso è utilizzato appunto a questo fine, per mobilitare elementi nutritivi conservati nella lettiera e nella stessa biomassa.

In base a queste considerazioni, appare evidente che la componente strutturale costituita dalla simbiosi micorrizica può giocare un ruolo molto importante nella resilienza di una comunità vegetale interessata da incendio. Ciò è possibile sia per la posizione ipogea e quindi meno interessata agli effetti diretti del fuoco, sia per le capacità di connessione tra apparati radicali di individui e specie vegetali diverse che può essere operata dalle ife dei funghi micorrizogeni.

### *Effetti del fuoco sulla colonizzazione micorrizica*

Gli studi sugli effetti del fuoco sulle micorrize forniscono risultati in parte contrastanti. L'aumento di temperatura ha di per sé effetti sui funghi micorrizici: È stato riscontrato che la colonizzazione VAM è moderatamente influenzata a temperature del suolo inferiori a 50 °C, significativamente ridotta tra 50 e 60 °C, e drasticamente ridotta quando le temperature raggiungono 80-90 °C. A 94 °C si registra una perdita assoluta di VAM. L'umidità del suolo al momento del fuoco influisce sulla sopravvivenza delle VAM, in quanto nei suoli asciutti si raggiungono temperature più elevate. Analogamente, è stata osservata la colonizzazione micorrizica su *Trifolium subterraneum* in suoli sottoposti a riscaldamento. Un incendio era simulato ponendo sulle superfici di vasi delle piastre riscaldate: la temperatura in superficie raggiungeva i 200 °C, a 5 cm circa 70 °C, e a 10 cm non superava i 45 °C. La percentuale di colonizzazione risultava immutata nei terreni che avevano raggiunto i 45 °C, e significativamente ridotta negli altri due casi. Tuttavia, è stato riportato che il

fuoco, in una prateria, aumenta momentaneamente l'attività micorrizica.

D'altra parte, esaminando aree boschive in Spagna un anno dopo un incendio, sono stati trovati livelli di infezione micorrizica inferiori nelle specie erbacee cresciute nelle aree incendiate, rispetto ai livelli riscontrati nelle aree limitrofe non bruciate. Altri studi trovarono invece che i livelli di colonizzazione VAM in *Schizachyrium scoparium* erano significativamente ridotti dal passaggio del fuoco, ma aumentavano significativamente dopo una stagione di crescita. Questi dati suggeriscono che la risposta al fuoco delle micorrize vescicolari-arbuscolari può essere più legata agli effetti sulla pianta o sul suolo che a effetti diretti del fuoco stesso. Raramente infatti le temperature del suolo raggiungono valori tali da avere effetti diretti, mentre almeno una parte delle radici e delle popolazioni di funghi VAM rimangono vitali. In alcuni casi si osserva addirittura una stimolazione della crescita delle piante.

#### *Effetti del fuoco sulla composizione della comunità micorrizica*

Fuochi naturali e prescritti possono influire sul mosaico spaziale sia delle micorrize vescicolari arbuscolari che delle ectomicorrize. In particolare è stata riscontrata una ripresa molto lenta tanto dei livelli di micorrizzazione che della vegetazione; vi è accordo sul fatto che negli ecosistemi boschivi il fuoco più intenso e prolungato può determinare danni maggiori alle micorrize che non nelle praterie.

I metodi molecolari resisi negli ultimi anni disponibili hanno consentito di approfondire ulteriormente tali osservazioni. Studiando l'effetto di fuochi prescritti sullo stato micorrizico di una foresta di *Pinus ponderosa*, è stato riportato che nei campioni delle parcelle non bruciate non sussistono variazioni significative da un anno all'altro e tra l'orizzonte organico e quello minerale del suolo. Nei campioni delle parcelle bruciate viceversa, mentre non si rilevano differenze negli orizzonti minerali, la biomassa micorrizica fu ridotta a un ottavo. La composizione e la distribuzione delle popolazioni fungine mostra, anche nelle parcelle non bruciate, una certa irregolarità di distribuzione e di frequenza da un anno all'altro. Nelle parcelle bruciate si osserva una notevole riduzione per tutte le specie, ma particolarmente più rilevante per le specie dominanti prima dell'incendio, e particolarmente negli strati organici, mentre specie prima poco rappresentate, come ad esempio *Rhizopogon subcaerulescens* e *Cenococcum geophilum*, risultano non significativamente ridotte dal fuoco.

Analogamente, studiando la struttura delle comunità ectomicorriziche di una foresta di *Pinus muricata*, è stato riportato che la comunità ipogea della foresta matura è costituita da Russulaceae, Thelephorales e Amanitaceae, mentre i propaguli resistenti appartengono a *Rhizopogon* e Ascomycota. Gli autori suggeriscono d'altra parte che le differenze riscontrate nelle preferenze per le risorse (strati organici o minerali) e nelle strategie di colonizzazione (diffusa o localizzata) costituiscono un mezzo per mantenere la ricchezza in specie di una comunità.

Altri autori hanno esaminato la composizione delle comunità fungine ectomicorriziche in una foresta di *Pinus sylvestris*, confrontando, oltre che le comunità di aree percorse e non da incendio, anche la comunità ipogea con gli sporocarpi formati. In questo caso è emersa una notevole continuità nella composizione in specie nelle aree percorse da incendi di bassa intensità, anche se la distribuzione spaziale risulta alterata. In ogni caso la composizione della comunità ipogea dei funghi ECM non rispecchia quella basata sull'osservazione degli sporocarpi prodotti.

#### *Incendi, tipi micorrizici e interazioni biologiche*

Anche la risposta dei diversi tipi micorrizici può essere diversa: la riduzione di ECM spesso riscontrata può essere dovuta, oltre che a un impatto diretto sugli strati più superficiali del suolo, a un minor apporto di carboidrati, determinato dalla distruzione degli organi fotosintetizzanti delle piante ospiti. Al contrario, le specie VAM possono risentire meno di tale mancanza, perché essendo meno specializzate ma più conservative, possono formare simbiosi con molte più specie ospiti, a seconda del vantaggio che ne traggono. Inoltre queste ultime, connettendo apparati radicali

di specie e individui diversi, possono contribuire alla rigenerazione della vegetazione, agendo come vera componente strutturale dell'intera comunità (superorganismo) e promuovendo un aumento della diversità.

Il fuoco peraltro modifica la composizione anche delle comunità fungine vescicolari arbuscolari. Sono stati riportati, per una prateria nordamericana, non solamente una riduzione della ricchezza in specie micorriziche vescicolari arbuscolari, ma anche un aumento dell'abbondanza di spore delle specie resistenti.

Anche la possibilità di ospiti alternativi non sembra essere una regola assoluta. Studiando l'influenza della frequenza del fuoco sulla micorrizzazione della leguminosa arbustiva *Dillwynia retorta* si è visto che la colonizzazione sembra correlata soprattutto con l'abbondanza della pianta ospite, mentre altri potenziali ospiti non sembrano aver effetto sulla stato micorrizico di *D. retorta*.

Ulteriori interazioni biotiche possono tuttavia portare a effetti diversi: ad esempio, anche in presenza di propaguli, la ridotta qualità nutrizionale nel suolo, da essudati radicali a materiale lignocellulosico, può favorire lo sviluppo di *Streptomyces* più che di altri microorganismi, inibendo la formazione di micorrize.

### **2.3.8. Risposta degli organismi patogeni al fuoco**

*S. Mazzoleni, A. Esposito*

Il fuoco può svolgere un ruolo positivo per le piante, poiché si traduce in un effetto dannoso per molti organismi patogeni. Un effetto diretto del fuoco è dovuto alla distruzione di molti funghi patogeni associati alla lettiera; per questo motivo l'esplosione di plantule dopo un incendio può essere attribuita anche alla distruzione a opera del fuoco dei marciumi radicali e di funghi che decompongono i semi. Viceversa alcune malattie possono aumentare poiché l'incendio rende più vulnerabili le piante; ad esempio, le cicatrici da incendio creano comunemente dei siti più vulnerabili alle infezioni di patogeni e attacchi di insetti. Queste differenti risposte degli organismi patogeni al fuoco sembrano dipendere dalle sostanze prodotte nel processo di combustione. Esse possono infatti avere azione stimolante o inibente sulle popolazioni di patogeni a seconda della natura chimica del combustibile, dell'intensità del fuoco, e delle condizioni ambientali in cui si verificano la deposizione e la ritenzione dei composti chimici prodotti. Anche il fumo prodotto dagli incendi può avere un effetto inibente sulla diffusione di numerosi organismi patogeni.

## **2.4. Effetti sulla fauna**

*S. Mazzoleni, A. Esposito*

Le comunità faunistiche sono strettamente dipendenti dalla vegetazione, sia per il cibo che per la ricerca di zone di rifugio e nidificazione. Esiste quindi una stretta relazione tra incendi, vegetazione e comunità animali. Gli incendi infatti determinano sulle comunità animali sia effetti diretti che indiretti.

Gli effetti diretti dovuti all'azione delle fiamme e della temperatura si manifestano con modalità di risposte dipendenti essenzialmente dal grado di mobilità degli animali. Gli animali mobili possono fuggire nelle aree limitrofe prima dell'arrivo del fronte delle fiamme, ma quelli immobili che non hanno zone di rifugio possono soccombere. La maggior parte degli invertebrati può tuttavia sfuggire all'azione diretta del fuoco attraverso la protezione del suolo. Queste differenti risposte sono ovviamente correlate al tipo di incendio; infatti, gli incendi rapidi di elevata intensità e con considerevole altezza delle fiamme possono uccidere un notevole numero di invertebrati e vertebrati. Inoltre gli incendi che ricorrono nella stagione della riproduzione possono alterare in modo profondo la densità delle comunità animali.

Gli effetti indiretti sulla componente animale sono determinati dai cambiamenti della vegetazione, attraverso l'alterazione indotta dagli incendi sulla sua composizione in specie, produttività e struttura. Questi effetti sono estremamente variabili in relazione alle caratteristiche della vegetazione, dell'incendio e alle strategie adattative sviluppate dalle singole specie. Ogni gruppo tassonomico risponde in modo diverso alle diverse condizioni di temperatura e diversa copertura della vegetazione, e in una determinata condizione la risposta di ogni singola specie dipenderà dall'abilità della specie stessa di far fronte ai cambiamenti nell'habitat, causati da un determinato tipo di incendio. Diversi esempi di successioni della fauna di diversi ecosistemi sono riportati dalla letteratura. Ad esempio gli studi condotti sulle popolazioni di micro-mammiferi in diversi ecosistemi hanno evidenziato che la velocità di ricolonizzazione è strettamente dipendente dalle condizioni della vegetazione e dalla specifica capacità di dispersione, riproduzione, strategia demografica e nicchia ecologica delle singole specie (Figura 2.19).

Anche l'avifauna mostra una notevole varietà di risposte, ma tutte correlate alle caratteristiche dei vari stadi di ricolonizzazione della vegetazione. In generale le specie che richiedono un ristretto ambito ecologico mostrano una forte riduzione nel numero di individui, mentre quelle che possono vivere in un più ampio intervallo di variazioni strutturali e floristiche della vegetazione sono meno influenzate dal fuoco (Figura 2.20).

Le dinamiche di ricolonizzazione risultano strettamente correlate al recupero della vegetazione anche per le comunità faunistiche tipiche del suolo (Figure 2.21, 2.22), che in generale presentano una buona capacità di sopravvivenza agli incendi.

In molti ecosistemi il fuoco viene deliberatamente usato per prevenire la naturale successione della vegetazione e mantenere comunità di maggiore utilità ai fini della gestione della fauna. Sin dai primissimi insediamenti umani molte formazioni vegetali (praterie, brughiera, macchia) sono state incendiate per favorire il pascolo degli erbivori. In queste comunità gli incendi, infatti, tendono ad aumentare, nei primi anni, la biodiversità (vd. § 2.3.5) e l'efficienza di foraggiamento.



### 3. ANDAMENTO E CAUSE

#### 3.1. Variabilità degli incendi boschivi

G. Bovio, A. Camia

Gli incendi boschivi non sono tutti dello stesso tipo in tutto il territorio: a seconda delle caratteristiche ambientali e socioeconomiche, prevalgono determinanti causali diverse e determinati comportamenti del fronte di fiamma e quindi può essere più diffusa una tipologia di incendio rispetto a un'altra.

Per sottolineare la variabilità del fenomeno, a livello di grandi categorie e a titolo esemplificativo, si delineano le caratteristiche generali degli incendi e degli interventi in alcune formazioni tra quelle maggiormente colpite nel nostro Paese. Nella macchia mediterranea, dove l'avanzamento del fuoco è solitamente veloce e le fasi di accensione e di accelerazione si sviluppano in rapida successione, si raggiungono i valori più elevati di superficie bruciata nell'unità di tempo. Poiché la biomassa incendiabile rappresenta una frazione della biomassa totale più alta rispetto ad altre coperture, l'emanazione energetica che deriva è assai elevata e ad essa conseguono colonne di convezione molto estese e spesso capaci di disturbare le operazioni di intervento aereo. Per la resilienza della copertura, anche a seguito di fronti di fiamma oltre  $1000 \text{ kcal}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  si afferma velocemente la ricolonizzazione con specie spontanee. Nelle pinete sia mediterranee sia degli orizzonti collinari e montani, il tipo di incendio è caratterizzato spesso da comportamento radente, con passaggi in chioma relativamente frequenti: si presentano spesso, quindi, eventi totali o pulsanti, più raramente l'incendio di chioma indipendente. Le fustaie e i cedui di latifoglie sono colpiti in misura differente, a seconda del periodo dell'anno in cui sono percorsi dal fuoco, del rapporto di biomassa bruciabile/biomassa bruciata e di numerosi altri fattori.

Per descrivere gli eventi che colpiscono le coperture forestali indicate, ci si deve riferire solo ad un andamento generale, poiché a scala più particolareggiata si possono ottenere informazioni solo unendo le variabili meteorologiche, topografiche e di vegetazione: queste a livello di dettaglio fanno parte della descrizione del comportamento del fronte di fiamma (vd. § 4.1).

Gli incendi assumono una variabilità elevata anche nel tempo: prevalgono nel periodo estivo nel clima mediterraneo, caratterizzato da siccità e da riposo vegetativo.

La stagione autunno-invernale è caratterizzata da massima frequenza di incendio in aree alpine o con caratteristiche simili: questo andamento è causato dalla secchezza che si riscontra nei periodi invernali, quando la vegetazione è in stato di riposo e le precipitazioni sono meno abbondanti. Affiancano questa condizione di predisposizione, nelle aree a prevalenza di eventi invernali, venti particolarmente secchi e capaci di diffondere il fuoco, come il *föhn*: si tratta di un vento che si verifica in massima parte tra i mesi di novembre e maggio a ridosso dell'arco alpino. Il manifestarsi di questa meteora dipende da una situazione meteorologica a grande scala a livello europeo, caratterizzata da una cellula di alta pressione e dall'influenza del rilievo (quello alpino) al di qua del quale si deve trovare un'area di depressione. A ridosso dell'arco alpino questa meteora può originare, in tempi relativamente brevi, un abbassamento dell'umidità relativa dell'aria fino al 5% e assumere una velocità molto elevata. In Valle d'Aosta la media dei valori massimi di velocità di questo vento registrati in 13 trimestri è stata di oltre 58 km/h. Questi valori permettono di spiegare come, in concomitanza e immediatamente in seguito al manifestarsi del *föhn*, vi sia spesso elevata diffusione di incendi.

Il fenomeno indicato si manifesta in varie realtà orografiche in tutto il mondo: sono famosi venti di caduta come il *chinooh* e il *santa ana*, caratteristici rispettivamente delle Montagne rocciose e della catena costiera del Nord America. In Europa vi sono differenti aree in cui gli incendi sono largamente influenzati dai venti di caduta che si verificano nel periodo invernale, come la Cordigliera Cantabrica, i Pirenei, i Vosgi; le Alpi sono il rilievo montuoso dove maggiormente si rileva il feno-

meno.

Questo tipo di meteora fa prevalere la frequenza di incendio nel periodo autunno-invernale, stagioni nelle quali, tuttavia, gli incendi si manifestano ove la vegetazione è in riposo vegetativo. Per lo stesso motivo l'andamento è caratterizzato da eventi estivi nelle zone assai più vaste, in cui la siccità e il riposo vegetativo avvengono nei mesi estivi.

### **3.1.1. Incendi boschivi in Europa**

Il panorama europeo assume un andamento caratterizzato dalla forte prevalenza degli incendi nei paesi mediterranei: infatti, la media della superficie percorsa annualmente dagli incendi in tutta Europa è dell'ordine di 550.000 ha, di cui il 95% si verifica nei paesi mediterranei. Sempre a livello europeo si contano mediamente 35.000 incendi all'anno: ciò vuol dire, assumendo il fenomeno regolarmente distribuito nel tempo, 100 incendi al giorno, cioè 5 ogni ora del giorno, per tutto l'anno.

Gli Stati dell'Unione Europea più colpiti dal fenomeno sono Italia, Francia, Grecia, Portogallo, Spagna. In termini di rapporto percentuale fra superficie totale percorsa e superficie forestale, per Francia, Grecia, Portogallo, Spagna, i valori sono rispettivamente pari a 0,6%, 1,2%, 1,8%, 0,4%: il Portogallo presenta la maggiore problematicità in Europa.

Per contro, numerosi sono i Paesi dove il fenomeno degli incendi boschivi si presenta in termini assai più limitati: ne è un esempio la Germania, dove in media sono stati percorsi meno di 1100 ha tra il 1970 e il 1980, e tra il 1981 e il 2000 meno di 1000 ha; in Finlandia negli ultimi 30 anni sono stati segnalati meno di 1000 eventi, con appena 500 ha di superficie percorsa totale.

### **3.1.2. Incendi boschivi in Italia**

In Italia, il fenomeno degli incendi boschivi è diffuso su tutto il territorio, tuttavia assume configurazioni differenti passando da una zona all'altra. Possono essere presi in considerazione differenti parametri tra cui i più indicativi sono il numero di incendi, la superficie percorsa e la superficie media per incendio; quest'ultimo parametro consente di esprimere l'andamento con un giudizio sintetico e non influenzato dalla superficie territoriale né da quella boscata. I valori al riguardo sono tutti riferiti all'attualità, con l'intenzione di fare un confronto con dati uniformi e di considerare anche l'effetto della struttura antincendio sulla diffusione del fuoco. Dette variabili, come noto, cambiano molto anche lungo il decorrere del tempo, per il variare delle condizioni meteorologiche.

Normalmente, la Valle d'Aosta è una regione con limitati problemi di incendio: il valore di superficie media è di 1,3 ha e sia il numero di incendi sia la superficie percorsa dal fuoco sono sempre assai contenuti. Tuttavia si deve sottolineare che gli eventi che si verificano sono spesso assai intensi e si propagano in chioma sulle conifere; inoltre, sono spesso governati da *venti di caduta*: quindi, seppure il fenomeno si presenti limitato, impone di prendere dei provvedimenti. Nell'arco alpino il Trentino ha un andamento affine.

In Piemonte e in Lombardia vi è un'affinità di problematiche: il periodo di rotazione, calcolato sul totale della superficie boscata mediamente percorsa all'anno senza distinzioni di tipologia forestale, assume lo stesso ordine di grandezza. Frequentemente si riscontrano incendi di tipo radente. Meno numerosi sono gli incendi di chioma e solo in determinate località si riscontrano eventi sotterranei. Il Piemonte ha una superficie forestale, un numero di grandi eventi e una superficie totale percorsa maggiori rispetto alla Lombardia. Il fenomeno tende a diminuire procedendo verso il Veneto e il Friuli, dove si riscontra anche una diminuzione di numero di eventi e di superficie percorsa.

La Liguria assume una connotazione particolare, poiché è la regione italiana con maggiore coefficiente di boscosità e con distribuzione degli eventi lungo tutto l'anno: la superficie media per

incendio è assai più elevata rispetto alle Regioni precedentemente esaminate.

Tra le altre Regioni italiane in cui il problema degli incendi è considerevole, e la cui dimensione territoriale è affine al Piemonte e alla Lombardia, vi sono la Toscana, la Sardegna e la Sicilia, pur con notevoli differenze tra loro. Il numero di incendi della Sardegna è dell'ordine di 10 volte maggiore di quello riscontrato nelle altre regioni affini, mentre la superficie percorsa totale le supera per valori compresi tra 6 e 10 volte. L'incidenza della superficie percorsa rispetto alla superficie forestale è minima per la Toscana, dove in un decennio si raggiunge il 6%, mentre in Piemonte e in Lombardia in un decennio si raggiunge un valore attorno al 10%, in Sicilia attorno al 30% e in Sardegna attorno al 50%.

Sempre in riferimento alle citate regioni affini per estensione territoriale, la superficie media per incendio è il parametro che le differenzia maggiormente: infatti, mentre in Toscana l'evento medio è inferiore a 10 ha, in Sardegna e in Lombardia si attesta attorno a 15 ha, in Piemonte si avvicina a 20 ha e in Sicilia supera 30 ha. Questi valori medi, pur influenzati da differenti entità di valori estremi, indicano una elevata variabilità di comportamento spaziale degli incendi. Si vuole qui solo rappresentare l'andamento del fenomeno: siccome i valori estremi delle grandezze che descrivono gli incendi sono assai variabili, queste indicazioni di valore medio devono essere affiancate a ulteriori analisi in sede di pianificazione.

Tra le altre regioni meridionali la Calabria e la Campania sono spesso molto colpite: in taluni anni, come ad esempio nel 2000, è proprio la Calabria a essere caratterizzata dalla superficie percorsa più elevata di tutte le regioni italiane, superando la Sardegna, che solitamente presenta i valori massimi italiani. Sul versante adriatico la Puglia, pur avendo limitata estensione di boschi, raggiunge valori di superficie media per incendio elevati, avendo ad esempio superato 24 ha nel 2000.

In Italia si presentano situazioni differenti di stagionalità di incendio: in particolare, si distinguono realtà con massima frequenza invernale, realtà con massima frequenza estiva e altre in cui la frequenza è distribuita in tutte le stagioni. Le province inquadrare secondo le stagioni di massima frequenza vengono indicate nella Figura 3.1.

#### *Numero di incendi boschivi*

In Italia si valuta che gli incendi siano in media 8000 (dati CFS per il periodo 1997-2003) l'anno: in termini teorici, circa 22 incendi al giorno, cioè quasi uno l'ora, per tutto l'anno.

Dal 1965 al 1970 il numero medio annuo degli incendi boschivi in Italia è stato di 3780. Se si considera un periodo di 30 anni (dal 1970 al 2000) si hanno 9700 incendi all'anno: questo valore risulta più basso del valore medio annuo di 11.370 del periodo di 20 anni che va dal 1980 al 2000.

A questi valori possono esser affiancati quelli medi annui di 6400, 11.575 e 11.164, riferiti rispettivamente ai decenni 1970-1979, 1980-1989, 1990-1999.

Dall'analisi di questi dati emerge che considerando gli intervalli dal 1965 al 1980 e dal 1980 al 2000 vi è una notevole differenza tra il primo e il secondo periodo: infatti nell'ultimo ventennio il numero di eventi si è stabilizzato sui valori più elevati. Apparentemente questo fatto potrebbe essere l'espressione di un incremento del fenomeno; tuttavia, non è questa l'interpretazione corretta poiché è noto che la variazione del numero degli incendi è legata alle caratteristiche socioeconomiche unite alle caratteristiche ambientali. Per questo motivo le serie storiche molto lunghe, che coprono periodi in cui possono essere avvenute variazioni socioeconomiche significative, devono essere interpretate tenendo presente che portano con sé possibili disomogeneità. Con riferimento all'ultimo ventennio, vi sono state notevoli variazioni nel numero di incendi tra un anno e l'altro con uno scarto di 11.700 eventi tra il valore massimo (l'anno con più incendi) e quello minimo: dette diversità evidenziano la variabilità del fenomeno da un anno all'altro in funzione dell'andamento meteorologico. Il confronto tra le medie indica una stabilità generale dell'andamento stesso; da questa analisi potrebbe facilmente dedursi quindi che il numero annuo di incendi del 1965, considerevolmente più basso del 1980, sia legato a una minore incidenza degli eventi. Si ritiene invece che l'interpretazione più corretta sia legata alla efficacia del servizio di rilevamento statisti-

co. Solo dopo la legge 47/1975 maturò, infatti, la convinzione della necessità di rilevare completamente e in dettaglio le caratteristiche degli incendi che si verificavano: prima di questo periodo, il Corpo Forestale dello Stato non aveva la competenza del coordinamento delle operazioni di estinzione, e il solo rilievo statistico era assai più difficile; inoltre si deve considerare che soprattutto negli anni '60 il personale era limitato e la mobilità sul territorio non aveva ancora raggiunto i livelli degli anni seguenti.

Queste considerazioni confermano che il numero degli eventi, ancorché sfuggito al rilievo statistico, non varia sensibilmente se non per l'andamento meteorologico che, nel medio periodo e quindi a parità di condizioni socioeconomiche, è il solo insieme di fattori che può influenzarlo.

### *Superficie percorsa del fuoco*

In Italia, si hanno circa 48.000 ettari di superficie boscata percorsa in media all'anno, cui si aggiungono 47.000 ettari di superficie non boscata (Tabella 3.1).

Dal 1965 al 1970 la superficie boscata percorsa dal fuoco in Italia era mediamente di 38.800 ha all'anno mentre la non boscata di 14.580 ha. Dal 1970 al 1975 si riscontravano i valori di 58.640 ha di superficie boscata percorsa e di 22.317 ha di superficie non boscata (Tabella 3.2).

Tra il 1965 e il 1970 la superficie non boscata percorsa era il 37% di quella boscata e tra il 1970 e il 1975 era circa il 38%, mentre nei periodi successivi la superficie non boscata percorsa divenne pari al 150% 170% e 115% di quella boscata: si è quindi verificata un'inversione di tendenza a partire dalla metà degli anni '70, periodo nel quale gli incendi hanno cominciato a diffondersi di più nelle coperture non boscate rispetto a quelle boscate, come si evidenzia graficamente in Figura 3.2. Anche in questo caso, in analogia a quanto avvenuto per il numero degli incendi, si può spiegare l'inversione di tendenza con la differente modalità di rilievo: dopo la legge 47/1975 e i provvedimenti che con essa si sono messi in atto, sono stati presi in considerazione tutti gli incendi: mentre prima si dava maggiore importanza a quelli che avvenivano nel bosco, rilevando con minore attenzione quelli che si manifestavano in altre parti del territorio, in seguito al migliorato modo di registrare gli eventi si è potuto disporre di una descrizione più rispondente alla realtà.

Si deve aggiungere che quanto sopra espresso deriva dall'andamento medio di lunghi periodi, e che solo in questo caso possono essere ritenute valide delle linee di tendenza: in periodi brevi vi sono frequenti inversioni di andamento spesso non spiegabili. Inoltre si rilevano frequenti errori sulle serie storiche, che in alcuni casi divergono notevolmente da una fonte all'altra.

Risulta infine interessante considerare l'andamento della superficie media per incendio: questo valore è stato caratterizzato da 13,5 ha, 12,7 ha e 10,6 ha rispettivamente per i decenni 1970-1979; 1980-1989 e 1990-1999. La variazione riscontrata evidenzia che, rispetto all'ultimo decennio, nel primo e nel secondo i valori erano rispettivamente 1,27 e 1,19, indicando un costante calo: questo fatto può essere interpretato con cauto ottimismo, poiché sottolinea che a livello medio si riscontrano gli effetti dell'insieme degli interventi di prevenzione e di estinzione. Tuttavia deve essere precisato che ogni interpretazione che lega una repentina variazione dei parametri dell'andamento degli incendi ai risultati di qualsivoglia intervento deve essere considerata azzardata.

Il danno economico totale causato dal fenomeno in Italia è valutato in oltre un miliardo di euro all'anno, limitando l'analisi alla produzione legnosa, alla funzione ricreativa, alla tutela idrogeologica e al servizio di stabilizzazione climatica offerti dal bosco.

### 3.2. Cause dirette e indirette

P. Corona, F. Maetzke, V. Leone, R. Lovreglio

Pur constatando che in 39 anni (1962-2000) il fuoco ha percorso 1.887.712 ettari di superficie boscata, pari al 22% della superficie forestale nazionale, e circa 2.034.708 ettari di superficie agraria, si conosce ben poco delle motivazioni dei circa 328.000 incendi ufficialmente registrati nel medesimo periodo; cifre che in termini concreti, ma puramente teorici, significano quasi quattro incendi per chilometro quadrato di superficie boscata, uno ogni 580 metri circa.

Nel parlare di incendi bisogna affrontare radicati luoghi comuni, il primo dei quali è che si tratta di un fenomeno legato ai moderni modelli di vita, quindi all'accresciuta mobilità, al turismo e al tempo libero, che fanno accostare al bosco masse crescenti di visitatori. Si tratta di un'interpretazione incompleta, che induce ad un'analisi parziale del fenomeno, visto essenzialmente in termini di comportamenti negligenti.

Il fuoco è in realtà uno strumento tradizionale di gestione degli ecosistemi mediterranei, il cui uso remoto è documentato in agricoltura, in selvicoltura, nella pastorizia, oltre ad essere testimoniato da usi rituali; il passaggio da strumento di gestione dello spazio agricolo ad elemento di offesa ed alterazione è quindi intuibile.

Autorevoli studi hanno evidenziato che in passato i ritmi di insorgenza del fuoco erano non dissimili da quelli attuali, pur se diversi erano i moventi.

Gli incendi appaiono sempre più esplicitamente il sintomo di problemi socio-economici, legati oggi a una complessa serie di circostanze: lo spopolamento di vaste aree, l'abbandono dell'agricoltura, la distribuzione di nuovi insediamenti nell'ambiente rurale, la diffusione di infrastrutture di trasporto, l'insorgere di interessi spesso conflittuali con la conservazione delle risorse naturali, ecc. Un primo punto fermo appare doveroso: almeno nel nostro paese gli incendi boschivi non sono una calamità naturale, né una fatalità, ma piuttosto un fenomeno antropogenico, con un'esclusiva, diretta dipendenza da comportamenti sociali, volontari o involontari. Il bosco brucia anche perché qualcuno ha interesse ad appiccarvi il fuoco, mentre i motivi degli abitanti della campagna per evitare che ciò avvenga sono meno consistenti di un tempo, quando esso era riserva di materia prima e arsenale dei mezzi di lavoro per la collettività tutta.

Le cause naturali, infatti, non giustificano né la dimensione né la tumultuosa evoluzione nel numero di incendi, ripetutamente definiti in sede comunitaria un'*aggressione sociale* alle foreste.

Agli incendi si oppone tuttora un meccanismo difensivo di attesa, preordinato a intervenire con iniziative di contrasto sull'evento in atto, che si limita all'intervento contingente. Tale impostazione appare inevitabilmente condannata all'insuccesso, anche in vista del numero crescente di eventi. Non si dispone, infatti, di piani di interventi organici basati sulla conoscenza delle motivazioni, finalizzato ad agire sulle cause più che a mitigare le conseguenze degli incendi.

Una diversa impostazione dell'attività di difesa, basata sulla prevenzione, non può quindi prescindere dalla conoscenza delle cause del fenomeno per tentare di modificare i comportamenti che ne sono alla base. La prevenzione comprende, come è noto, un insieme coordinato e pianificato di azioni e interventi finalizzati a: sopprimere o modificare le cause degli incendi; limitarne gli effetti dannosi, dotando il territorio delle necessarie infrastrutture di difesa e creando le condizioni per accrescere l'efficacia degli interventi di lotta (vd. § 6).

Per cogliere la complessità di tale attività, si ricorda che l'incendio è l'atto finale e percepibile di una complessa interazione di fattori predisponenti (condizioni ambientali, climatiche e vegetazionali) e di cause determinanti (immissione di energia termica ad elevato potenziale, che innesca l'incendio), come illustrato nella Figura 3.3.

Il dispositivo di accensione, che rappresenta il fattore determinante, è quasi sempre di origine antropica: il numero globale di eventi registrati dalle statistiche ufficiali esprime, infatti, il numero di volte che l'azione dell'uomo si rende responsabile di tale evento, poiché trascurabili sono le cause *naturali*.

Nel nostro paese, infatti, circa il 98-99% degli incendi nasce dall'azione dell'uomo; pertanto, non un evento imprevedibile, ma un fenomeno periodicamente ricorrente, non soggetto a grossi margini di variabilità se non per quanto attiene al numero degli eventi o alle superfici coinvolte.

### 3.2.1. Cause e motivazioni

Un'accurata diagnosi delle cause e delle motivazioni del fenomeno appare inevitabile per orientare la prevenzione, anche in termini di identificazione degli obiettivi delle campagne di sensibilizzazione e per attuare interventi mirati nei momenti di emergenza.

Per un'analisi delle motivazioni più importanti, si rende utile una rassegna delle modalità di classificazione delle cause.

Una classificazione proposta dalla FAO, per esempio, identifica:

- cause esterne al settore forestale;
- cause interne al settore forestale.

Tra le prime ci sono *interventi volontari, diretti, coscienti*, quali:

- esigenze connesse alle pratiche agricole e zootecniche;
- esigenze connesse alle pratiche venatorie;
- esigenze connesse alla destinazione d'uso del suolo;
- conflitti di interessi;
- piromania.

*Interventi involontari esterni al settore forestale* sono invece:

- attuazione di pratiche agricole senza prevenzione;
- attività ricreative ed in genere la maggior pressione urbana;

Tra le cause *interne al settore forestale* figurano invece:

- la crescente marginalità della risorsa forestale;
- un diffuso disinteresse per la sua tutela;
- l'insorgenza di incendi in connessione con esigenze occupazionali.

L'attuale articolazione in cause, nel nostro come negli altri Paesi dell'Unione Europea, si basa sulle quattro principali categorie EUROSTAT:

- *naturali*: sono legate a fenomeni naturali quali fulmine, eruzioni vulcaniche, autocombustione (in una precedente classificazione, in vigore fino al 1978, erano indicate come *accidentali*);
- *involontarie*: comprendono le cause che non dipendono direttamente dall'azione umana, pur non essendo naturali (ad esempio, scariche elettriche), nonché le cause che dipendono dall'azione umana, dovute a imprudenza, negligenza, imperizia, nelle quali non si ravvisa una esplicita volontà di provocare un incendio.
- *volontarie*: sono riconducibili alla deliberata volontà di appiccare fuoco per recare danno all'ambiente, alle cose e alle persone;
- *non classificabili*: sono quelle per le quali mancano riscontri oggettivi per individuare la causa che ha dato origine al fuoco.

Da alcuni anni il Corpo Forestale dello Stato ha proposto una complessa articolazione delle motivazioni che appare parzialmente mutuata da quella adottata in Spagna. Si distinguono quattro grandi categorie:

- *cause ignote*;
- *cause naturali*: legate all'azione innescante di eruzioni vulcaniche, fulmini, autocombustione;
- *cause colpose o involontarie*: legate all'imprudenza, alla negligenza, alla disattenzione o all'ignoranza degli uomini, che involontariamente provocano incendi; tra esse vi sono:
  - attività ricreative, riconducibili all'accensione di fuochi per picnic all'interno dei boschi o in prossimità di essi;
  - attività agricole e forestali quali la bruciatura delle stoppie, la ripulitura dei campi coltivati, la bruciatura dei residui di potatura e delle ripuliture;

- bruciatura di rifiuti;
- lancio di sigarette e fiammiferi;
- *cause dolose e volontarie*: concepite e determinate dalla volontà di uomini che a basso prezzo (il costo di un fiammifero) ottengono benefici personali per i quali la società pagherà prezzi altissimi (distruzione di un bosco) per tempi molto lunghi (ricostituzione del bosco); in esse figurano:
  - 1) *incendi da cui gli autori sperano di trarre profitto*:
    - distruzione di massa forestale per la creazione di terreni coltivabili e di pascolo a spese del bosco o per attivare il *set-aside*;
    - bruciatura di residui agricoli, quali stoppie e cespugli, per la pulizia del terreno, in vista della semina;
    - incendio del bosco per trasformare il terreno rurale in edificatorio;
    - incendio del bosco per determinare la creazione di posti di lavoro in relazione alle attività di ricostituzione e di spegnimento;
    - impiego del fuoco per operazioni colturali nel bosco, per risparmiare mano d'opera;
    - incendio per perseguire approvvigionamento di legna;
  - 2) *incendi da cui gli autori non sperano di trarre un profitto concreto*:
    - risentimento contro azioni di esproprio o altre iniziative dei pubblici poteri;
    - rancori tra privati;
    - proteste contro restrizioni all'attività venatoria;
    - proteste contro la creazione di aree protette e l'imposizione dei vincoli ambientali;
    - atti vandalici;
  - 3) *motivazioni di ordine patologico o psicologico*:
    - incendi provocati da piromani;
    - mitomani;
  - 4) *incendi provocati da ragioni politiche* (la relazione tra incendi forestali e motivazioni politiche non sembra attendibile nel nostro Paese; tanto meno si può ricondurre il fenomeno a un disegno terroristico e destabilizzante).

Di seguito vengono sinteticamente commentate le principali motivazioni che rientrano in ciascuna delle suddette categorie statistiche.

### **3.2.2. Cause naturali**

Tra le cause naturali, possibili seppur estremamente rare, la letteratura cita la caduta di meteoriti, che possono provocare con l'impatto al suolo temperature dell'ordine di 10.000-20.000 °C (emblematico il meteorite di Tunguska, della dimensione di meno di 90 metri di diametro, caduto in Siberia, nel 1908, che abbatté 2200 km<sup>2</sup> di foresta appiccando vasti incendi); scintille causate dallo sfregamento di masse rocciose in frana; autocombustione, oggetto in passato di fantasiose e bizzarre interpretazioni.

Relativamente più frequenti, ma legate a specifici contesti geografici, appaiono invece gli incendi causati dalle eruzioni vulcaniche e dall'azione del fulmine.

Con eccezione per tali circostanze, assolutamente poco probabili per il nostro Paese, tutti gli incendi sono da addebitare all'azione dell'uomo, comprese le cause fortuite definite *accidentali* nella precedente classificazione adottata in Italia; con tale termine si indicavano gli incendi causati dall'azione dell'uomo ma in condizioni assolutamente imprevedibili quali:

- azione dei raggi del sole concentrati da bombole aerosol ovvero da frammenti di vetro che funzionano da specchio ustorio (autoaccensione);
- emissioni radar ad alta frequenza;
- arco voltaico creato da linee elettriche ad alta tensione;

- azione delle marmitte catalitiche.

A eccezione delle ultime due, che appaiono abbastanza frequenti (in Francia gli incendi causati dalla rete ELF sono ai primi posti tra le cause accertate) si tratta di cause possibili ma altamente improbabili, al pari delle cause naturali; esse comunque non possono essere responsabili della vastità dei danni e del dilagante numero di eventi, molti dei quali insorgono, con crescente percentuale, in ore notturne.

### *Fulmine*

Il fulmine appare causa di un'esigua minoranza di eventi, che nelle statistiche nazionali oscillano dall'1 al 2% del numero di incendi, rappresentando però meno dell'1% delle superfici percorse. Particolarmente interessate dal fenomeno sono soltanto talune regioni dell'arco alpino quali Friuli-Venezia Giulia (8%), Val d'Aosta (10,3%), prov. di Bolzano (22%).

In altre realtà esso costituisce invece causa primaria: in Canada, per esempio, il fulmine figura al primo posto tra le cause accertate, con oltre il 60% dei casi. Valori dell'ordine del 58% si ritrovano negli Stati americani del Nord Pacifico.

Nelle statistiche europee i valori più rilevanti si riferiscono ai Pirenei, ai Dipartimenti del Var, dell'Ardeche e delle Hautes Alpes, con un massimo nell'isola greca di Thassos, dove oltre il 50% degli incendi si addebita a tale causa.

Nel nostro paese l'incidenza di incendi, concentrati per il 66,3% nelle regioni meridionali e insulari, non corrisponde alla distribuzione dell'attività fulminigena, che appare invece più rilevante nelle zone dell'arco alpino, come già visto. Le mappe isocerauniche, che evidenziano aree con medesima attività temporalesca, riportano in genere un valore medio annuo di fulmini per km<sup>2</sup> variabile da 1,5 a 4: pertanto, il numero di eventi da esso derivanti non può che essere esiguo.

### *Autocombustione*

Spesso invocata a sproposito da sprovveduti cronisti, l'autocombustione è possibile allorché processi di fermentazione si svolgono senza adeguata dissipazione del calore prodotto: così in accumuli di sostanza organica, in residui industriali, in accumuli di legno triturato o in *chips*.

Le condizioni fisiche che congiuntamente possono innescare fenomeni di autocombustione in foresta sono, invece, talmente limitative, che la percentuale di incendi causata da tale fenomeno non può che essere estremamente esigua.

La letteratura cita rari casi del genere, di solito in presenza di giacimenti di torba: in Bulgaria il 5% degli incendi è addebitato a tale causa; in Spagna fenomeni di autocombustione sono stati rilevati nelle torbiere del Rio Guadiana.

L'autocombustione è, pertanto, evenienza rarissima e comunque assolutamente indipendente dalle elevate temperature estive, che non possono innescare alcun fenomeno di combustione ma soltanto favorirne la propagazione, trattandosi di fattore predisponente e non determinante. Essa appare quindi una causa possibile ma molto remota di incendi boschivi, almeno alle nostre latitudini. Non così invece nel settore industriale, in cui essa è ritenuta responsabile di circa l'8,8% degli incendi di causa accertata.

Il fenomeno di autocombustione si genera, infatti, quando il processo di combustione non è attivato da una sorgente di energia esterna quali scintille, fiamma o contatto con corpo incandescente, ma da una reazione di ossidazione o da un processo di fermentazione, in un punto della massa combustibile, con produzione di calore che, non disperso a causa della scarsa conduzione del materiale o della insufficiente ventilazione, provoca un aumento localizzato della temperatura fino al valore di autoaccensione. Il processo si sviluppa senza effetti dannosi quando il calore prodotto è dissipato da una sufficiente ventilazione; in tale caso la massa non raggiunge una temperatura tale da dare inizio a un'ossidazione rapida. Quando invece il materiale è ammucchiato in quantità, senza essere però troppo compatto, si ha la maggiore probabilità che si sviluppi un incendio. Facilitano il processo di combustione spontanea elementi quali l'umidità e la presenza di impuri-



tà, che agiscono come catalizzatore. Per esempio, quando siano presenti ossidi metallici su materiali fibrosi imbevuti di oli essiccativi, oppure la presenza di pirite o umidità nel carbone. Così, il carbone di legna e gli stracci di cotone o di altre fibre vegetali bruciacchiati sono soggetti al processo di autocombustione se umidi.

Principali sostanze soggette a combustione spontanea sono: carbone di legna; colori a olio; erba medica; farina di pesce; olio di fegato di merluzzo; olio di lino; olio di pesce; stracci o tessuti di seta, cotone, juta, canapa, lino imbevuti di olio o vernice; stracci imbevuti di colori a olio; pellicole cinematografiche in acetato. Materiali fibrosi impregnati di oli essiccativi od ossidanti, quali stracci adoperati per pulire olio di lino o vernici, si riscaldano spontaneamente, e in determinate condizioni possono raggiungere la temperatura di accensione, per effetto della ossidazione molto rapida della pellicola di olio finissima che si forma sopra le fibre del tessuto. Anche incendi di canapa, juta o sisal dovuti ad autocombustione sembrano possibili, quando dette fibre sono umide oppure sono impregnate di oli ossidanti.

Depositi di trucioli metallici generati dalle lavorazioni meccaniche, ricoperti dei residui d'olio di raffreddamento, possono esser causa di violenti incendi, provocati dall'enorme superficie ricoperta di un sottile strato di olio che può bruciare quasi contemporaneamente, anche a causa dell'ossidazione dell'olio che ricopre la superficie dei trucioli (processo questo che sembra accelerato dalla presenza di umidità).

Anche il legno esposto a lungo al calore, seppure a bassa temperatura, si può incendiare spontaneamente, ad esempio quando si trova in prossimità di tubazioni di vapore o di camini non adeguatamente isolati.

L'autocombustione, in conclusione, è un processo temibile in determinate condizioni e in ambiente confinato, ma del tutto improbabile in bosco, in cui, eccezion fatta per l'azione del fulmine, la maggior parte degli incendi sono causati dall'azione volontaria o involontaria dell'uomo. Enfatizzarne l'importanza, e metterla in collegamento con le elevate temperature estive, contribuisce a far ritenere gli incendi boschivi un'ineluttabile calamità naturale, contro la quale è inutile lottare, in netto contrasto con la riconosciuta esigenza di informare correttamente e sensibilizzare l'opinione pubblica.

### **3.2.3. Cause colpose**

#### *Attività agricole (debbio)*

Tra le cause involontarie, le attività agricole hanno la prevalenza, in termini di numero di eventi provocati (circa un terzo rispetto al dato complessivo). L'incidenza varia aumentando dalle regioni dell'arco alpino alle regioni meridionali. Si tratta principalmente di fuochi sfuggiti nel corso della ben nota pratica del debbio, o abbruciatura delle stoppie, di antica quanto errata e radicata origine.

Il debbio costituisce un metodo rapido per distruggere i residui dei seminativi, restituendo la frazione inorganica al terreno. La distruzione di materia organica, che potrebbe essere resa rapidamente disponibile con il semplice, ma più costoso, interrimento delle stoppie misto a urea agricola, e lo sfavorevole bilancio nutritivo, rendono il debbio non efficiente sotto il profilo agronomico, sebbene d'altro canto sia comparativamente efficace per il controllo delle cosiddette malerbe. La pratica del debbio, a cui le normative regionali già impongono limitazioni e sorveglianza e in vari casi il divieto assoluto, è altamente a rischio in quanto la mietitura, conseguente alla maturazione dei cereali, coincide sia con il periodo estivo, caldo-arido, sia con il termine del ciclo biologico di numerose graminacee spontanee dei ruderi e dei margini. Ciò comporta la presenza di pericolose continuità di combustibile di facile innesco tra terreni coltivati, incolti e boschi, in un reticolo di difficile controllo. L'impatto in termini di superficie è notevole, giacché si stimano in oltre 4 milioni di ettari le colture erbacee annuali sottoposte al debbio nelle regioni centro-meridionali. Rimedi possono essere: normative più severe, che proibiscano la bruciatura, unite a un controllo

più intensivo e a un impianto sanzionatorio più efficace; incentivi alla conversione verso l'interramento con urea (contributi o agevolazioni fiscali); diffusione delle conoscenze tramite i divulgatori agrari.

#### *Residui forestali*

L'abbruciamento dei residui nelle tagliate forestali rappresenta una frazione bassa delle cause d'incendio in termini di aree percorse. Questa pratica, proibita nei periodi dichiarati a rischio d'incendio e consentita nelle altre occasioni purché vigilata, è generalmente limitata ai piccoli utilizzatori, spesso non professionali, che proprio per tale motivo perdono facilmente il controllo del fuoco. Rimedi possono essere identificati in: controllo più intensivo e sforzo didattico tramite i divulgatori e gli stessi agenti forestali; incentivi alla diffusione di meccanizzazione specifica, come piccole trituratrici o tritastocchi.

#### *Attività ricreative e innesco indiretto*

Anche queste attività costituiscono una causa di incendio rilevante: circa un terzo di eventi provocati rispetto al dato complessivo espresso in termini di superficie.

Mentre i fuochi sfuggiti da attività ricreative quali pic-nic e simili sono generalmente limitati e localizzati soprattutto nelle regioni meridionali, la componente legata all'innesco da fiammiferi e sigarette risulta più sostanziale, soprattutto dai margini di strade non adeguatamente mantenuti. Si tratta di una causa che viene sottostimata dal grande pubblico, che pure è costantemente edotto da pubblicità e cartellonistica in materia. Per contro, è di difficile controllo e repressione. L'unico rimedio, oltre all'intensificazione della manutenzione e della sorveglianza stradale, è la prosecuzione dell'attività divulgativa, da incrementare nelle scuole e nei luoghi di lavoro. Vale anche il controllo aereo sugli assi di penetrazione in aree agricole o forestali nei giorni di maggior traffico.

Per quanto riguarda i fuochi da barbecue, pic-nic e simili al margine di boschi o nelle aree di sosta, la ridotta percentuale può essere ulteriormente contenuta mediante una sorveglianza più puntuale. A tale riguardo risulta utile incrementare la disponibilità di aree appositamente attrezzate, così da veicolare l'utenza negli ambiti e località più agevolmente sorvegliabili e difendibili.

#### *Discariche*

L'incendio di discariche, causato dalle fermentazioni delle materie putrescibili o per fuochi di varia origine (i materiali plastici sono alquanto infiammabili), ha un'incidenza analoga all'abbruciamento dei residui forestali, in termini di superficie percorsa dal fuoco. L'esercizio di questo mezzo di distruzione dei rifiuti da parte di privati parrebbe in diminuzione, grazie sia alla sorveglianza sia a una maggiore coscienza ambientale. Tuttavia, la notevole diffusione delle discariche, non di rado abusive o occasionali e incontrollate, rimane una rilevante fonte di rischio, con manifestazioni di maggiore incidenza nelle regioni meridionali, anche per ovvi motivi climatici. A tale scopo è indispensabile procedere a intensificare i controlli e soprattutto il censimento e la chiusura controllata delle discariche abusive. Anche la sola mappatura dei siti, in fase di realizzazione in molte province con progetti finanziati dall'Unione Europea, può contribuire, se non altro, a focalizzare i punti da sorvegliare nel corso delle campagne di avvistamento aereo e terrestre.

#### *Linee elettriche e strutture connesse*

Le linee elettriche costituiscono una causa minore, ricorrente in alcuni ambiti specifici, soprattutto in aree e in giorni caratterizzati da forte ventosità, sia in concomitanza con la caduta di cavi sia per i cortocircuiti innescati sui terminali di cabina da materiale trasportato o da uccelli.

Le linee elettriche a bassa tensione di solito non causano incendio anche se un conduttore cade al suolo. In quelle a media tensione (20 kV) i contatti intermittenti con i rami degli alberi hanno rara-

mente effetti di rilievo; più che il contatto fra due conduttori, la rottura di un conduttore e la sua caduta a terra possono essere disastrose a causa dell'arco elettrico che si forma all'istante. Maggiori sono i rischi per linee ad alta tensione.

A ogni modo, tra linee elettriche e incendi le responsabilità si intrecciano. Talvolta cortocircuiti e rotture sono una conseguenza dell'incendio, sia perché il riscaldamento provoca la dilatazione dei cavi, con possibili contatti, sia perché il fumo coi vapori e le particelle carboniose può funzionare da conduttore. Non basta che le linee elettriche vengano progettate e costruite con adeguati criteri di sicurezza: bisogna anche che vi sia un costante controllo della vegetazione adiacente. L'unico rimedio è dunque la ripetizione costante delle ripuliture e del diserbo alla base delle cabine e lungo le linee.

#### *Linee ferroviarie*

Sebbene l'incidenza di questa causa sia relativamente limitata (manca tuttavia una valutazione certa), il passaggio di treni in tratti in cui vi è necessità di frenate prolungate comporta rischi elevati. Inneschi dovuti a scintille da ceppi frenanti resi incandescenti dall'attrito della frenata si hanno soprattutto sulle linee secondarie. Le azioni possibili riguardano l'incremento della sorveglianza e l'imposizione e il controllo dell'esecuzione del diserbo localizzato lungo le tratte a maggior rischio.

### **3.2.4. Cause dolose**

#### *Rinnovo dei pascoli*

È stato spesso citato il rapporto tra incendi e pascolo, motivato dall'uso del fuoco in aree a forte deficit di produzione foraggiera, per eliminare l'infestazione di specie erbacee e arbustive poco appetite o non utilizzate. In tale contesto, come normalmente avviene in Sardegna, il fuoco rappresenta un'arcaica pratica agronomica, molto discutibile ma a basso costo, in grado di assicurare il controllo delle specie infestanti laddove appare improponibile il ricorso allo sfalcio meccanico, oppure per stimolare il ricaccio di nuovi e teneri ricacci di vegetazione.

Pur avendo notevole forza esplicativa, tale pratica non copre tutti gli aspetti del fenomeno, che ad una più approfondita valutazione appare anche espressione di un modello di atteggiamento predatorio, oltre a significare un quadro di conflittualità sociale latente tra pastori, proprietari di pascoli e popolazioni rurali.

Oltre alla funzione di pulizia del territorio, appare verosimile che l'incendio costituisca una forma di avvertimento o di minaccia latente, funzionale all'obiettivo di sottolineare la destinazione agropastorale dei terreni legata alla fame di terra della pastorizia vagante. Esso funge pertanto da segnale verso l'esterno, espressione di comportamenti di tipo aggressivo, e appare strumento diretto a colpire un interesse del soggetto, estraneo al ristretto gruppo di appartenenza, verso il quale si avverte ostilità.

Quanto sopra spiega la localizzazione non rigida degli incendi, con riferimento a zone estese e specifiche. In altre circostanze, essi possono ricondursi a conflitti tra gruppi antagonisti per l'uso del pascolo e dei posti di abbeverata, nonché a controversie legate all'arcaico mondo della pastorizia; circostanze di tale tipo sono state segnalate in zone (Liguria, Toscana, Lazio) dove lo spazio rurale in abbandono ha attivato l'immigrazione sul continente di pastori sardi, che hanno evidentemente trasferito anche la propria cultura.

In ristrette zone, come il Gargano in Puglia, gli incendi sottolineano volutamente la destinazione pastorale estensiva del territorio, in cui si fronteggiano allevatori senza terra e agricoltori stanziali, nei cui riguardi il fuoco rappresenta un brutale ma efficace fattore di dissuasione e di espulsione.

### *Recupero dei terreni agricoli e speculazione*

È possibile che negli ultimi anni taluni casi di distruzione di boschi e di formazioni arboree si siano verificati, soprattutto nell'Italia centro-meridionale e insulare, per ovviare alla difficoltà di rimessa a coltura di terreni marginali, dovuta dall'entrata in vigore delle leggi forestali regionali che pongono limiti oggettivi al recupero colturale di terreni colonizzati da neoformazioni forestali.

Rimedi a tal fine possono essere: concreta applicazione delle normative a riguardo, in particolare per quanto concerne la mappatura delle superfici percorse dal fuoco, così come disposto dalla legge 353/2000, unita a controlli sull'uso del suolo precedente l'evento (ad esempio, dalla copertura fotografia AIMA); controllo più intensivo e impianto sanzionatorio locale (Prescrizione di Massima e Polizia Forestale); regolamenti regionali e provinciali più efficaci; snellimento delle pratiche di valutazione della rimessa a coltura, con adozione di opportuni e trasparenti parametri tecnici ed economici.

### *Industria del fuoco*

Una cospicua aliquota di incendi volontari sembra legata a interessi concreti, a vantaggi reali o presunti che l'autore spera di ritrarre. Tra tali motivazioni una, diffusamente segnalata in Italia, comincia a essere presente in altri paesi, tra i quali la Spagna: l'incendio causato per creare posti di lavoro (nelle attività di avvistamento, di estinzione, nelle attività successive di ricostituzione), noto come *industria del fuoco* o *industria degli incendi*.

Si tratta di una circostanza descritta da tempo nel Sud degli USA, laddove condizioni di emarginazione e disagio economico marcano le zone più fortemente caratterizzate da incendi volontari. Gli incendi per motivi occupazionali costituiscono una realtà allarmante in talune regioni meridionali del nostro paese, nelle quali un livello minimo di occupazione della manodopera rurale è stato garantito in passato con interventi pubblici di rimboschimento e di lotta agli incendi.

L'impostazione della lotta antincendio, basata su interventi di solo contrasto al momento dell'emergenza, ha comportato una diffusa politica di assunzioni a tempo determinato, talvolta caratterizzata da turni minimi.

Il ricorso a mano d'opera precaria e poco qualificata, con una finalizzazione spesso più assistenziale che produttiva, ha talvolta indotto l'insorgenza di un ciclo vizioso, dove l'incendio volontario da parte di operai stagionali può costituire lo strumento per mantenere o motivare occasioni di impiego. Questo ciclo vizioso è legato, oltretutto, a un'interpretazione distorta e strumentale delle norme sul collocamento obbligatorio, in particolare di quelle sulla durata minima di assunzione necessaria per garantire le prestazioni previdenziali e assistenziali, ma sufficiente per proseguire il lavoro agricolo presso privati al di fuori dei normali canali di collocamento.

La tentazione dell'aut-aut, in altre parole della minaccia di inasprire il fenomeno incendi obbligando a misure e assunzioni straordinarie, è quindi tutt'altro che un'eventualità teorica e astratta.

Nel 1992 gli stagionali dell'attività antincendio sono stati definiti "un esercito usato per avere voti, protetto e ben pagato, che incendia per rimboschire di nuovo".

A lungo avversata dall'*establishment* forestale del nostro Paese, che rifiutava un'interpretazione del fenomeno legata alle modalità organizzative dell'attività stagionale antincendio, ampiamente basata sul ricorso ad addetti stagionali proprio nelle zone più colpite, dell'industria del fuoco si trova un esplicito accenno nel Piano Forestale Nazionale del 1985.

Diverse ricerche, basate sull'uso di questionari e interviste tra gli addetti ai lavori, in realtà hanno confermato la diffusione dell'industria del fuoco, e oggi essa figura tra le cause ufficialmente riconosciute dal Corpo Forestale dello Stato.

In Puglia, regione particolarmente funestata dagli incendi boschivi, la percentuale di incendi volontari addebitati all'azione di operai disoccupati rappresentava il 14,04% delle motivazioni accertate dalle rilevazioni ufficiali del Corpo Forestale dello Stato nell'intero periodo 1974/1989, con punte del 20% nel 1988 e del 26% nel 1989; negli ultimi anni i valori sono invece scesi sotto il 3%.

Si tratta evidentemente di un fenomeno molto complesso, che spesso si accompagna a una diffusa forma di disinteresse e, per insensibilità o per assuefazione ai comportamenti antigiuridici, anche a uno scempio programmato del territorio.

Anche gli incendi appiccati come protesta contro la mancata assunzione o come estrema forma di dissenso contro la minacciata chiusura di cantieri rientrano in questa logica, in cui il bosco assume ruolo di *ostaggio*.

#### *Estorsione e taglieggiamento*

In molti casi il fuoco rappresenta un mezzo di estorsione o di taglieggiamento, mutuato da realtà urbane a forte carica di violenza, dove l'incendio o l'attentato dinamitardo, per obbligare a pagare forme non richieste di *protezione* oppure per lucrare indebitamente sui premi di assicurazione, costituiscono una diffusa realtà.

Le regioni caratterizzate da elevata percentuale di incendi volontari sono le medesime dove è rilevante il numero di attentati incendiari e dinamitardi a scopo intimidatorio.

Non si tratta certo di un rapporto causa-effetto, ma piuttosto del medesimo atteggiamento di illegalità diffusa, spesso intesa come l'unica possibile risposta al disagio sociale.

#### *Aree protette*

Particolarmente complessa è l'interpretazione della grave ondata di danni all'interno delle aree protette, soprattutto di recente costituzione. Si ricorda, in particolare, l'estate del 1993, anno in cui si sono verificati nei comprensori protetti delle regioni a statuto ordinario 2294 incendi, che hanno percorso 32.694 ettari, pari rispettivamente al 17% e 22% del numero e delle superfici interessate. Nel 2000 i valori percentuali sono risultati quasi i medesimi, con un raddoppio rispetto all'anno precedente. La superficie percorsa in aree protette in tale anno è variata dal 1,3% del Molise al 35,6% della Calabria. In molte zone si sono registrati episodi devastanti, che vanno interpretati come una esecrabile opzione d'uso del territorio, in cui la distruzione appare più vantaggiosa della corretta gestione.

La protesta contro i mancati benefici conseguenti la istituzione del regime di tutela appare insufficiente a interpretare la dilagante devastazione del proprio ambiente di vita, così come appare poco fondata l'accusa verso non meglio identificati gruppi che mal sopporterebbero il rigore di nuove norme di gestione del territorio.

Il problema degli incendi nelle aree protette è particolarmente avvertito in Spagna, dove le possibili motivazioni sono riportabili a:

- perdita di aspettative economiche nel valore dei terreni potenzialmente edificabili;
- timore di controllo coercitivo nelle attività di allevamento, caccia, utilizzazioni boschive;
- mancata conoscenza del binomio apparentemente contrastante *conservazione/opportunità di sviluppo*;
- timore di atteggiamenti rigidi delle Amministrazioni dei Parchi senza forme adeguate di compensazione per gli abitanti delle medesime aree.

La soluzione, almeno per quanto di competenza degli enti territoriali coinvolti, passa attraverso la compartecipazione delle popolazioni locali, attraverso programmi e azioni concrete di sensibilizzazione volti a soddisfare l'esigenza di una condivisione e un'adesione delle comunità locali alle politiche di sviluppo sostenibile, che implicano scelte e rinunce, ma anche compensazioni volte a ridurre il disagio. Le limitazioni agli usi agricoli e forestali nelle aree protette devono pertanto essere compensate con sostegni economici appositi, per garantire un uso continuato di queste risorse e il mantenimento di una comunità rurale vitale.

#### *Incendi e opportunità edificatorie*

La possibilità di eliminare il bosco, ritenuto giustificazione per l'esistenza di vincoli per avviare programmi di edificazione, è stata ripetutamente considerata causa non trascurabile di incendi.

Questa possibilità non sembra molto plausibile nel nostro paese, per effetto della normativa abbastanza rigorosa recata dalla legge 47/1975 e dalla successiva legge 428/1993, che impedisce trasformazioni non consentite nella destinazione d'uso delle aree percorse dal fuoco; norme oggi riprese e unificate dall'art. 10 della legge 353/2000, che fa divieto di costruire per dieci anni, con deroga soltanto per eventuali concessioni già assentite prima del verificarsi dell'incendio.

Il dubbio di un rapporto perverso tra incendi e aree urbanizzate è comunque più che avvertito. Ricerche basate su interviste agli addetti al servizio antincendio hanno avanzato l'ipotesi che incendi su vasta scala, in zone con diffusione di immobili a destinazione residenziale secondaria a particolare appetibilità sul mercato, possano invece rappresentare una forma estrema di intimidazione per costringere i proprietari a svendere, nel disegno generale di possesso del territorio non disgiunto da riciclaggio del denaro.

D'altra parte, non è un caso che ampi progetti di riqualificazione edilizia in aree protette siano spesso segnati da disastrosi incendi, che in qualche modo richiamano l'impiego criminoso del fuoco come elemento di taglieggiamento o di ritorsione. Emblematici in proposito gli incendi disastrosi sul Gargano, in Puglia: nel 1971 in occasione della creazione dell'insediamento SEMI di Pugnochiuso; nel 2001 in occasione del rilancio turistico della medesima area, acquistata da un gruppo economico nazionale di primo piano. Nel primo caso è noto che, dopo alcuni anni di assenza di incendi, fu disdetto un servizio di sorveglianza antincendio affidato a gente del posto. Qualche giorno dopo, in agosto, un incendio disastroso devastò quasi metà del comprensorio.

In altri paesi l'incendio causato da interessi di tipo edificatorio appare invece una pericolosa realtà: così in Grecia tale circostanza si è diffusa all'annuncio (precedente alle elezioni politiche del 1993) della emanazione di norme di sanatoria di abusi edilizi in terreni demaniali forestali percorsi dal fuoco, che hanno scatenato forme anarchiche di occupazione di terreni da edificare.

### *Piromania*

In una categoria a parte devono essere citati i piromani, soggetti affetti da una rara forma di turba della personalità che causa eccitazione nell'appiccare il fuoco e godimento degli effetti del sinistro. Questi ultimi, riportati e amplificati dai mass-media, sono vissuti dal piromane come una aperta sfida alle autorità nell'evitare di essere identificati: si tratta di individui con propositi di vendetta contro tutto e tutti, che si esprime nell'impulso irresistibile ad appiccare il fuoco.

I veri piromani costituiscono comunque una minoranza nel vasto panorama degli incendiari, tanto sparuta da metterne in forse l'esistenza, ma di cui spesso i mass-media, alla ricerca di un colpevole credibile o accettabile, fanno imprudente abuso.

Così come avviene per l'autocombustione, indicare nei piromani gli autori di incendi volontari è un errore, poiché si addebita a soggetti psicolabili, portatori di una non comune forma di turbe mentali, il risultato di una lucida e determinata volontà criminale, più correttamente sanzionabile ai sensi dell'art. 423 del Codice Penale.

Ancora più grave è l'uso del termine piromane come sinonimo di incendiario, sorprendentemente diffuso anche in pubblicazioni di carattere ufficiale. La piromania va infatti considerata una autentica patologia, all'interno della serie di disturbi che, presentando alcuni aspetti simili ai DOC (Disturbi Ossessivo Compulsivi), hanno spinto a ipotizzare l'esistenza di uno spettro di appartenenza analogo, oppure a essere considerati varianti del disturbo.

I disturbi del controllo degli impulsi sono caratterizzati dall'incapacità di resistere a un impulso o tentazione di compiere determinati atti nocivi al soggetto o ad altri. Tra i principali DOC si possono ricordare la tricotillomania (impulso di strapparsi capelli o altri peli), la cleptomania (impulso patologico a rubare), l'impulso patologico al gioco d'azzardo, la dismorfofobia (nella quale il soggetto pur essendo normale è convinto di avere un difetto fisico in una parte del corpo, generalmente naso, per cui ricontrolla ossessivamente e ripetutamente l'entità del difetto allo specchio). Possono essere considerati disturbi del controllo degli impulsi anche le parafilie (esibizionismo, pedofilia, feticismo, voyeurismo, frotteurismo, sadismo, masochismo) nonché la piromania; per

tutti la caratteristica principale è la presenza di un impulso che spinge a ridurre la tensione provocata dal desiderio suscitato dall'idea o dalla situazione stimolante (un tavolo o un invito al gioco, una finestra sulla quale si affaccia la vicina di casa, le forme di una donna in autobus, un indumento femminile, una donna svestita intravista dietro una tenda), provando sollievo o appagamento solo una volta compiuto il gesto e un intenso fastidio o tensione se invece è impedito il soddisfacimento del desiderio.

### 3.3. Analisi delle cause e delle motivazioni

V. Leone, R. Lovreglio

L'analisi statistica delle cause in Italia, a livello regionale, consente di cogliere informazioni di particolare interesse ai fini della prevenzione, poiché fornisce uno spettro, più o meno dettagliato, delle motivazioni che determinano il fenomeno.

Molte regioni del Nord Italia denunciano, negli ultimi anni, un sensibile incremento nell'incidenza delle cause di origine volontaria. Tale aumento, in regioni finora abbastanza estranee al fenomeno, risulta inatteso, poiché in passato il dolo sembrava essere prevalente nelle regioni centro-meridionali. Il dato appare abbastanza sconcertante poiché connesso ad azioni antropiche intenzionali che hanno il preciso scopo di danneggiare il patrimonio boschivo, in un contesto in cui la marginalità delle superfici boscate è da escludere, trattandosi delle regioni dove sono presenti le migliori formazioni forestali del paese e dove non trascurabile appare l'apporto del settore forestale all'economia del settore primario.

In particolare, il fenomeno degli incendi, in termini di superficie percorsa, negli ultimi anni ha interessato con valori estremi soprattutto le regioni a più modesto indice di boscosità, quali Sicilia e Puglia; in esse il basso valore dell'indice evidentemente rappresenta il risultato di azioni di progressiva erosione, protratta nel tempo, delle superfici boscate, di danni da pascolo, di frammentazione e dispersione delle superfici per effetto della messa a coltura.

Un modesto indice di boscosità denuncia, indirettamente, difficoltà di gestione corretta, anche per l'esiguità della superficie, oltre a essere un indicatore dell'elevato sviluppo dell'interfaccia tra superfici forestali e superfici agricole circostanti. Ciò comporta una maggiore facilità di aggressione al bosco da parte di fattori esterni (bruciatura delle stoppie, etc.). Sfugge a tale osservazione la Regione Liguria, che con il massimo valore dell'indice di boscosità a livello nazionale, ha sempre presentato anche i valori percentuali più elevati di superfici boscate percorse.

Oltre alla Liguria, nella quale la prevalenza di incendi di origine volontaria è sempre stata in parte connessa con problemi di *land use*, e alle estreme regioni meridionali ed insulari (Puglia, Campania, Sicilia), anche la Lombardia, la Provincia di Trento, il Piemonte, il Veneto e la Toscana figurano attualmente tra le regioni in cui la frequenza del passaggio del fuoco è imputabile a una deliberata volontà di arrecare danno all'ambiente.

Le regioni che presentano la maggiore incidenza di incendi di origine involontaria risultano il Molise, l'Emilia Romagna e la Valle d'Aosta; il fenomeno appare presumibilmente collegato alla persistenza di attività agricole e pastorali nelle aree interne di queste regioni.

Le motivazioni prevalenti, infatti, sono rappresentate da pratiche agricole imprudenti o pericolose, quale la bruciatura delle stoppie o l'accensione di pascoli per stimolare la produzione in autunno, o talora da pratiche meno frequenti, quali l'uso del fuoco per favorire la raccolta dei funghi o per facilitare l'insediamento della selvaggina, come sarà illustrato di seguito.

Tra le cause involontarie è ricorrente, in particolare nel periodo estivo, la presenza sempre più massiccia di turisti che spesso, per distrazione o negligenza (lancio di sigarette, fuochi per picnic, ecc.), si rendono responsabili dell'insorgenza di focolai. A dimostrazione di quanto detto, si evidenzia il valore significativo di incendi involontari in Emilia Romagna, in provincia di Rimini, e ad Aosta.

Per una più completa lettura del fenomeno degli incendi boschivi in Italia, è stata effettuata una ricognizione delle motivazioni più ricorrenti per singola Regione, consultando i *piani regionali di difesa contro gli incendi* laddove disponibili e, in taluni casi, monografie regionali o indagini conoscitive. Tale procedura ha consentito di utilizzare fonti ragionevolmente omogenee e ufficiali. Sono omesse le indicazioni a Regioni di cui non è stato possibile consultare i piani.

In Tabella 3.3 sono riportate le conclusioni di tale ricognizione, con l'indicazione della fonte. Nelle Tabelle 3.4, 3.5, 3.6 sono riportate talune delle motivazioni più ricorrenti, con l'indicazione delle Regioni dove esse appaiono menzionate.

L'adozione di pratiche agricole che prevedono l'uso del fuoco è largamente diffusa nelle regioni meridionali, dove esse rappresentano tradizioni che si tramandano dai tempi più remoti. Rispetto al passato però vi sono notevoli cambiamenti nelle modalità di esecuzione: in particolare, la bruciatura delle stoppie, tradizionalmente fissata dal Testo Unico delle Leggi di Pubblica Sicurezza del 1939 a date successive al 15 agosto, è stata anticipata da molte Regioni (ad esempio, Puglia e Basilicata) al mese di luglio. Si aggiunge che il tradizionale controllo da parte degli agricoltori, in buona parte anziani, oggi è quasi del tutto assente anche per effetto del progressivo spopolamento delle campagne, e il fuoco è libero di divagare senza ostacoli. La motivazione prevalente di incendi involontari connessa alle pratiche agricole mette quindi in evidenza la diffusa trascuratezza e negligenza con cui la maggior parte degli agricoltori utilizza il fuoco, non curandosi assolutamente di vigilare, in un numero sufficiente di addetti, durante le operazioni e non considerando le condizioni meteorologiche (ventosità, temperatura e umidità dell'aria) delle giornate a maggior pericolo.

Gli incendi connessi alla sempre più diffusa presenza di visitatori e turisti sono in continuo aumento, perché in crescita è la propensione da parte di chi vive nei grossi centri urbani a riversarsi nei fine settimana e nei periodi festivi in ambienti caratterizzati e valorizzati dalla presenza del bosco. Altra motivazione ricorrente è rappresentata dal lancio di sigarette e fiammiferi dall'auto o dal treno. Questo gesto, in situazioni particolarmente favorevoli (giornate calde e ventilate), può provocare l'insorgenza di focolai lungo le scarpate stradali e le linee ferroviarie, solitamente ricoperte da vegetazione erbacea secca altamente combustibile. Bisogna osservare, tuttavia, che la frequente citazione di eventi provocati dal lancio di mozziconi di sigaretta può ricondursi al modo in cui è formulata la scheda antincendi boschivi (*scheda AIB*), con la quale si registrano gli eventi da parte dei Comandi Stazioni Forestali intervenuti sul focolaio; sulla scheda risultano precompilate, per la risposta, soltanto le motivazioni connesse alle cause involontarie, per cui il compilatore è in qualche modo condizionato a utilizzare di preferenza le motivazioni che appaiono più ovvie e condivisibili, tra cui sigarette e fiammiferi. Il lancio o l'abbandono di questi ultimi appare una causa plausibile e ciò potrebbe, in parte, spiegare l'elevato valore percentuale che essa assume nelle statistiche di carattere nazionale. La probabilità di innesco di incendio provocata da una fonte di calore puntuale, quale è la sigaretta accesa, dipende strettamente da particolari condizioni di umidità (bassa), di temperatura (elevata) e di energia a elevato potenziale che devono verificarsi contemporaneamente e che non sempre le condizioni reali giustificano l'elevato numero di segnalazioni in tale senso.

L'attività pastorale è motivo di incendi in quelle zone dove il fuoco è da sempre impiegato per rinnovare i pascoli, in caso di riduzione della produzione foraggiera, o per selezionare specie vegetali più appetibili al pascolo. La Sardegna è la regione in cui tale pratica agronomica viene utilizzata da tempi remoti dai pastori, sia come strumento di gestione dei pascoli ma anche, spesso, come mezzo intimidatorio nei confronti di terzi antagonisti (pastori, proprietari di boschi, amministrazioni, etc.).

Una causa di esigua diffusione è rappresentata dalla bruciatura di rifiuti, spesso in discariche abusive, in cui la combustione appare legata a fenomeni di autocombustione oppure all'uso del fuoco, per facilitare le operazioni di svuotamento e di riutilizzazione della discarica.

La mancanza di cure del bosco o l'abbandono delle campagne, in particolare in quelle aree in cui



l'attività agro-forestale è sempre stata alla base dell'economia (Basilicata, Liguria, Friuli-Venezia Giulia), costituiscono indirettamente motivi predisponenti il frequente passaggio del fuoco (accumulo di biomassa combustibile, popolamenti forestali che evolvono in strutture meno resistenti, etc.).

L'uso del fuoco da parte di cacciatori per stanare la selvaggina o creare habitat naturali per le prede è un fenomeno segnalato soprattutto in quelle regioni (Calabria, Marche, Emilia Romagna) in cui la caccia rimane ancora un'attività ricreativa di notevole importanza.

In ordine alla classifica degli incendi volontari, si evidenziano motivazioni inerenti ad atti di vandalismo e vendette/conflitti particolarmente in regioni come la Puglia che risultano, non a caso, caratterizzate da elevata criminalità e da organizzazioni che controllano attività.

Nelle stesse regioni, il fuoco può rappresentare anche un mezzo di estorsione o di taglieggiamento. Tra le motivazioni degli incendi di origine volontaria, *l'industria del fuoco* costituisce quella che desta maggiori preoccupazioni: essa è avvertita in primo luogo in talune regioni meridionali, caratterizzate da un contesto socio-economico che ne ha favorito l'insorgenza, a conferma che nelle condizioni di marginalità, intesa come mancanza di opportunità e di prospettive di lavoro, l'interesse alla distruzione può apparire superiore a quello della conservazione del patrimonio boscato. Infine, come più volte evidenziato, in Italia le cause di origine naturale sono molto rare e si presentano solo in quelle regioni (Friuli-Venezia Giulia) caratterizzate da attività fulminigena rilevante.

Le considerazioni esposte rappresentano un contributo alla conoscenza delle motivazioni degli incendi, aspetto per il quale tuttora manca un'approfondita indagine conoscitiva di ispirazione ufficiale, finalizzata a chiarire gli scenari e le condizioni economiche e sociali nelle quali il fenomeno degli incendi si verifica, con il risultato che tuttora l'attività di difesa, in mancanza di una adeguata diagnosi del fenomeno, sembra ridursi al miglioramento delle dotazioni strumentali di difesa e agli interventi di contrasto dell'evento in atto.

La distribuzione temporale degli eventi d'incendio mostra andamenti a determinante chiaramente stagionale, differenziata nei diversi ambiti regionali: eventi prevalentemente invernali nelle regioni dell'arco alpino, tipicamente estivi nelle regioni dell'arco meridionale (fa eccezione la Liguria, che mostra due picchi sostanziali degli eventi in entrambi i periodi). Simili regimi sono ovviamente connessi alle peculiari caratteristiche climatiche degli ambiti citati. Tuttavia, a esse si giustappongono e parzialmente sovrappongono significativamente gli effetti di fattori antropici, legati alle realtà socioeconomiche e culturali locali e parimenti determinanti nella distribuzione e gravità degli eventi.

Gli incendi di origine volontaria rappresentano il problema più rilevante, poiché gli autori sono animati da motivazioni di vario tipo, ma sicuramente decisi a infierire senza remore sull'ambiente di vita nel quale essi stessi vivono, con una efficacia che è certamente crescente con il livello di dolo che caratterizza le singole regioni. Si tratta di un fenomeno particolarmente preoccupante, al quale vanno rivolte attenzioni particolari anche in termini di rianimazione del territorio, se si vuol tentare di invertire una tendenza che appare inarrestabile.

Meno grave appare il problema degli incendi involontari, per i quali la più puntuale applicazione di norme e regolamenti, che già esistono, potrebbe costituire una parziale risoluzione del problema.

Nel complesso, il problema degli incendi ha assunto anche nel nostro paese, come in tutto il Mediterraneo, caratteri diversi rispetto al passato. Due sono i fattori della mutata situazione:

- declino del valore economico diretto dei boschi, rimasti perciò meno custoditi, e simultanea esaltazione dei valori indiretti;
- forte aumento nel numero degli incendi e spostamenti nello spettro delle cause di incendio.

Tramontata l'epoca della messa a coltura, quando il fuoco era lo strumento meno faticoso e potente per conquistare nuove terre, si assiste oggi alla flessione degli incendi di origine agricola e alla loro sostituzione su larga scala con incendi involontari, che testimoniano della poca familiarità e

dello scarso rispetto verso la natura; ne è esempio la notizia del proliferare di incendi appiccati inconsapevolmente da emigranti clandestini nelle zone di frontiera tra Grecia e Albania.

Si è accentuata, contestualmente, la tendenza a un preoccupante aumento degli incendi volontari, realtà innegabile, ingigantitasi fino a diventare preminente, provata dalla cattura, seppur rara, di incendiari rei confessi, dal ritrovamento di congegni a tempo primordiali ma non per questo meno efficaci, che indicano la volontà di compiere l'atto distruttivo scegliendo con cura luoghi, tempi e modalità di esecuzione, anche in funzione di condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione incontrollata.

Occorre però mobilitarsi contro la assuefazione e una certa tolleranza nei riguardi di un fenomeno che mette a repentaglio beni e vite umane, scoraggia gli investimenti in campo forestale e costituisce, in ultima analisi, una grave patologia dello spazio rurale, innescando gravi e spesso irreversibili processi di alterazione il cui epilogo è la desertificazione. Il responsabile maggiore dell'impatto sulle aree verdi peraltro non è il turista disattento o il contadino intento a operazioni colturali, che pur rappresentano una frequente motivazione di incendi, ma chi agisce con premeditazione, stimolato da impulsi che spesso sfuggono alla nostra capacità di interpretazione.

Un'accurato monitoraggio del fenomeno, per orientare la prevenzione e per attuare interventi mirati nei momenti di emergenza, appare pertanto irrinunciabile; per tale scopo occorre agire su due fondamentali direttrici di intervento.

La prima concerne una attività di investigazione a tempo pieno, indipendente dalla attività di estinzione, sull'esempio di quanto realizzato in Spagna e Portogallo, dove sono state istituite brigate speciali con compiti investigativi, che hanno consentito di ridurre a valori veramente trascurabili le percentuali di incendi non classificabili, di migliorare nettamente la percentuale di incendi dei quali sia accertata la motivazione e di svolgere, nel frattempo, una efficace azione di dissuasione nei riguardi degli incendi volontari.

La seconda concerne il miglioramento del meccanismo di rilevazione dei singoli eventi e identificazione delle motivazioni. L'attuale sistema di rilevazione dati, affidato al Corpo Forestale dello Stato e ai Corpi Forestali delle Regioni e Province Autonome, utilizza le schede AIB e consente di raccogliere, per un singolo evento, una notevole massa di informazioni, molto più numerosa di quella ritenuta il minimo inderogabile a livello comunitario. È comunque da tenere presente che eventuali incendi in cui gli agenti forestali non siano intervenuti non sono considerati nella banca dati e che le motivazioni sono già predisposte, come categoria, soltanto per gli incendi volontari, mentre per quelli involontari le uniche informazioni sono rappresentate da note esplicative del compilatore, peraltro non obbligatorie, introdotte in uno specifico campo della scheda (lo spazio "Altre informazioni"). Tali note sono, in realtà, una formidabile fonte di dettagli sui singoli eventi, che andrebbe istituzionalizzata.

L'analisi dell'effetto delle componenti antropiche sugli incendi boschivi deve consentirne la lettura sia nella dimensione spaziale, considerando gli effetti ecopaesistici indotti (vd. §§ 2.3.5, 8.5), sia in quella socioeconomica degli ambiti geografici considerati.

Il significativo aumento della frequenza e dell'estensione complessiva degli incendi boschivi negli ultimi decenni appare infatti in stretta relazione al cambiamento degli usi tradizionali del territorio. L'abbandono dell'agricoltura e delle terre più marginali, soprattutto in ambiti collinari e montani, e l'incremento della popolazione nelle zone urbane e turistiche costiere hanno comportato la diffusione di condizioni di rischio di incendio. Sono aumentate le possibili cause di innesco, ma anche le condizioni di propagazione del fuoco, in quanto la vegetazione spontanea che ricolonizza le terre abbandonate si presenta spesso più infiammabile e più continua di quella presente nelle zone coltivate o pascolate nel passato. Gli stessi boschi, frequentemente non più gestiti da un punto di vista selvicolturale, tendono ad affollarsi nel sottobosco diventando più facilmente incendiabili in modo devastante. Questa situazione non riguarda solamente l'Italia, ma è più o meno diffusa in tutta l'area mediterranea.

I grandi eventi di incendio in ambito rurale si ripercuotono maggiormente sui boschi, interessan-

doli nell'80% dei casi contro una media di tutti gli eventi pari al 55%. Questi dati riconducono l'attenzione alle già più volte menzionate attuali e diffuse carenze gestionali dei boschi italiani, in quanto dimostra la difficoltà di arginare il fuoco quando, sia pure in condizioni difficili, si hanno eventi rilevanti. La mancanza di colturalità (vd. § 6.4), la mancanza di piani di gestione nella gran parte dei casi e la carente applicazione di quelli esistenti comporta sempre maggiori difficoltà nelle operazioni di intervento. Ci si riferisce, ad esempio, alla mancanza di diradamenti nei rimboschimenti, all'inadeguatezza della viabilità forestale (e soprattutto della sua manutenzione) e dei sistemi di viali tagliafuoco, solamente per citare alcuni degli aspetti più strettamente connessi alle difficoltà di spegnimento degli incendi forestali.

## 4. PERICOLOSITÀ, GRAVITÀ E RISCHIO

### 4.1. Caratterizzazione pirológica degli incendi boschivi

G. Bovio, A. Camia

In questo capitolo vengono descritti i parametri che caratterizzano gli incendi boschivi, con particolare riferimento alle principali caratteristiche del fronte di fiamma e ai fattori ambientali capaci di influenzare il comportamento del fuoco; si indicheranno inoltre gli strumenti usati per definire il probabile comportamento dell'incendio.

Il comportamento dell'incendio può essere descritto sia a scala generale che locale. A scala generale, cioè quando si considera tutto l'incendio, la caratterizzazione può avvenire sia sotto il profilo temporale (*fasi dell'incendio*), sia sotto il profilo spaziale (*parti dell'incendio*).

#### 4.1.1. Fasi caratteristiche dell'incendio

Le fasi di evoluzione temporale di un incendio sono:

- *accensione*, che rappresenta il momento iniziale;
- *diffusione rapida*, che inizia in tempi dell'ordine di minuti, dopo l'affermarsi delle correnti d'aria causate dai gas caldi ascendenti; la propagazione raggiunge i valori massimi di tutto lo sviluppo dell'incendio e spesso vi è passaggio in chioma; normalmente in questa fase viene percorsa la maggior parte della superficie totale dell'incendio;
- *stazionamento*, che avviene dopo la rapida diffusione ed è evidenziato dal fatto che il fronte di fiamma raggiunge una velocità di propagazione tendenzialmente costante senza più accelerare;
- *decadimento*, che si verifica quando cominciano a venire meno le condizioni di propagazione, per scarsa continuità del combustibile o per il variare delle condizioni meteorologiche;
- *estinzione finale*, che consegue all'affermarsi di condizioni negative per la propagazione e che per la realtà italiana normalmente consegue agli interventi di estinzione effettuati.

#### 4.1.2. Parti dell'incendio

Durante le fasi temporali di un incendio boschivo, possono essere distinte differenti parti nell'ambito spaziale da esso interessato: infatti, il fronte di fiamma assume, nello spazio, configurazioni differenti a seconda dei fattori di propagazione.

Inizialmente la combustione si propaga in tutte le direzioni ma presto, a causa delle condizioni di disomogeneità che normalmente caratterizzano l'ambiente forestale, si forma una parte del fronte di fiamma che avanza più velocemente e che viene detta *testa*. Normalmente ciò accade in risposta vento o alla pendenza; talvolta per la combinazione dei due fattori. Nella testa il fronte di fiamma è tendenzialmente perpendicolare alla direzione del vento (o alla massima pendenza) e si hanno i valori più elevati di emanazione termica e di velocità.

Dove il fronte di fiamma è tendenzialmente parallelo al vento (o parallelo alla massima pendenza) prende il nome di *fianco* ed è assai meno violento.

La zona in cui il fronte di fiamma si propaga nella direzione del vento, ma in verso opposto a esso (o si propaga in discesa) è detta *coda*. In questa zona, poiché la combustione viene ostacolata, l'intensità e la velocità di avanzamento assumono valori minimi.

In ogni fase e parte dell'incendio il fronte di fiamma può essere di tipo *radente* o *di chioma*.

I *fronti di fiamma radenti* di solito avanzano lentamente, con intensità bassa, e consumano il combustibile del sottobosco formato soprattutto da lettiera, strato erbaceo e arbustivo e da rinnovazione.

La *propagazione in chioma* è di solito veloce, con fiamme alte e consuma il combustibile della chioma degli alberi. Possono essere distinte differenti tipologie di propagazione in chioma. Si definisce *incendio di chioma dipendente* se la combustione coinvolge contemporaneamente il combustibile dagli strati bassi a partire dalla lettiera fino alle chiome. Esse in questo caso possono bruciare solo per il contributo termico della frazione inferiore di combustibile. Altre volte le chiome bruciano anche senza il contributo termico degli strati più bassi ma comunque le fiamme sui due strati avanzano parallelamente. Talvolta, la combustione in chioma viene condotta da particolari condizioni quali vento molto forte e non ha rapporti con quella di tipo radente che può avvenire più lentamente e comunque in parti differenti del bosco. Si tratta in questo caso di *incendio di chioma indipendente*, che rappresenta il comportamento più pericoloso e difficile per l'estinzione.

Durante un incendio si ha frequentemente il passaggio da un tipo all'altro e più raramente può presentarsi la tipologia sotterranea. In questo caso la combustione avviene lentamente, a carico del materiale organico del terreno e in scarsità di ossigenazione. Pertanto si avrà un fronte di combustione lentissimo, assai dannoso per l'elevato tempo di residenza e per le ustioni che si producono di solito nella zona del colletto degli alberi. Questo tipo di fronte di fiamma è favorito dalla secchezza dei combustibili profondi a contatto con il terreno e da una contemporanea umidità del loro strato superficiale. Tali caratteristiche, che possono verificarsi per una limitata precipitazione che segue un periodo di siccità prolungata, consentono alla combustione di propagarsi nello strato combustibile sottostante alla superficie.

#### **4.1.3. Grandezze caratteristiche del fronte di fiamma**

Dopo le distinzioni degli incendi visti nella loro globalità, è opportuno esaminare le caratteristiche a scala locale su parti elementari del fronte di fiamma. La valutazione da cui può emergere il reale giudizio sull'incendio si concretizza con la quantificazione di un insieme di variabili strettamente collegate tra loro. La variazione di una di esse si riflette su tutte le altre: per ragioni di chiarezza espositiva, di seguito esse vengono comunque descritte singolarmente.

##### *Intensità*

L'intensità del fronte di fiamma esprime la quantità di calore emanata nell'unità di spazio e di tempo. Può essere espressa come *intensità di reazione* o come *intensità lineare*.

L'intensità che corrisponde alla quantità di calore emanata dalla combustione che si verifica su un'unità di superficie in un tempo definito è l'intensità di reazione. Se si considerano tutta la superficie in cui sta avvenendo un incendio, per ogni secondo, l'intensità di reazione esprime la quantità di calore che viene prodotta totalmente ed è quindi l'intensità effettiva.

Per fini operativi e per ragioni pratiche si preferisce esprimere l'intensità lineare. Essa corrisponde alla quantità di calore emanata da ogni unità di area moltiplicata per la velocità del fronte di fiamma, cioè esprime la quantità di calore che viene emanata da un fronte di fiamma su una unità di lunghezza di una ideale linea di avanzamento. Pertanto l'intensità lineare è un'astrazione cui si fa ricorso per esprimere il calore emanato da un fronte di fiamma indipendentemente dalla profondità che esso assume, ed è il parametro più frequentemente usato per legare il comportamento del fuoco agli effetti che esso produce.

##### *Altezza di fiamma*

La fiamma, per convezione, tende a svilupparsi verticalmente con altezza proporzionale all'intensità della combustione. In effetti si evidenzia uno strettissimo rapporto tra intensità lineare e altezza di fiamma che a sua volta, poiché molto influenzata dal tipo di combustibile, varia molto: negli incendi radenti, normalmente, non supera qualche metro di altezza, mentre può raggiungere molti metri in fronti di fiamma che si propagano in chioma.

### *Lunghezza di fiamma*

La fiamma per convezione si sviluppa verticalmente; tuttavia, se vi sono perturbazioni come il vento, la massa di gas in combustione viene allontanata dalla verticale. La fiamma è quindi caratterizzata sia da altezza sia da lunghezza. Questi parametri risultano da un delicato equilibrio tra la spinta verticale della convezione dei gas caldi e la componente orizzontale del vento. Anche la lunghezza di fiamma ha un rapporto stretto con l'intensità.

### *Velocità di propagazione*

L'incendio boschivo è un evento dinamico. La velocità di propagazione (solitamente dell'ordine dei metri al minuto) esprime il tempo impiegato da un fronte di fiamma per passare da una posizione ad un'altra.

La velocità di propagazione varia molto a seconda della parte dell'incendio che si considera: nella testa, la velocità è massima, mentre nella coda si registrano i valori minimi. Se si fa riferimento a tutto l'incendio può essere usato il *tasso di diffusione*, espresso come superficie percorsa nell'unità di tempo, che comunque deve essere messo in rapporto alla dimensione ed allo stadio di sviluppo raggiunti. Infatti un determinato valore del tasso di diffusione può essere assai elevato per un incendio piccolo in fase iniziale, mentre può essere un valore basso per un evento già molto vasto e in fase di diffusione costante. Pertanto questa espressione, assai indicativa, deve essere usata in riferimento alla realtà del momento e con la padronanza della situazione generale di sviluppo dell'evento.

### *Tempo di residenza*

Lungo la profondità del fronte di fiamma si possono distinguere le fasi dall'inizio alla fine della combustione. La somma dei tempi di svolgimento di queste fasi è il *tempo di residenza*. Esso corrisponde anche al tempo di permanenza della fiamma sull'unità di superficie.

Normalmente, aumentando l'intensità aumenta la velocità di propagazione; quindi, a parità di altre condizioni, può diminuire il tempo di residenza. Tuttavia, ciò è vero solo in alcuni casi poiché spesso il vento incrementa la propagazione sulla superficie dei combustibili. Al loro interno però le condizioni cambiano poco per l'effetto del vento, quindi anche se aumenta la velocità di propagazione il tempo di residenza di solito non diminuisce. Ciò comporta un aumento della profondità del fronte di fiamma che a sua volta fa aumentare il tempo di residenza.

## **4.1.4. Fattori influenti il comportamento del fuoco**

Le caratteristiche dell'incendio, a scala sia generale che locale, vengono influenzate da un insieme di variabili ambientali che vengono qui di seguito descritte, distinguendole nei gruppi che influenzano maggiormente le caratteristiche del fronte di fiamma: *vegetazione, topografia, condizioni meteorologiche*.

### *Vegetazione*

Per combustibile si intende ogni sostanza o miscela suscettibile di innesco e combustione. Per *combustibili vegetali* si intendono tutti quei materiali vegetali che possono bruciare e che possono essere sia vivi che morti. Questa distinzione è molto importante perché questi materiali hanno un comportamento diverso nei confronti del fuoco. I combustibili morti sono rami caduti, foglie secche, erba secca, quelli vivi sono soprattutto arbusti e conifere.

In un incendio boschivo solo una parte del combustibile disponibile viene consumata. Comunque, il comportamento del fuoco viene influenzato dai combustibili secondo la loro quantità, disposizione spaziale e tipologia delle parti.

Per caratterizzare il combustibile vegetale devono essere determinate molte variabili. Tuttavia, in

letteratura sono disponibili specifiche chiavi di caratterizzazione che rappresentano *modelli di combustibile* standard, i quali descrivono i *parametri fisico-chimici della vegetazione* che influenzano maggiormente il comportamento dell'incendio. In particolare, i modelli disponibili sono finalizzati alla descrizione dell'incendio radente e rappresentano lo strato di combustibile che conduce il fuoco. La scelta di determinati modelli di combustibile per descrivere la copertura forestale può essere fatta con chiavi dicotomiche o tramite confronti con repertori fotografici con il vantaggio di procedere celermente, osservando o comparando, senza fare delle misure analitiche. Sono stati descritti dal *Northern Forest Fire Laboratory* degli Stati Uniti 13 modelli suddivisi in quattro gruppi (Tabella 4.1):

- erbacei (modelli 1, 2, 3)
- arbustivi (modelli 4, 5, 6, 7)
- di lettiera (modelli 8, 9 10)
- di residui di utilizzazioni forestali (modelli 11, 12, 13).

Essi esprimono gran parte delle situazioni americane. Si dispone anche della corrispondenza tra questi 13 modelli e 20 modelli di combustibile del *National Fire Danger Rating System*, messi a punto per il sistema di previsione di pericolo di incendio negli stessi USA.

Per stimare il comportamento dell'incendio, specialmente su vaste aree, si deve tenere presente che il modello di combustibile descrive lo strato di vegetazione sita negli stati più vicini al suolo, percorribile dall'incendio. La stessa tipologia di modello può presentarsi in corrispondenza di differenti tipologie forestali, di governo e di trattamento. Questo fatto comporta una difficoltà di descrizione per grandi aree. Modelli erbacei possono essere caratteristici di praterie ma anche di sottobosco.

In Europa si fa uso da tempo dei suddetti modelli, tuttavia si è riscontrato l'inconveniente della non perfetta rispondenza delle descrizioni realizzate per l'ambiente americano a quelle dell'Italia. Alcuni problemi sono stati risolti in Spagna, dove sono state condotte delle sperimentazioni che hanno permesso di migliorare la descrizione di specifiche coperture forestali.

In Portogallo, basandosi sui modelli, sono state realizzate delle carte di rischio. In Italia si ritiene che i modelli debbano essere adattati alle fisionomie che caratterizzano la vegetazione della penisola. Tuttavia, applicando due modelli che in Piemonte si sono riscontrati assai diffusi, si è provveduto alla definizione delle condizioni di incendio in cui è possibile effettuare l'estinzione con attacco diretto. Sempre su territorio del Piemonte si è provveduto alla determinazione sperimentale delle caratteristiche di un nuovo modello applicato alle coperture di conifere finalizzate alla produzione legnosa e segnatamente al pino strobo. Questa ricerca ha messo in evidenza l'opportunità di sviluppare nuovi modelli per la descrizione delle realtà italiane, conducendo sperimentazioni per definire le proprietà fisiche delle coperture vegetali combustibili.

#### *Condizioni topografiche*

La topografia è un carattere permanente che consente di valutare in modo persistente la sua influenza sul comportamento del fuoco. Si ritiene opportuno prendere in considerazione i seguenti fattori: esposizione, pendenza, giacitura.

L'*esposizione* del versante è la variabile topografica maggiormente legata alle condizioni di umidità dei combustibili durante tutte le variazioni ambientali che si verificano nel corso dell'anno. In modo particolare le esposizioni sud e sud-ovest sono assai più favorevoli alla propagazione del fuoco.

La *pendenza* è la variabile topografica più direttamente legata alla propagazione del fuoco. Quando il fronte di fiamma avanza, irraggia il combustibile antistante. In pendenza, avanzando il fronte di fiamma in salita, irraggia il combustibile in modo più che proporzionale all'aumento della pendenza. Il combustibile stesso è anche influenzato dai gas caldi che salgono per convezione. Così, avanzando la fiamma, le reazioni di combustione avverranno più velocemente, causando un procedere dell'incendio più rapido, fino a quattro volte rispetto alla velocità su terreno piano. Se la propa-

gazione della fiamma avviene in discesa, i meccanismi suddetti avvengono in modo inverso, facendo rallentare la velocità di avanzamento.

In generale, l'influenza della pendenza varia molto anche in funzione del tipo di combustibile, tuttavia alcune espressioni empiriche disponibili in letteratura legano direttamente il valore della pendenza alla velocità di avanzamento del fronte di fiamma.

#### *Condizioni meteorologiche*

Le condizioni meteorologiche rappresentano un insieme di parametri rapidamente variabili nel tempo che, se assumono determinati valori, sono capaci di influenzare in modo determinante le condizioni di sviluppo del fuoco.

Le variabili che si terranno presenti sono: temperatura dell'aria, umidità atmosferica e velocità del vento. Per raggiungere una descrizione significativa delle condizioni che possono caratterizzare lo sviluppo del fuoco per aree vaste, si ritiene opportuno estendere l'analisi a serie trentennali e fare riferimento solo ai giorni con pericolo di incendio superiore alla media. Per conoscere le condizioni di tali giorni si deve fare riferimento ai giorni con incendio della serie storica e verificarne le condizioni meteorologiche al contorno. Se non si conoscono le condizioni meteorologiche corrispondenti agli eventi verificatisi, si può approssimare tale risultato assumendo che tutti gli eventi si siano verificati nelle condizioni più severe riscontrate per l'area nel periodo considerato.

Secondo questa ipotesi si può calcolare la percentuale di giorni con incendio nella serie storica considerata e selezionare un'analogia percentuale di giorni nella serie meteorologica ordinata in ordine crescente di pericolosità (temperatura dell'aria e velocità del vento in ordine crescente e quella di umidità relativa dell'aria in ordine decrescente).

#### **4.1.5. Livelli termici**

Il comportamento degli incendi, secondo i criteri sopra descritti, assume una notevole variabilità, poiché dipende da una grande quantità di fattori, tra i quali i più importanti risultano: il tipo e la quantità di combustibile, la stagionalità, il tipo e la quantità di lettiera, le caratteristiche del suolo (tessitura, contenuto di sostanza organica, grado di umidità, ecc.). In genere, le temperature raggiunte durante gli incendi sono direttamente correlate alla quantità di biomassa bruciata, e per tale motivo la struttura della vegetazione rappresenta il principale fattore coinvolto nello sviluppo delle diverse condizioni di incendio.

In relazione alla grande variabilità del comportamento degli incendi boschivi si ha un'altrettanto ampia variabilità dei livelli termici raggiunti, e a fronte di questi sono altrettanto diversificabili i possibili danni causati, sempre considerando pari le caratteristiche dell'ecosistema che subisce l'incendio.

In generale, il flusso termico è proporzionale all'intensità del fronte di fiamma e si sviluppa soprattutto verso l'alto. Circa il 90% del calore prodotto viene dissipato per irraggiamento e convezione mentre solo la frazione rimanente del calore prodotto contribuisce all'avanzamento dell'incendio. In ambiente mediterraneo nella combustione della macchia la temperatura varia da 800 °C a 1200 °C, con valori massimi riscontrabili tra 1 m e 2 m, poi lungo la verticale la temperatura scende velocemente. Nelle coperture boschive i valori sono compresi tra 1000 °C e 1350 °C e in alcuni casi si sono raggiunti 1600 °C.

Confrontando i valori di temperature massime raggiunte sulla superficie del terreno in differenti tipi di vegetazione: i valori più elevati di temperatura sono stati registrati in formazioni a *chaparral*. È importante ricordare che le temperature si presentano molto più basse a diverse profondità del suolo per l'effetto di coibentazione del suolo stesso e della lettiera. Le temperature massime raggiunte a livello del terreno durante gli incendi della vegetazione arbustiva di tipo mediterraneo sono pari a 700-1000 °C. In contrasto con le alte temperature delle formazioni legnose gli incendi delle formazioni a prateria raggiungono valori relativamente più bassi.



In tutte le aree bruciate il fuoco riscalda la superficie del suolo fino a una certa profondità determinata dall'intensità del fuoco e dalla diffusione termica del suolo, causando un cambiamento nelle sue principali caratteristiche chimiche.

Il più significativo effetto di queste diverse temperature è rappresentato dal differente grado di combustione della materia organica e dalla sua conseguente deposizione di ceneri sulla superficie del suolo; in seguito a ciò, diversi possono essere gli effetti sul flusso di nutrienti e sui processi di erosione del suolo. Tra gli effetti indotti dal fuoco sulla superficie del suolo si hanno dei cambiamenti molto pronunciati nelle condizioni di insolazione e temperature post-incendio; questi cambiamenti possono sussistere per periodi più o meno lunghi, a seconda delle formazioni vegetali considerate, e influiscono in modo significativo sullo sviluppo dei processi chimici e biologici.

Il movimento del calore nel suolo dipende, più che dalle temperature raggiunte, dal tempo di persistenza della fonte di calore. La possibilità di raggiungere alte temperature al suolo è strettamente associata ad aree in cui si verifichi un maggior consumo di combustibile e per una maggiore durata. Le proprietà di risposta relative all'umidità dei vari tipi di combustibile variano significativamente a seconda che si tratti di legno morto, di lettiera di erbacee, di decidue o di conifere. Il contenuto di umidità di tale combustibile risulta comunque condizionato dallo spessore e dalla densità della lettiera, o in particolare dello strato di lettiera parzialmente decomposto, il cosiddetto *duff* (vd. § 2.2.2): infatti sulla base della loro porosità, l'aria può diffondere attraverso tali strati dal 60 all'80% della velocità di diffusione dell'aria libera. Inoltre, il contenuto di umidità del combustibile tende a variare con la topografia, relativamente all'esposizione e all'altitudine.

Il contenuto di umidità del suolo regola criticamente il riscaldamento nei primi centimetri al di sotto della superficie. In un esperimento di riscaldamento controllato del suolo, sono stati riportati per suoli minerali "umidi" valori mediamente pari al 20% della quantità di calore penetrata in suoli minerali "secchi". I valori massimi di temperatura superavano i 500 °C e venivano raggiunti nei suoli secchi. È stato stimato che circa l'8-10% del calore che si genera dagli incendi del *chaparral* californiano, una cenosi vegetale di tipo mediterraneo, viene assorbito e trasmesso agli strati sottostanti del suolo, mentre la rimanente quota è dispersa nell'atmosfera. In generale, aree forestali sottoposte a un fuoco "leggero" possono dar luogo a temperature superficiali che vanno da 100 a 250 °C, mentre le temperature nei primi due centimetri al di sotto della superficie non raggiungono 100 °C. In aree sottoposte a fuoco "moderato" le temperature raggiungono 300-400 °C in superficie e 200-300 nel primo centimetro al di sotto della superficie. Un fuoco "intenso" può dar luogo, a livello superficiale, a temperature di 750 °C. Oltre 2 cm di profondità molto raramente si verificano temperature di 150 °C, mentre al di sotto di 5 cm le temperature sono mediamente dell'ordine di 50 °C, ma possono durare anche più di 30 minuti.

È stata associata la possibilità di raggiungere temperature più alte con l'accumulo localizzato di lettiera in aree in cui essa sia distribuita in modo sparso e con venti intensi creati dal fuoco stesso. A livello sub-superficiale il maggiore riscaldamento si verifica nei micrositi, al di sotto di cespugli e alberi isolati, in cui si verifica la bruciatura di lettiera secca e pluristratificata. La penetrazione di calore nel suolo, sia relativamente alla quantità che alla durata, risulta determinante rispetto a eventuali effetti sulle piante, sulle proprietà fisiche e chimiche e sulla componente biologica del suolo stesso.

La situazione descritta è assai variabile nello spazio poiché si sposta con l'avanzare dell'incendio. Dopo il suo passaggio si ristabilisce velocemente la normale temperatura dell'ambiente, variando così assai velocemente anche nel tempo.

#### **4.1.6. Colonna di convezione**

Un incendio produce in grande quantità calore, gas e vapori incandescenti, che si dissipano prevalentemente verso l'alto per moti convettivi, poiché hanno una temperatura molto superiore a quella dell'aria circostante. Questi gas originano una colonna di convezione che può salire verti-

calmente e che negli incendi più estesi può assomigliare a una nube cumuliforme. Quindi, l'atmosfera attorno all'incendio viene perturbata in proporzione all'intensità del fronte di fiamma e alla dimensione totale dell'incendio stesso. Tuttavia anche l'incendio subisce delle perturbazioni ed è plasmato nel suo manifestarsi proprio dalla instabilità dell'aria: viene, cioè, a innescarsi un reciproco rapporto di influenza tra i movimenti delle masse di aeriformi dell'incendio e dell'atmosfera. Gli incendi poco intensi o poco estesi tendono a subire l'influenza dell'atmosfera e sono caratterizzati da una colonna di convezione di densità variabile che spesso si allontana dalla verticale e si espande orizzontalmente.

Negli incendi più intensi e di avanzamento più veloce la combustione è meno completa e produce quantità di particelle carboniose che fanno assumere alla colonna di convezione colore grigio-nero. In questi casi, a causa della maggiore energia disponibile, la massa di gas è più uniforme e tende alla verticalità. Spesso si assume che sia questa la vera e propria colonna di convezione, differenziandola dalla semplice colonna di fumo dei fronti di fiamma deboli.

L'evoluzione della colonna di convezione e il suo comportamento sono legati all'intensità di reazione, alla temperatura dell'aria e alla velocità del vento, che influenza il procedere dell'incendio. La massa di fumi si diffonde nell'atmosfera, salendo e raffreddandosi fino a stabilizzarsi al raggiungimento di una temperatura prossima a quella dell'aria circostante.

La vera colonna di convezione è caratterizzata da una zona detta *termica* che inizia al di sopra delle fiamme potendo raggiungere altezze di alcune centinaia di metri (talora anche migliaia). Salendo oltre si forma una zona detta *convezione della condensazione*, in cui i gas e i fumi condensano e la massa di aeriformi si espande soprattutto lateralmente. Questa parte, nei casi più gravi, può raggiungere oltre 10.000 m di altezza.

In funzione della quantità di energia emanata, la zona termica può essere assimilata a un cilindro o a un cono, poiché nel primo caso il caratteristico angolo di espansione è compreso tra  $5^\circ$  e  $10^\circ$  mentre nel secondo è tra  $15^\circ$  e  $20^\circ$ . Questi valori sono sempre in veloce evoluzione, tuttavia il loro valore prevalente caratterizza una tipologia di colonna. La vera colonna di convezione provoca un vento convettivo, radente a terra e con direzione opposta a quella di avanzamento dell'incendio, che deve essere considerato per l'eventuale applicazione della tecnica del controfuoco.

Inoltre, tutte le caratteristiche della colonna hanno importanza per esprimere un giudizio sull'incendio, sulla sua intensità, sulla turbolenza dell'atmosfera in quota e su altre caratteristiche legate alla possibilità di sviluppo e rapportate alla possibile previsione del comportamento generale. La dispersione degli inquinanti è influenzata dal tipo di colonna di convezione e dall'altezza raggiunta a seconda delle sue caratteristiche. Negli incendi più estesi si possono formare venti convettivi che raggiungono forza elevata in prossimità del fronte di fiamma.

#### **4.1.7. Previsione del comportamento dell'incendio**

I parametri esaminati possono essere stimati da numerosi modelli matematici di previsione del comportamento del fuoco. Tra essi assai noto e universalmente conosciuto è il modello di propagazione di Rothermel.

Questi modelli sono strutturati per recepire il grande numero di variabili che discendono dalle caratteristiche della vegetazione, dalla topografia e dalle condizioni meteorologiche, dalle quali in generale il comportamento del fuoco dipende.

Per la valutazione territoriale della vegetazione e della topografia potrà essere fornita una descrizione più dettagliata di quella possibile per i fattori meteorologici che dovranno essere considerati in modo più estensivo.

Per ottenere una valutazione attendibile del comportamento atteso si deve anche valutare sia la variazione stagionale dei combustibili sia la variazione continua delle condizioni meteorologiche. La previsione del comportamento del fuoco assume notevole importanza per numerose finalità pianificatorie. Infatti conoscere il probabile comportamento del fronte di fiamma è importante

sia in prevenzione sia in estinzione. Nel primo caso si può conoscere e informare il dimensionamento e la collocazione delle opere da realizzare. Nel secondo caso l'utilità si riflette sulle caratteristiche che probabilmente assumerà in fronte di fiamma informando sulla possibilità di disporre i mezzi di estinzione. Tuttavia, la previsione di comportamento è una attività complessa alla quale la comunità scientifica sta dedicando notevoli sforzi per ottenere dei miglioramenti degli strumenti attualmente disponibili per realizzarla: detti strumenti consistono in modelli matematici finalizzati specificatamente alla stima dei parametri del comportamento del fronte di fiamma. Si riportano di seguito i fondamentali criteri che sono stati seguiti per realizzare *modelli di previsione di incendio*, che si possono distinguere in *fisici* o *empirici* nella loro totalità, oppure *semi-fisici* o *semi-empirici*.

I modelli fisici si basano sui principi fisici che regolano la combustione. Il contributo teorico derivato da questi modelli è assai importante per la comprensione dell'insieme dei fenomeni che si svolgono durante un incendio. Questi modelli hanno il vantaggio di potere essere applicati in generale poiché si basano su leggi fisiche. Per contro, si ha la difficoltà della conoscenza teorica dei fenomeni dei quali alcuni aspetti non sono ancora noti.

I modelli empirici si basano sull'esperienza maturata in sperimentazioni di incendi in differenti condizioni predisponenti dai quali sono stati tratti dati. Nella costruzione di questi modelli, quindi, non si fa riferimento a leggi fisiche, ma ci si basa solo su una descrizione statistica. Per questo motivo la loro capacità previsionale è affidabile solo in applicazioni relative a scenari ambientali analoghi a quelli dai quali si sono tratti i dati. In tali realtà possono offrire risultati soddisfacenti. I modelli semi-empirici (o semi-fisici) uniscono criteri di tipo fisico a correlazioni statistiche, usate soprattutto per la descrizione di processi fisici la cui descrizione risulta eccessivamente difficile. Può essere un esempio la modellizzazione del trasferimento del calore dalla zona di combustione a quella in cui il combustibile è ancora in preriscaldamento. Questi modelli spesso sono composti da sottomodelli di tipo empirico, che si occupano di descrivere un determinato aspetto non affrontabile in modo deterministico.

#### *Ricostruzione del comportamento a posteriori*

Per realizzare interventi di ricostituzione di soprassuoli boschivi percorsi da fuoco così come per gli interventi di selvicoltura preventiva è utile conoscere le caratteristiche dei fronti di fiamma che si sono verificati in un determinato ambiente.

Risalire al comportamento assunto da un incendio in tempi successivi al suo sviluppo è, tuttavia, un'operazione difficile, che può essere fatta solo in determinate condizioni ed accettando un margine di errore variabile da caso a caso.

Infatti, mentre si possono determinare con sufficiente attendibilità sia il potere calorifico sia la massa consumata, è più difficile risalire alla velocità di avanzamento del fronte di fiamma. La determinazione di questo parametro rappresenta la maggiore difficoltà per l'individuazione dell'intensità lineare, e spesso rappresenta la maggiore causa di errore.

Pertanto, nei casi in cui serve avere delle indicazioni precise, si possono impiegare modelli di propagazione che offrono sufficiente attendibilità nello stimare le variabili che descrivono il comportamento del fuoco. Tuttavia, anche nel caso in cui si applichino dei modelli devono essere note alcune condizioni ambientali verificate nel momento dello sviluppo del fuoco, come le variabili meteorologiche.

Talvolta non è possibile ottenere queste informazioni riferendosi alla zona in cui si vuole fare la ricostruzione dell'evento. In questi casi si può ricorrere a metodi empirici per stimare l'intensità lineare. Infatti questo parametro è funzione della altezza di fiamma come evidenzia la relazione:

$$I = 272 (h)^{2,17}$$

che è ben approssimata dalla formula più facilmente applicabile in campo:

$$I = 3 (10 \cdot h)^2$$

dove:  $I$  = intensità lineare ( $\text{kW} \cdot \text{m}^{-1}$ );  $h$  = altezza di scottatura (m).

Pur essendo vero che non vi è modo di conoscere l'altezza precisa della fiamma, la si può stimare assimilandola all'altezza delle scottature lasciate dall'incendio sugli alberi. Questo modo di operare ha il vantaggio di poter risalire alle tracce del fuoco anche dopo molti anni, poiché i residui carboniosi permangono a lungo e sono facilmente visibili: anche in tempi successivi anni si trovano tracce di tessuti vegetali carbonizzati sui tronchi degli alberi, sia che essi si siano ripresi sia che siano morti per il trauma termico. Limita questa indagine l'eventuale distacco spontaneo delle scaglie di ritidoma carbonizzato, tuttavia il dissolversi delle tracce è funzione del tempo trascorso più che dell'intensità e dell'estensione della carbonizzazione.

In questo procedimento vi è una possibile fonte di errore, fino al  $\pm 20\%$ , conseguente alla difficoltà di distinguere i tessuti investiti dalla fiamma da quelli interessati marginalmente dal calore. Infatti la colonna di convezione, specialmente con fronti di fiamma ad alto tempo di residenza, tende a fare salire la temperatura a livelli tali da originare delle scottature a livelli assai più alti di quelli raggiunti dalla fiamma, intesa come fase visibile della massa di gas in combustione.

Per tale motivo è necessario distinguere i danni termici derivati dal calore della colonna di convezione da quelli della fiamma vera e propria. I secondi di solito sono a carico dei combustibili più minuti, sono meno profondi e derivati soprattutto da fenomeni di pirolisi. I secondi corrispondono prevalentemente a combustione viva, nella quale si innescano sugli strati superficiali reazioni esotermiche a partire da un campo di temperature comprese tra 150 e 250 °C.

Per questi motivi questo procedimento di indagine è efficace solo se svolto da tecnici di sufficiente esperienza, considerando che tende a sopravvalutare l'intensità lineare.

Nelle zone dove il soprassuolo è esclusivamente erbaceo non è possibile rinvenire tracce utili per questa determinazione, tuttavia anche in questo caso si possono trovare delle tracce che dimostrano il passaggio del fuoco anche a notevole distanza di tempo dall'evento.

#### **4.1.8. Probabilità di incendio**

Una delle variabili che concorrono a definire il comportamento atteso degli incendi boschivi è la probabilità che su un determinato territorio si verifichi un incendio: essa dipende sia dalle fonti di innesco sia dalla probabilità di sviluppo dell'incendio a partire dall'innesco stesso.

La probabilità di sviluppo, per poter essere strumento di giudizio per un dato territorio, deve essere intesa su base annua unendo così le *condizioni predisponenti*, che favoriscono il propagarsi di un incendio, con quelle *determinanti*, che ne scatenano l'inizio.

Il numero di incendi e la loro localizzazione variano nell'anno con il cambiare delle condizioni dei combustibili, con il carattere della stagione vegetativa e con l'incidenza delle attività antropiche. Per valutare il potenziale pirologico si farà quindi riferimento a indicatori atti a esprimere la probabilità di incendio su base annua. Essa verrà scorporata nelle due componenti di probabilità di innesco e probabilità di sviluppo.

##### *Probabilità di innesco*

Con questo termine ci si riferisce alla probabilità di incendio generale del territorio boscato espressa mediamente per un intero anno. Per questa stima si può fare ricorso alla frequenza di incendio durante una serie storica di n anni considerandola come somma di tutti i fattori causali.

Per usare questo indicatore ci si deve riferire a un'area vasta, poiché restringendo la zona dove si avrà minore numero di eventi la frequenza perde di significatività.

##### *Probabilità di sviluppo*

Dopo il verificarsi di un innesco la probabilità di sviluppo dipende da caratteristiche climatiche e vegetazionali. Anche per esse vi è l'esigenza di fare riferimento a indicatori capaci di esprimere la variazione delle condizioni medie dei combustibili lungo tutta la stagione. Per questo scopo si è fatto riferimento a fattori topografici e altitudinali.

In particolare, i rilievi montuosi, condizionando i venti, la loro velocità e l'umidità dei combustibili, hanno notevole influenza sul comportamento del fuoco. Analizzando le frequenze di incendio sul territorio italiano, si riscontrano fasce con differente incidenza del fenomeno. Quindi per esprimere la probabilità di sviluppo si considera un criterio inversamente proporzionale alla quota.

A scala locale invece è l'esposizione del versante il parametro maggiormente legato alle condizioni dei combustibili durante tutte le variazioni ambientali verificate nell'anno. In modo particolare le esposizioni Sud e Sud-Ovest sono assai più favorevoli alla propagazione del fuoco.

#### **4.1.9. Potenziale pirologico**

Il fuoco modifica gli ecosistemi (vd. § 2), ma contemporaneamente essi influenzano il modo di propagazione del fuoco.

Per legare il disturbo arrecato alle caratteristiche dell'incendio si fa riferimento al parametro di *intensità lineare*, cioè all'emanazione termica nell'unità di tempo per unità di lunghezza del fronte di fiamma. L'*intensità del fronte di fiamma* è un parametro fondamentale del comportamento, ed è assunta proporzionale al danno.

In un territorio boscato può esserci una determinata probabilità di incendio con determinate caratteristiche. Il *potenziale pirologico* è il parametro atto a prevedere la probabilità che un incendio si verifichi e la forza distruttiva del suo comportamento.

La predisposizione di un territorio a essere percorso dal fuoco dipende da fattori causali statici come la morfologia e la vegetazione, e da fattori dinamici come quelli meteorologici. Tra quelli dinamici deve essere inoltre considerata una variazione lenta stagionale, dipendente dalla modificazione che i combustibili subiscono durante l'anno. Valutare il potenziale pirologico di un territorio significa ottenere una espressione statica, sintetizzando le variabili che esprimono tutte le condizioni che favoriscono il fuoco e la loro variazione nel corso dell'anno.

## **4.2. Analisi delle serie storiche**

A. Camia, M. Marchetti, C. Ricotta

Da un punto di vista statistico, la *serie* è una raccolta di dati che misurano un fenomeno e che sono ordinati secondo le modalità di un carattere qualitativo. Il fenomeno può essere espresso da *frequenze* (serie di frequenze) o da *intensità* (serie di intensità), mentre il tipo di serie è determinato dal carattere qualitativo di ordinamento. Nel caso della serie storica, le modalità della variabile di ordinamento si riferiscono a tempi successivi; se la modalità di ordinamento è relativa allo spazio e non al tempo, la serie sarà di tipo territoriale.

L'insieme degli incendi verificatisi in un dato territorio in un periodo di tempo definito costituisce una *serie storica di incendi boschivi*. In realtà, si analizza la serie storica degli incendi propriamente detta quando gli eventi vengono considerati nella loro successione temporale nell'ambito del periodo considerato che viene suddiviso in intervalli di tempo minori. Se viene trascurato il fattore tempo e considerata solo la distribuzione degli eventi sul territorio, la serie verrà trattata come serie territoriale.

Per applicazioni di pianificazione antincendi boschivi, vengono considerate utili a rappresentare sufficientemente il fenomeno nel territorio in esame serie estese per un periodo compreso tra dieci e quindici anni. Infatti un periodo di tempo superiore presenta lo svantaggio di coprire un arco temporale nel quale si hanno buone possibilità di riscontrare condizioni socio-economiche eterogenee nell'ambito della stessa area, o almeno significativamente diverse dal punto di vista dell'influenza esercitata sul fenomeno indagato. Per contro, con un periodo di tempo inferiore a dieci anni si rischia di non cogliere sufficientemente i diversi aspetti del fenomeno, estremamente varia-

bile da un anno all'altro.

In funzione della variabile impiegata per descrivere le distribuzioni, la serie potrà quindi essere di frequenza, esaminando per esempio il numero di incendi, o di intensità, esaminando le superfici percorse dal fuoco, in intervalli di tempo successivi o con riferimento a determinate aree.

Nel presente capitolo viene sinteticamente esaminata la serie di incendi verificatisi in Italia dal 1990 al 2000: vengono presi in esame gli aspetti temporali e spaziali delle distribuzioni, esaminando i principali caratteri degli incendi verificatisi nel nostro Paese (frequenze e superfici percorse).

#### **4.2.1. Distribuzioni temporali**

Le distribuzioni temporali principali da prendere in esame sono mirate a evidenziare l'andamento del fenomeno nel corso degli anni, dei mesi, dei giorni, della settimana e delle ore della giornata. I dati sono normalizzati all'unità di riferimento: pertanto, nelle distribuzioni temporali che lo richiedono sono ricavate le frequenze medie, le superfici totali medie e le superfici medie a incendio. Ad esempio, per le distribuzioni annue la normalizzazione non è necessaria, mentre con riferimento alle distribuzioni mensili si possono ricavare: frequenza media in ciascun mese, superficie totale percorsa in media, superficie media a incendio in ciascun mese.

##### *Distribuzione annuale*

La frequenza annuale degli incendi boschivi in Italia nel periodo dal 1990 al 2000 è pari a 11.030 eventi all'anno, tuttavia esiste una notevole variabilità da un anno all'altro. Si ritiene che tali variazioni siano da attribuirsi prevalentemente a contingenze meteorologiche, la cui variabilità giustifica il ricorso a serie storiche di almeno dieci anni, come precedentemente indicato, per consentire di cogliere il fenomeno nelle sue diverse possibilità di manifestazione. La diminuzione tendenziale del numero di incendi che si osserva nella seconda metà del periodo considerato è probabilmente interpretabile nello stesso modo. In ogni caso tale considerazione richiederà una conferma negli anni a venire. Allo stato attuale si considereranno gli incendi del periodo selezionato come rappresentativi della situazione pirologica all'attualità, esaminata nelle sue diverse possibilità di espressione.

La superficie percorsa da incendi è più influenzata dalle attività svolte dal servizio di prevenzione diretta ed estinzione degli incendi, mentre il numero degli incendi è più difficilmente controllabile dall'uomo nel breve periodo, poiché le cause determinanti sono prevalentemente legate a contingenze socio-economiche.

I valori medi della serie sono pari a 53.473 ettari e 63.487 ettari di superfici annue percorse rispettivamente di territorio boscato e non boscato, per un totale di superficie media annua percorsa pari a 116.960 ettari. La variabilità tra gli anni della superficie percorsa è superiore alla variabilità del numero di incendi. Il coefficiente di variazione di tale variabile è pari al 43% mentre per le frequenze era pari al 30%. In effetti è più difficile in questo caso individuare una tendenza come per la serie delle frequenze. Inoltre si può osservare che mentre fino al 1996 erano più diffusi gli incendi su superfici non boscate, a partire dal 1997 risultano prevalere incendi su superfici boscate. Tale dato, se da un lato può essere considerato preoccupante, dall'altro deve essere valutato attentamente, poiché il modo di raccogliere i dati e, in questo caso particolare, il concetto di area boscata sono cambiati nel tempo, imponendo maggiore cautela nell'interpretare e trarre conclusioni dalle statistiche.

Per avere una indicazione più precisa dell'andamento annuale del fenomeno, si è calcolata la superficie media a incendio, data dal rapporto tra la superficie totale percorsa e il numero degli eventi (Figura 4.1). A fronte di una media generale di 10,5 ettari percorsi a incendio in tutto il periodo considerato, si osserva una leggera inversione di tendenza. In particolare, negli 1998-2000, nei quali il numero di incendi risulta diminuito, la superficie media a incendio risulta aumentata. Pertanto si possono riconoscere anni nei quali le condizioni sono state comunque favorevoli, con

modeste frequenze e superficie percorse, come il 1995 e il 1996, e anni nei quali, a fronte di un numero di incendi più contenuto, le superfici percorse sono state comunque elevate. Questo fatto può avere sue spiegazioni: il manifestarsi negli ultimi anni di periodi brevi particolarmente difficili, con eventi notevolmente estesi che hanno fatto lievitare le medie: possibile peggioramento tendenziale del servizio di protezione o modifica nel modo di archiviazione dei dati, con esclusione degli incendi di più limitata estensione dalle procedure di archiviazione e conseguente significativa diminuzione del numero di eventi registrati ma sostanziale tenuta della superficie totale percorsa. Si ritiene quest'ultima ipotesi la più verosimile, ma le motivazioni potrebbero essere più d'una e ulteriori approfondimenti sarebbero necessari per una conclusione definitiva.

#### *Distribuzione mensile*

La distribuzione degli incendi boschivi nei mesi mette in evidenza e permette di dimensionare la stagionalità del fenomeno. In Figura 4.2 viene riportata la distribuzione della frequenza media di incendio nei mesi dell'anno nel periodo considerato. La concentrazione di eventi nel periodo estivo con il massimo nel mese di agosto evidenzia la stagionalità tipica delle aree a clima mediterraneo. Per contro, il massimo relativo del mese di marzo è indicativo della stagione di incendi invernale che si manifesta, con minore pericolosità, nelle regioni settentrionali del nostro Paese.

Una tendenza analoga si evidenzia osservando la corrispondente distribuzione delle superfici percorse (Figura 4.3). La suddivisione del territorio nazionale in zone a diversa stagionalità del fenomeno sarà esaminata nel paragrafo relativo alla distribuzione spaziale degli eventi. Sulla base dell'analisi dei dati disaggregati per regione è stato possibile separare in senso temporale le due stagioni di pericolosità, denominate per brevità stagione estiva e invernale, come segue:

- *stagione di incendi estiva*: tipica delle regioni a clima mediterraneo, con periodo di maggiore pericolosità da giugno a ottobre;
- *stagione di incendi invernale*: tipica delle regioni a clima temperato, con periodo di maggiore pericolosità da novembre a maggio.

Nella stagione di incendi invernale (e quindi prevalentemente nelle regioni a clima temperato) si ha una maggiore proporzione di superficie boscata percorsa, mentre nella stagione di incendi estiva (e quindi prevalentemente nelle regioni a clima mediterraneo) prevalgono tra le superfici percorse quelle non boscate (Figura 4.3). Questo in parte è interpretabile con riferimento alla diversa connotazione assunta dagli incendi boschivi nelle regioni del meridione, dove il fenomeno si manifesta sempre più frequentemente anche negli spazi rurali.

In Figura 4.4 è riportata la superficie dell'incendio medio nei mesi dell'anno. Sebbene l'andamento tendenziale nel corso dell'anno sia analogo, si deve rilevare una maggiore omogeneità della distribuzione rispetto ai grafici precedenti. In particolare, il valore relativamente elevato assunto dalla superficie media a incendio nei mesi a bassa frequenza. Si ritiene che questo sia dovuto in parte alla difficoltà di mantenere il servizio di estinzione in ottima efficienza nei mesi in cui il livello di allerta diminuisce. Inoltre, con riferimento ai mesi invernali, il valore elevato delle superfici medie è anche attribuibile alla particolarità del fenomeno degli incendi boschivi in aree in cui si possono manifestare dei picchi di pericolosità di incendio concentrati in pochi giorni, a fronte dei quali si possono avere alcuni incendi di notevole estensione.

#### *Distribuzione giornaliera*

Nelle distribuzioni giornaliere vengono qui incluse le distribuzioni temporali con cadenza sia giornaliera che oraria.

Per quanto riguarda il primo aspetto si intende verificare la relazione tra la frequenza di incendio e i giorni della settimana (Figura 4.5). La frequenza nei giorni di sabato e domenica è leggermente superiore a quanto atteso se non ci fosse un effetto di fine settimana ad aumentare le occasioni di incendio. Infatti, nel caso in cui tutti i giorni fossero uguali, in ciascun giorno si avrebbe una uguale percentuale attesa di incendi pari a 14,3%, mentre nel caso in esame il sabato presenta il

14,7% e la domenica il 15,5%. È stato eseguito un test del *chi-quadro* con i dati 1990-2000 dal quale è risultato che la differenza di frequenza che è riscontrata tra i giorni è altamente significativa ( $p < 0,01$ ). Si può quindi concludere che la maggior frequenza di incendio nei fine settimana è statisticamente significativa, tuttavia si deve anche rilevare che ai fini pratici l'entità della differenza sia in definitiva solo parzialmente rilevante.

In Figura 4.6 vengono riportate le frequenze e le superfici percorse in funzione dell'ora di innescio dell'incendio. I valori massimi si hanno nelle ore centrali della giornata. In particolare alle ore 14 si ha il massimo di frequenza e alle 13 il massimo della superficie percorsa. Dalla posizione relativa delle spezzate è possibile dedurre che gli incendi del pomeriggio (dalle 13 alle 20) sono mediamente contenuti entro superfici minori rispetto a quelli notturni e quelli antimeridiani.

#### **4.2.2. Distribuzioni di frequenza delle superfici percorse**

Per caratterizzare gli incendi è opportuno procedere all'analisi delle distribuzioni di frequenza delle superfici percorse. Tali distribuzioni sono solitamente caratterizzate da una forte asimmetria, con molte osservazioni concentrate intorno a valori di superficie relativamente bassi e pochi grandi eventi che determinano una lunga coda in senso positivo della distribuzione stessa. La conseguenza della forte asimmetria di tale distribuzione è che, nella quasi generalità dei casi, pochi grandi incendi interessano gran parte della superficie totale percorsa nel territorio esaminato. Inoltre, a causa della presenza di valori estremi, la media aritmetica deve essere interpretata con cautela per la scarsa robustezza che la caratterizza.

È quindi utile analizzare le frequenze degli eventi per classi di superfici percorse ed evidenziare i corrispondenti livelli di superficie percorsa dagli incendi delle medesime classi di superficie (Figura 4.7). Per facilitarne la lettura, nel grafico le classi sono di ampiezza variabile.

In Italia, il 42% degli incendi registrati negli archivi ha interessato una superficie complessivamente inferiore all'ettaro e il 57% inferiore a 2 ettari.

Per contro, gli incendi di grande superficie, superiori a 100 ettari, rappresentano in numero circa 1,5% del totale degli eventi verificatisi nel periodo 1990-2000. Tuttavia, se consideriamo le superfici percorse da tali eventi, vediamo che questi hanno interessato una superficie complessiva pari a circa il 48% del totale della superficie percorsa in Italia nello stesso periodo.

Tali analisi, di grande interesse per la pianificazione antincendi boschivi, possono essere facilitate dalla costruzione di curve cumulative degli eventi. Nella Figura 4.8 sono riportate le distribuzioni cumulative riferite alle classi di superficie fin qui utilizzate. Per facilitarne la lettura le distribuzioni cumulative della Figura 4.8 sono rappresentate in senso inverso. Il valore letto sulle ordinate della distribuzione del numero di incendi indica la percentuale di incendi, in numero, di superficie uguale o superiore alla classe. Il valore letto sullo stesso asse relativo alla distribuzione delle superfici indica la percentuale di superficie totale percorsa dagli incendi di superficie uguale o superiore alla classe. Ad esempio, dal grafico si può osservare che circa il 7% degli eventi sono di dimensioni maggiori di 25 ha, e che questi stessi eventi hanno complessivamente percorso una superficie pari a più del 70% della superficie totale percorsa in Italia nel periodo considerato.

#### **4.2.3. Distribuzioni spaziali**

Nella Figura 4.9 è riportata la carta della frequenza di incendio media annua nelle diverse Regioni. Il campo di variazione è molto ampio: da 18 incendi annui della Val d'Aosta a oltre 3000 della Sardegna. Nell'interpretare i valori si deve comunque mantenere una certa flessibilità, tenendo conto del fatto che il modo di raccogliere e registrare i dati non è omogeneo in tutte le Regioni e che le differenze maggiori si riscontrano nelle Regioni autonome, che hanno talvolta messo a punto protocolli di archiviazione specifici e differenti dal rimanente territorio nazionale. Nel caso particolare la differenza rilevante è nel modo di intendere il concetto stesso di incendio boschivo.



Infatti, in alcune Regioni vengono registrati sistematicamente come incendi boschivi tutte le combustioni che si verificano negli spazi naturali o semi naturali indipendentemente dalle loro dimensioni o intensità, mentre in alcune realtà un evento di limitate dimensioni non viene registrato, o ancora in altre regioni viene o è stato in passato registrato come *principio di incendio* (e quindi non entra nel conteggio degli incendi boschivi).

Analoga variabilità si riscontra per la distribuzione delle superfici percorse dal fuoco (Figura 4.10), ove è possibile dimensionare l'entità della maggiore gravità del fenomeno nelle Regioni meridionali ed insulari. Inoltre si conferma la diversa proporzione tra superfici boscate e non boscate percorse nelle aree a diversa stagionalità di incendio e quindi la differente connotazione assunta dal fenomeno nelle Regioni a prevalente clima mediterraneo rispetto a quelle a prevalente clima temperato.

Con riferimento alla stagionalità di incendio, in Figura 4.11 si riportano, per le diverse Regioni, le distribuzioni della frequenza relativa di incendio nei mesi dell'anno. Le Regioni sono quindi classificate in funzione della stagionalità prevalente. Secondo quanto precedentemente illustrato, con stagione di incendi estiva si indica il periodo da giugno a ottobre, con stagione di incendi invernale il periodo da novembre a maggio. Una Regione è definita come caratterizzata da una delle due stagionalità di incendio (invernale o primaverile) se almeno 2/3 degli incendi sono concentrati in uno dei due periodi indicati, in caso contrario la Regione è classificata a stagionalità di incendio mista (invernale e primaverile).

La distribuzione delle superfici percorse nelle stagioni dell'anno è riportata in Figura 4.12, che conferma l'andamento stagionale relativo alla frequenza di incendio.

Nelle Figure 4.13 e 4.14 sono riportati i valori delle superfici rispettivamente dell'incendio medio del periodo considerato (1990-2000) e dell'incendio con superficie massima verificatosi nella Regione nel medesimo periodo. Come già osservato in precedenza, nelle Regioni settentrionali, a fronte di un più modesto numero di incendi, di incendi mediamente di intensità ed estensione più contenute e di pericolosità generalmente inferiore nel corso di tutta la stagione, si possono avere periodi concentrati di elevata pericolosità, ai quali fanno talvolta riscontro eventi di eccezionale gravità, come dimostrano i grandi eventi che si sono verificati nel corso del periodo 1990-2000. Nelle Regioni centrali e meridionali, in diversa misura, si ha invece un livello di pericolosità più elevato lungo tutta la stagione degli incendi (quella estiva) e quindi maggior frequenza di incendi, eventi con superficie percorsa mediamente superiore e frequentemente anche di grandi dimensioni (superiori ai 100 ettari), ma raramente superiori a 1000 ettari.

### **4.3. Analisi della pericolosità**

A. Camia, G. Bovio

La *pericolosità* di incendio boschivo in un determinato territorio esprime la possibilità del manifestarsi di incendi unitamente alla difficoltà di estinzione degli stessi: è, quindi, un parametro che esprime l'insieme dei fattori di insorgenza, di propagazione e di difficoltà nel contenere gli incendi boschivi.

Vi sono differenti procedimenti che si possono adottare per descrivere la pericolosità. In generale, la pericolosità di incendio si può esprimere con alcune variabili caratterizzanti che devono essere selezionate a seconda delle dimensioni del territorio che si considera.

Per definire la pericolosità degli incendi boschivi a scala nazionale si è ritenuto necessario ricorrere all'elaborazione della serie storica degli incendi piuttosto che non avvalersi di variabili puntuali da misurare sul territorio. In tale modo si interpreta l'insieme degli eventi come la risultante dell'azione concomitante di numerosi fattori di pericolosità. Si è fatto quindi riferimento a statistiche di sintesi relative agli incendi verificatisi nel recente passato. È stato scelto l'arco temporale 1990-2000 per poter disporre di una serie di dati sufficientemente ampia da garantire la significatività

statistica, senza tuttavia comprendere l'influenza delle variazioni socioeconomiche che possono, in differente misura e in modo non precisamente valutabile, influenzare i fattori antropici di insorgenza.

Le statistiche sono state opportunamente individuate al fine di cogliere i diversi aspetti di manifestazione del fenomeno. Tali aspetti si riferiscono in generale alla frequenza degli eventi e alle loro caratteristiche. In particolare si elabora una serie di statistiche di sintesi, che caratterizzano le unità territoriali di base, e per ciascuna di esse viene costruito un *profilo di pericolosità*, costituito dall'insieme delle statistiche di sintesi. Le aree territoriali di base sono delle aree omogenee per caratteri pirologici e sono stabilite nella loro dimensione da analisi pianificatorie. In questo contesto, essendovi l'esigenza di valutare tutto il territorio nazionale, le unità territoriali da prendere in considerazione sono le Province. Un aspetto interessante del metodo è che le variabili individuate non vengono assemblate in un indice ma tenute disaggregate, ciascuna a rappresentare uno specifico aspetto della pericolosità stessa. Ciò che descrive la provincia è quindi l'insieme delle variabili, cioè il profilo di pericolosità.

Le statistiche utilizzate a questo scopo sono state elaborate a partire dalla serie storica degli incendi verificatisi, interpretandoli in questo modo come espressione finale, risultante dell'azione concomitante dei fattori determinanti e predisponenti il loro manifestarsi. Poiché si deve descrivere tutto il territorio nazionale, queste analisi statistiche sono state impostate per rappresentare il fenomeno a grande scala facendo riferimento alle Province, poiché la loro dimensione è stata ritenuta la più opportuna. Inoltre, basarsi sulla zonizzazione delle province consente di avvalersi degli attuali dati rilevati per aree comunali sugli incendi avvenuti.

L'analisi degli incendi boschivi che si sono verificati nelle Province ha portato a una loro caratterizzazione avvalendosi delle serie storiche che descrivono gli incendi che li hanno interessati nel periodo 1990-2000 (11 anni).

Vengono di seguito descritte singolarmente le statistiche impiegate per analizzare la pericolosità nelle Province e costruirne i profili di pericolosità.

La prima statistica è il numero degli incendi boschivi che si verificano nella provincia in media all'anno. Tale carattere esprime la misura della concentrazione media degli incendi nel territorio della provincia e, come le altre variabili di frequenza, è rapportata all'unità di tempo, considerata per uniformità di un anno, al fine di uniformarne i valori.

Quale ulteriore statistica di frequenza si è calcolato il numero degli *incendi boschivi di grande superficie* verificatisi nella Provincia ogni anno. L'espressione della concentrazione è qui limitato ai soli eventi ritenuti eccezionali per tutto il territorio. Le frequenze delle superfici percorse dagli incendi di numerose realtà italiane ed estere ci mostrano una forte asimmetria positiva nelle distribuzioni e un notevole campo di variazione. Infatti, generalmente sono pochi incendi di grosse dimensioni i responsabili di gran parte del totale della superficie percorsa. Si è pertanto ritenuto importante mettere in evidenza con una variabile specifica i luoghi in cui questi incendi si manifestano.

Il problema che rimane per la completa definizione della variabile è la soglia di superficie per discriminare gli incendi di grandi dimensioni. Poiché la variabile ha lo scopo di mettere in evidenza situazioni eccezionali per il territorio, il criterio adottato è stato quello di definire l'incendio di grandi dimensioni non in termini assoluti ma in relazione all'insieme degli incendi della serie storica di tutto il territorio nazionale. In precedenti applicazioni della metodologia, realizzate a scala regionale, si erano considerati quali incendi di grossa superficie gli  $n$  incendi maggiori, dove  $n$  era pari al 10% del totale degli incendi della regione nel periodo considerato. Per la definizione della pericolosità su scala nazionale si è ritenuto opportuno evolvere tale criterio. In effetti la grande eterogeneità del fenomeno, con la compresenza di situazioni estremamente diversificate, induce a dettagliare ulteriormente il criterio di individuazione dei grandi incendi. Nella Figura 4.15 viene riportata la distribuzione cumulativa della serie di incendi in Italia dal 1990 al 2000. Dal grafico si può, ad esempio, osservare che il 75% degli eventi hanno avuto superficie inferiore a 5 ettari, che questi eventi hanno interessato una superficie complessiva pari a circa il 10% della superficie tota-

le percorsi in Italia nel periodo considerato e che pertanto gli incendi maggiori di 5 ettari hanno interessato complessivamente il rimanente 90% della superficie percorsa totale in Italia. Dall'esame delle distribuzioni cumulative sono state individuate due soglie dimensionali di eventi, che si ritengono significative per discriminare le diverse situazioni riscontrate nella penisola. Le superfici di 10 ettari (14% degli incendi più grandi, con 88% della superficie percorsa totale) e 100 ettari (circa 2% di incendi più grandi con quasi il 50% della superficie percorsa) sono quindi state selezionate quali soglie dimensionali per garantire una esauriente descrizione della diversificazione del fenomeno nelle diverse Province italiane.

Pertanto, le variabili introdotte sono così definite:

- numero di incendi boschivi di superficie maggiore di 10 ha che si verificano nella Provincia in media all'anno;
- numero di incendi boschivi di superficie maggiore di 100 ha che si verificano nella Provincia in media all'anno.

Spesso, per la definizione dei parametri di pericolosità si prevede una metodologia che calcola il numero di anni con incendio, espresso in percentuale sul totale degli anni della serie storica, quale espressione della episodicità-continuità del fenomeno nel tempo. La statistica ha quindi capacità discriminativa, tuttavia si adatta ad aree piccole e medie. Nel caso della presente indagine svolta a livello provinciale, a causa dell'estensione territoriale comunque vasta, gli incendi si verificano regolarmente, almeno una volta l'anno. Ciò vale per la quasi totalità delle Province italiane. La statistica in questo contesto non ha alcuna capacità discriminativa e quindi non è stata utilizzata.

Ulteriori statistiche sono state considerate per descrivere i caratteri degli eventi che interessano una realtà territoriale.

Tra queste la superficie media percorsa dal fuoco da un singolo evento è una statistica di posizione che sintetizza la dimensione degli eventi e deve essere affiancata da altri descrittori. Infatti, essendo influenzabile dai valori estremi, può essere maggiormente utile per esprimere dei confronti tra aree, piuttosto che non per informare sulla caratteristica del fenomeno che più frequentemente si incontra. La media aritmetica non è infatti una statistica robusta e, poiché le serie di incendi boschivi sono, come visto, fortemente asimmetriche e presentano alcuni eventi di superficie eccezionalmente elevate, si presta a essere male interpretata. Il parametro superficie media quindi non definisce, come si sarebbe portati a pensare, la caratteristica di estensione tipica della Provincia.

Per i motivi illustrati alla superficie media è stata affiancata la superficie mediana percorsa dal fuoco. Questa variabile è il valore di superficie percorsa al di sotto della quale si collocano il 50% degli eventi e altrettanti al di sopra. Nel caso di distribuzioni fortemente asimmetriche, la mediana esprime più della media aritmetica il concetto comune di fenomeno medio. Descrive pertanto, meglio della media aritmetica, la superficie dell'*incendio tipo* nella Provincia, in quanto statistica più robusta e non influenzata, come la media, dai valori estremi della distribuzione.

Per avere una statistica indicativa della massima espressione del fenomeno in una data provincia è stata calcolata la superficie massima percorsa dal fuoco, cioè l'estensione dell'incendio più grande che si è dovuto fronteggiare nel corso della serie storica. L'indicazione segnala il livello massimo di pericolosità cui il fenomeno è arrivato in quella provincia nel corso del periodo considerato.

Un'ulteriore statistica descrittiva delle caratteristiche degli eventi verificatisi è la media dei rapporti superficie percorsa/durata degli interventi. Tale grandezza esprime la diffusibilità media degli eventi verificatisi nella provincia considerata. Si noti che si è calcolata la media armonica, in quanto si tratta di dati espressi come rapporti. La durata dell'incendio è intesa come intervallo di tempo, espresso in ore, tra il momento dell'innescò e la fine dell'intervento. In questo modo si ottiene un giudizio sulla diffusibilità media legata alla difficoltà di affrontare l'evento.

Per riassumere, le statistiche che definiscono il profilo di pericolosità di ogni Provincia sono:

- numero di incendi medi annui;
- numero di incendi maggiori di 10 ha medi annui;

- numero di incendi maggiori di 100 ha medi annui
- superficie media percorsa dal fuoco;
- superficie mediana percorsa dal fuoco;
- superficie massima percorsa dal fuoco;
- media del rapporto tra superficie percorsa e durata degli incendi.

Su scala nazionale, le diverse Province hanno stagioni degli incendi differenti. Si possono in particolare distinguere Province con incendi prevalentemente estivi, Province con incendi prevalentemente invernali e Province con entrambe le situazioni. Il contesto generale nel quale gli incendi si manifestano è ovviamente molto diverso per gli incendi estivi e per gli incendi invernali, così come sono molto diverse le caratteristiche degli eventi.

Per questo si è ritenuto importante calcolare profili di pericolosità differenti per le due situazioni, distinguendo così una *pericolosità estiva*, che si riferisce esclusivamente agli incendi del periodo dal 1 giugno al 30 ottobre, e una *pericolosità invernale*, del periodo dal 1 novembre al 31 maggio. Le analisi delle distribuzioni delle variabili che costituiscono i profili di pericolosità estivi e invernali consentono di inquadrare meglio il fenomeno, nonché di collocare i valori in una scala di riferimento relativa (Figure 4.16-4.31).

#### 4.4. Analisi della gravità

G. Bovio, A. Camia

Il concetto di *gravità* fa riferimento all'importanza delle conseguenze determinate dall'azione di disturbo degli incendi boschivi in un dato territorio. Si distinguono i concetti di *gravità potenziale* e *gravità reale*.

Per quanto riguarda la gravità reale, si tratta da un lato di definire le modificazioni che gli incendi hanno indotto sull'ambiente, e dall'altro di valutarne l'importanza. L'azione di disturbo causata dagli incendi è proporzionale, a parità di altre condizioni, all'intensità del fronte di fiamma, parametro di comportamento maggiormente correlato agli effetti del fuoco. L'intensità lineare è una grandezza che varia da un incendio all'altro, ma varia anche considerevolmente nel tempo e nello spazio nell'ambito di uno stesso incendio. La definizione di gravità è quindi direttamente proporzionale alla possibilità di indagine puntuale ed alla possibilità di risalire effettivamente al comportamento degli incendi che si sono verificati.

Su area vasta si rendono necessarie alcune semplificazioni. Per questo motivo, per una valutazione generale della gravità su scala nazionale, e nel caso specifico per le singole Province italiane, è assai complessa la corretta identificazione dei valori di intensità media che caratterizzano il territorio. In questo contesto si deve pertanto accettare di assumere un valore di intensità medio uguale per tutte le Province.

Nel contesto del lavoro svolto e della scala di analisi adottata, per esprimere la gravità reale su scala provinciale si farà riferimento al rapporto tra le superfici percorse dal fuoco e le superfici territoriali. In questo senso la gravità assume la connotazione di parametro di incidenza degli incendi boschivi sul territorio stesso.

Nell'ottica della pianificazione antincendi impostata secondo obiettivi di *superficie percorsa ammissibile* (vd. § 5.3.3), è peraltro coerente valutare la gravità reale degli incendi in termini di superfici percorse dal fuoco. È infatti implicita, nella determinazione dell'obiettivo del piano, la definizione della diversa importanza e vulnerabilità al fuoco delle diverse formazioni naturali interessate dal fenomeno.

Gli incendi boschivi sono combustioni che avvengono, con determinate caratteristiche di diffusibilità ed estensione, nell'ambiente naturale, quindi non soltanto a carico del bosco ma anche, ed in certi contesti soprattutto, negli spazi rurali. Si è quindi valutata l'incidenza degli incendi boschivi separatamente per le aree boscate, per le aree naturali e semi-naturali e per la totalità del terri-

torio provinciale.

Per la valutazione delle superfici territoriali utilizzate nel calcolo dell'incidenza, si è fatto riferimento ai dati del *CORINE Land Cover* (CLC) Database, adottando quindi la stessa classificazione della copertura del suolo. Si è enucleata la superficie territoriale con coperture forestali che se pur di differente natura possono essere potenzialmente oggetto di incendio. Pertanto la *superficie potenzialmente percorribile* dagli incendi boschivi è stata intesa come corrispondente a parte della classe 3 (*Territori boscati e ambienti semi-naturali*) del primo livello del CLC, e in particolare alle zone boscate (classe 3.1) e alle zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea (classe 3.2).

Per descrivere la gravità di incendio, il territorio delle classi 3.1 e 3.2 del CLC è stato quindi riclassificato secondo le seguenti categorie:

(1) Bosco

- 3.1.1 Boschi di latifoglie
- 3.1.2 Boschi di conifere
- 3.1.3 Boschi misti
- 3.2.4. Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione

(2) Macchia mediterranea

- 3.2.3 Aree a vegetazione sclerofilla

(3) Pascoli e arbusteti

- 3.2.1 Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
- 3.2.2 Brughiere e cespuglieti

Per le restanti classi del CLC (*Territori modellati artificialmente, Territori agricoli, Zone umide, Corpi idrici*) i territori relativi si sono esclusi dal contesto potenzialmente interessato dagli incendi, perché non percorribili o solo marginalmente percorribili dai fronti di fiamma degli incendi boschivi.

È stata quindi calcolata l'incidenza percentuale annua degli incendi nelle diverse categorie. In particolare, sono stati individuati i seguenti indicatori:

- rapporto percentuale tra superficie totale percorsa annua (boscata e non boscata) e superficie territoriale provinciale;
- rapporto percentuale tra superficie boscata percorsa annua e superficie boscata provinciale;
- rapporto percentuale tra superficie totale percorsa annua (boscata e non boscata) e superficie provinciale "percorribile" (boscata e non boscata).

Si deve rilevare che nelle statistiche degli incendi boschivi, viene inclusa nella superficie boscata percorsa la superficie a macchia mediterranea. Nel nostro caso la superficie boscata percorsa, così come la superficie boscata territoriale, non include la macchia mediterranea, che è invece inclusa nella categoria superficie percorsa non boscata.

Nelle Figure 4.32-4.34 viene riportata la distribuzione spaziale nelle Province italiane degli indicatori illustrati. Dalle analisi riportate e illustrate nelle rispettive carte si evidenzia l'andamento della gravità e la sua sfumatura su tutto il territorio italiano. Si evidenziano aree di differente livello ma soprattutto si sottolinea che il fenomeno risulta grave su gran parte del territorio nazionale.

Per procedere alla classificazione della gravità di incendio si sono considerati gli indicatori:

- rapporto percentuale tra superficie boscata percorsa annua e superficie boscata provinciale.
- rapporto percentuale tra superficie totale percorsa annua (boscata e non boscata) e superficie provinciale "percorribile" (boscata e non boscata).

Il rapporto percentuale tra superficie totale percorsa annua (boscata e non boscata) e superficie territoriale provinciale non è stato considerato nella classificazione finale della gravità, per escludere dalla valutazione le aree certamente non percorribili dal fuoco degli incendi boschivi (ad esempio, le aree urbane) e quindi in questo senso esterne dal contesto territoriale specifico del problema in esame.

## 4.5. Zonizzazione del territorio italiano in funzione di gravità e pericolosità

G. Bovio, A. Camia, M. Marchetti

Il raggruppamento delle Province in classi di pericolosità omogenee è stato realizzato con riferimento a due aspetti della pericolosità, o meglio a due periodi nei quali gli incendi si manifestano nel nostro Paese: il periodo da giugno a ottobre (*pericolosità estiva*) e il periodo da novembre a maggio (*pericolosità invernale*).

La distribuzione spaziale delle classi di pericolosità estiva è riportata in Figura 4.35, mentre la zonizzazione delle classi invernali è riportata in Figura 4.36.

Le due classificazioni, e quindi la pericolosità estiva e quella invernale, devono essere tenute separate, perché espressione di due aspetti assai diversi dello stesso fenomeno. I due periodi di pericolosità interessano aree differenti del nostro Paese. In senso assoluto la pericolosità estiva è la più preoccupante, in termini sia di numero di incendi che di superfici percorse (Tabella 4.2). Per questo motivo si è ritenuto opportuno diversificarne maggiormente la distribuzione spaziale definendo 8 classi di pericolosità estiva a fronte di 5 classi invernali.

Lo scopo dell'analisi è addivenire a una zonizzazione del territorio nazionale in aree omogenee in base alla gravità reale degli incendi. In analogia a quanto realizzato per la pericolosità, è stata utilizzata la classificazione della gravità reale di incendio delle province, che costituiscono le unità geografiche di base dell'analisi, per procedere alla zonizzazione relativa.

## 4.6. Zonizzazione del territorio italiano in funzione del rischio di incendio

M. Marchetti, R. Bertani, I. Scatarzi

Perché si verifichi un incendio forestale è necessario che ci sia disponibilità di combustibile, di ossigeno e di una fonte di calore che apporti l'energia necessaria per dare inizio al processo di combustione. Se nel causare l'accensione del combustibile l'incidenza dei fattori naturali appare del tutto trascurabile (la stragrande maggioranza degli incendi nasce dall'azione dell'uomo), diverso è il ruolo che questi giocano nel determinare la facilità di propagazione del fuoco e in definitiva la possibilità che l'incendio si verifichi. Soltanto in particolari circostanze, infatti, l'insorgere del fuoco può dare luogo a un incendio forestale, circostanze principalmente determinate dalle caratteristiche che diversi fattori predisponenti, climatici, fisiografici e biotici, assumono nel territorio. Per rischio di incendio si intende la somma delle variabili, che rappresentano la propensione delle diverse formazioni vegetali a essere percorse più o meno facilmente dal fuoco. Il rischio è un fattore statico che caratterizza il territorio nell'ambito della zonizzazione attuale. Il rischio può cambiare solo sul lungo termine e deve essere mantenuto distinto dal concetto di pericolo che è per definizione variabile nel tempo, in relazione al verificarsi di più fattori predisponenti.

Negli ultimi anni, grazie anche alla grande diffusione dei Sistemi Informativi Geografici (GIS) e alla disponibilità di dati georiferiti, sono state elaborate da numerosi autori *mappe del rischio di incendio* a partire dalle informazioni sulle caratteristiche della vegetazione e sulla fisiografia del territorio. In questo modo la cartografia digitale è stata utilizzata come supporto per l'identificazione delle zone critiche, utile sia per pianificare le azioni di prevenzione, sia per organizzare le attività di estinzione. La possibilità di poter individuare e valutare le zone a diverso rischio è, infatti, il primo passo per realizzare un'efficace attività di protezione del patrimonio boschivo dal fuoco e quindi un presupposto necessario per una corretta gestione del territorio.

Un gran numero di modelli è stato sviluppato per prevedere le probabilità di innesco e diffusione del fuoco negli ambienti agroforestali e naturali. Si tratta generalmente di funzioni più o meno complesse, in cui i coefficienti di ciascuna variabile sono stabiliti sulla base dell'importanza (*peso*) che viene attribuita alla variabile stessa. Grazie alla capacità dei sistemi informativi territoriali di poter analizzare grandi volumi di dati spaziali e di confrontare e far interagire strati (*layer*) infor-

mativi diversi, è possibile ottenere una rappresentazione cartografica dell'indice di rischio determinato dal modello. Si costruisce in questo modo una mappa in cui è riportata per ogni singola *tessera* di territorio (*pixel*) il grado di rischio.

Il vantaggio principale di questi metodi risiede, oltre che nella facilità di applicazione, anche nella possibilità di utilizzare dati molto diversi, in combinazione fra loro, che possono, per altro, essere facilmente modificati a fronte di una più approfondita conoscenza del territorio o dell'influenza esercitata dai singoli fattori.

Le maggiori difficoltà nell'applicazione del modello risiedono, invece, nella scarsa disponibilità dei dati di input, soprattutto quando si ha a che fare, come nel caso in esame, con territori molto estesi, per i quali può essere molto difficile o molto costoso approntare le basi di dati.

Per elaborare una carta del rischio d'incendio per l'intero territorio nazionale è stato adottato un metodo proposto nel 1988 per gli Stati Uniti. L'algoritmo di previsione del rischio si basa su un modello additivo ponderato. La procedura eseguita è analoga a quella utilizzata nell'analisi multicriteriale, in cui occorre risolvere il problema della determinazione di un unico indice di valutazione a partire da più fattori, sia limitanti, sia predisponenti. L'obiettivo viene raggiunto attraverso una combinazione lineare dei fattori utilizzati che vengono combinati con un peso.

La valutazione dei pesi viene normalmente effettuata utilizzando i principali autovettori di una matrice quadrata reciproca di comparazione a coppie tra i fattori analizzati. La comparazione riguarda la relativa importanza dei due fattori coinvolti nella determinazione della predisposizione. Nel caso della combinazione lineare pesata occorre che la somma dei pesi adottati sia uno.

Viene, quindi, elaborato uno strato informativo in cui la variabile presa in esame è classificata sulla base del grado di rischio. Si ottengono così tanti strati informativi quanti sono i fattori di rischio presi in esame. Mediante una funzione di sovrapposizione (*overlay*), i singoli strati vengono ponderati per la produzione della carta finale del rischio d'incendio, secondo i coefficienti stabiliti dal modello (Tabella 4.3 a,b,c).

Come già evidenziato (vd. §§ 4.3, 4.4), il fenomeno degli incendi boschivi può essere ricondotto a due grandi gruppi: gli incendi estivi, localizzati prevalentemente nel Centro-Sud, e gli incendi invernali, diffusi soprattutto al Nord, sulla base della sua distribuzione spaziale e stagionale. Secondo la stagione i fattori predisponenti assumono una diversa importanza, variano quindi il loro peso e i coefficienti di rischio delle singole classi. In tal senso si pensi ad esempio al differente grado di suscettività da parte di un seminativo asciutto nelle due diverse stagioni: la possibilità che un incendio si sviluppi durante il periodo invernale, quando il terreno è stato da poco lavorato e le colture sono in vegetazione, è pressoché nulla, mentre può essere molto alta in estate a maturazione e dopo la raccolta, quando rimangono le stoppie.

Per interpretare correttamente il fenomeno è stato quindi necessario redigere due carte: una del *rischio invernale* e una del *rischio estivo*. Le variabili considerate come fattori ambientali predisponenti il rischio d'incendio sono state il *clima*, l'*uso del suolo* e l'*assetto topografico* (pendenza, esposizione, altitudine), ritenute responsabili nel determinare sia l'insorgere degli incendi sia il comportamento del fuoco.

#### **4.6.1. Clima, uso del suolo e condizioni topografiche**

I maggiori fattori predisponenti rispetto agli incendi boschivi fanno riferimento a tre grandi categorie: clima (come determinante dominante delle condizioni meteorologiche), uso del suolo (in particolare, vegetazione), condizioni topografiche.

##### *Clima*

Il clima svolge nei confronti del fenomeno degli incendi boschivi una duplice azione: influenza direttamente il tipo e la quantità di vegetazione, determina l'umidità dell'aria e conseguentemente

anche quella del combustibile. La probabilità di ignizione è direttamente correlata a due parametri fondamentali del clima: temperatura e umidità. Il comportamento del fuoco nel corso di un incendio boschivo è strettamente rapportato all'umidità del combustibile. Com'è noto, le zone più colpite dal fuoco sono quelle caratterizzate da lunghi periodi di siccità.

Il clima è determinato dall'insieme dei fenomeni meteorologici che si verificano più frequentemente e più costantemente durante l'evolversi delle stagioni, tra questi quelli che più direttamente agiscono sul fenomeno degli incendi boschivi sono di seguito elencati.

*Precipitazioni atmosferiche* - La pioggia influenza direttamente il tenore idrico dei combustibili, sia vivi che morti: su quelli vivi hanno importanza rilevante soltanto le precipitazioni di una certa intensità, mentre su quelli morti possono essere importanti, ai fini di un incendio, anche le precipitazioni di lieve entità. Oltre alla quantità totale di precipitazioni, assume particolare importanza anche la sua distribuzione temporale: piogge anche di limitata entità ma distribuite uniformemente nell'arco della stagione a rischio abbassano notevolmente il rischio d'incendio, poiché mantengono sufficientemente elevato il contenuto di umidità dei combustibili.

*Umidità dell'aria* - Un'elevata umidità relativa dell'aria impedisce ai combustibili leggeri, che tendono rapidamente a portarsi in equilibrio con l'ambiente, di essiccarsi e quindi di rappresentare dei potenziali punti d'innescio di focolai. Le variabili che governano questo fattore sono molte: i venti, l'esposizione del versante, l'altitudine, la conformazione del territorio in generale. Può influire molto anche il microclima che si viene a creare a causa della copertura arborea.

*Vento* - È un fattore cruciale per gli incendi, da molti punti di vista. Oltre a influire sull'umidità dell'aria, e quindi su quella dei combustibili, il vento ha un ruolo fondamentale nella fase di sviluppo dell'incendio, permettendo al fronte di fiamma di propagarsi a maggior velocità. Essenzialmente svolge tre funzioni: fornisce un rapido apporto di comburente, favorendo il processo di combustione; allunga la fiamma permettendole di raggiungere nuova vegetazione; trasporta frammenti infuocati causando la nascita di focolai, anche distanti dal fronte attivo. Il vento può svolgere però anche un effetto inibitorio nei confronti dell'incendio, infatti le forti raffiche possono spegnere i focolai in fase di accensione, oppure, in caso di venti freddi, abbassare la temperatura del combustibile che non riesce così a raggiungere quella di accensione. Un altro effetto contrario allo svilupparsi di un incendio che il vento può causare si ha quando spira in direzione opposta all'acclività o orienta il fronte di fiamma verso zone prive di combustibile.

*Temperatura dell'aria* - L'azione della temperatura dell'aria nei confronti di un incendio può essere diretta e indiretta: agisce direttamente riscaldando il combustibile (ma questa azione è di scarso rilievo poiché il riscaldamento diretto è sempre limitato); influisce sull'umidità ambientale e su quella del terreno. Inoltre, la temperatura influenza direttamente i processi di evapotraspirazione, quindi modifica il contenuto idrico del suolo e della vegetazione viva.

*Insolazione* - Questo parametro influenza il grado di infiammabilità del combustibile poiché la presenza di nuvole o meno nel cielo influisce sul suo contenuto d'acqua.

Per caratterizzare il clima della penisola italiana, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti vegetazionali e quelli connessi al fenomeno degli incendi boschivi, è stato utilizzato l'inquadramento proposto per l'Italia che ha preso in esame i dati termopluviometrici di 400 stazioni distribuite su tutto il territorio nazionale. L'autore ha individuato 28 tipi di clima che, oltre a mostrare una chiara autonomia bioclimatica, si presentano ben distribuiti in senso geografico. Per la *carta del rischio estivo* i 28 tipi di fitoclima sono stati classificati sulla base dell'indice ombrotermico estivo, compensato aggiungendo i valori di giugno e di maggio. Tale indice esprime il rapporto tra la somma delle precipitazioni medie e la somma delle temperature medie nei mesi di maggio, giugno, luglio e agosto. Questo rapporto, oltre a individuare il macroclima mediterraneo, può essere considerato un buon indicatore del grado di aridità estiva, parametro fortemente correlato con la probabilità d'incendio. Sulla base di questa considerazione i 28 tipi di fitoclima sono stati classificati secondo la Tabella 4.4.



Soprattutto nelle zone a macrobioclima temperato, per tutta la stagione invernale, quando la gran parte delle specie vegetali è in riposo vegetativo, un considerevole incremento di combustibile fine è dato dalla presenza di lettiera indecomposta e di erba secca. Durante il periodo invernale la temperatura, entro certi limiti, esercita un ruolo secondario nel determinare il grado di umidità relativa dell'aria e quindi dell'umidità del combustibile fine. Quest'ultima è piuttosto correlata alla quantità di precipitazioni oltre che all'azione del vento. Come parametro guida per classificare il fitoclima in funzione del grado di *rischio invernale* è stato utilizzato il rapporto tra la somma delle precipitazioni nei mesi che vanno da novembre ad aprile, e le precipitazioni totali annue: a valori bassi di questo rapporto corrispondono classi di rischio maggiori e viceversa (Tabella 4.5).

#### *Uso del suolo*

I diversi tipi di uso del suolo rappresentano il fattore più importante nel determinare il comportamento del fuoco e l'intensità del fronte di fiamma. Dalle caratteristiche della vegetazione dipendono sia la quantità sia le dimensioni del combustibile vegetale (vd. § 4.1.4).

La vegetazione deve essere esaminata soprattutto sulla base della distribuzione del materiale più fine e della parte secca che si riscontra alla periferia dei vegetali, poiché sono queste le caratteristiche del combustibile maggiormente implicate con la comparsa e la propagazione del fuoco. In un incendio, infatti, il fronte del fuoco si sviluppa in una ristretta fascia di qualche metro di ampiezza e il fusto e i rami di una certa dimensione (di solito, superiore a 8 cm di diametro) bruciano generalmente soltanto in minima parte. Sono quindi la struttura, la disposizione, il grado di compattazione e la continuità verticale dei materiali finì le principali caratteristiche che influiscono sulla minore o maggiore difficoltà di trasmissione del fuoco. In particolare, le principali caratteristiche della vegetazione combustibile sono: quantità di combustibile (carico d'incendio); grandezza e forma; compattezza; continuità orizzontale; continuità verticale; densità del materiale legnoso; contenuto di sostanze chimiche; umidità.

*Quantità di combustibile* - Si misura come peso di combustibile per unità di superficie ( $\text{kg}/\text{m}^2$  o  $\text{t}/\text{ha}$ ). Come si può immaginare la quantità di combustibile è un fattore di primaria importanza negli incendi, sia per quanto riguarda la loro intensità, che la loro durata. È, fra l'altro, un fattore che varia molto con la fisionomia della vegetazione (vegetazione rada degli ambienti predesertici: da 0 a 3  $\text{t}/\text{ha}$ ; praterie e pascoli: da 2 a 12  $\text{t}/\text{ha}$ ; macchie e arbusteti: da 20 a 100  $\text{t}/\text{ha}$ ; boschi degradati molto radi: fino a 70  $\text{t}/\text{ha}$ ; boschi normalmente sfruttati: fino a 250  $\text{t}/\text{ha}$ ).

*Grandezza e forma* - La dimensione è misurata come rapporto fra superficie totale e volume del campione. Ad esempio ramoscelli di 13 mm di diametro hanno un rapporto di  $308 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , gli aghi di pino di  $5600 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , un pascolo ha combustibile con rapporti di  $6600 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Questo fattore è molto importante poiché influenza la capacità del combustibile di scambiare calore ed umidità con l'esterno, raggiungendo prima la temperatura di accensione. Per materiali di forma sottile, sarà più facile causarne l'accensione, e arderanno poi più rapidamente bruciando in modo completo. Materiali di dimensioni simili determineranno sempre effetti simili nel comportamento dell'incendio.

*Compattezza* - È la percentuale di volume di un materiale non vuota. Minore è la compattezza di un combustibile, più facilmente potrà essiccarsi grazie a un maggiore flusso d'aria al suo interno. Quindi la compattezza influisce sulla capacità di essiccamento di un materiale e sulla velocità del processo di combustione: con maggiori vuoti si ha infatti anche un maggiore apporto di ossigeno.

*Continuità orizzontale* - È la distribuzione dei combustibili sul piano orizzontale. È fondamentale per poter comprendere e prevedere lo svilupparsi di un incendio, poiché influenza sia la velocità di avanzamento delle fiamme, sia fin dove potranno propagarsi. Una continuità uniforme di combustibile faciliterà la propagazione dell'incendio, mentre zone sgombre o con materiali

non infiammabili impediranno un'ulteriore propagarsi delle fiamme.

*Continuità verticale* - La continuità verticale determina la probabilità che un incendio superficiale si propaghi alle chiome.

*Densità del materiale legnoso* - La densità del legno è legata alla sua capacità di assorbire calore senza modificare la propria temperatura: i combustibili a bassa densità, come tronchi o radici marcite, hanno bisogno di poco calore per innalzare la propria temperatura sino all'accensione, e quindi sono molto più pericolosi in caso di salti di faville o fuochi secondari rispetto a legni più densi.

*Contenuto di sostanze chimiche* - Certi combustibili contengono sostanze chimiche volatili legate alla cellulosa come oli, resine e cere, che permettono al combustibile di bruciare anche quando non ci sarebbero le condizioni. I pini, ad esempio, contengono resina, che è altamente volatile e che quindi influenza l'intensità e la velocità di propagazione dell'incendio.

*Umidità* - Il contenuto di umidità è forse il parametro più importante nella valutazione del combustibile poiché influenza sia la probabilità che un incendio si origini sia il suo successivo comportamento. Infatti, prima che il combustibile possa bruciare occorre che tutta l'acqua in esso contenuta evapori: questo influenza la quantità di calore necessaria all'accensione e quella che il combustibile stesso può trasferire a quelli adiacenti. L'umidità è misurata come (peso umido-peso secco)/(peso secco) in percentuale. Può variare dallo 0 al 300%. Ora mettiamo in evidenza un altro parametro, strettamente legato all'umidità e riguardante la parte morta del combustibile, che verrà poi utilizzato anche nelle nostre simulazioni: il tempo di ritardo. Il contenuto di umidità dei combustibili morti varia nel tempo, a seconda delle condizioni esterne con le quali è in contatto, tendendo verso una condizione di equilibrio con queste ultime. La condizione in cui il combustibile ha umidità costante (per ogni molecola d'acqua ricevuta dall'ambiente ne perde altrettanta) è detta *umidità di equilibrio*. Il *tempo di ritardo* (*time-lag*) è la misura della rapidità con la quale una porzione di combustibile raggiunge l'umidità di equilibrio ed è definito come il tempo necessario affinché il combustibile perda 2/3 (66%) della differenza fra il contenuto di umidità iniziale e quello di equilibrio. Questo tempo dipende essenzialmente dalla dimensione della porzione di combustibile considerata, ed è per questo che viene utilizzato spesso proprio come misura di questa grandezza. Una tipica classificazione per tempo di ritardo e dimensione è riportata in Tabella 4.6: così, ad esempio, una porzione di materiale fino appartenente alla categoria "1 ora", esposta a nuove condizioni di temperatura e umidità, modificherà del 63% la differenza fra umidità iniziale e quella di equilibrio in circa 1 ora, mentre per un tronco di 90 mm occorreranno ben 1000 ore (da 40 a 50 giorni!). Questo fa capire bene perché si possa avere un grave incendio in un pascolo anche poche ore dopo una pioggia, oppure perché invece i tronchi brucino intensamente durante la notte mentre il pascolo, ancora umido per la rugiada, non sia interessato dalle fiamme. Il contenuto d'acqua del combustibile dipende dai diversi fattori, i più importanti sono: condizioni del combustibile (vivo o morto); temperatura dell'aria; umidità relativa; numero di giorni di non pioggia; posizione al sole o in ombra; vento; esposizione e pendenza (radiazione).

In conformità delle sopra menzionate caratteristiche la vegetazione può essere, pertanto, classificata in *modelli di combustibile* che descrivono i parametri fisico-chimici della vegetazione che influenzano maggiormente il comportamento dell'incendio (vd. § 4.1.4). Il metodo dei modelli di combustibile è stato definito in Nord America ma ha avuto molte applicazioni, con adattamenti, anche per tutto il resto del mondo. Nel bacino del Mediterraneo vengono utilizzati da molte amministrazioni spagnole e anche in Italia hanno avuto diverse applicazioni: secondo lo standard *Fire Behaviour*, sono stati definiti 13 modelli, classificati in 4 gruppi principali (vd. Tabella 4.1).

Mappe dei modelli di combustibile sono state utilizzate, congiuntamente con altre variabili, oltre che per prevedere il comportamento del fuoco e pianificare le attività di estinzione, anche per la produzione di carte del rischio. Tuttavia per potere ottenere questo tipo di informazioni

è necessario disporre di carte della vegetazione sufficientemente dettagliate, tali da consentire una trasposizione quasi automatica dei tipi cartografati nei relativi modelli.

Nel caso in esame, sia per le caratteristiche dei dati di base disponibili, sia per la scala di lavoro, non è stato possibile pervenire a un inquadramento a livello di singolo modello. Nell'assegnazione della classe di rischio alle categorie di uso del suolo è stato possibile, però, fare riferimento ai gruppi principali in cui sono raggruppati i modelli, a ciascuno dei quali è connesso un diverso grado di suscettività al fuoco.

Per poter disporre di una cartografia dell'uso del suolo che rappresentasse tutto il territorio nazionale ci si è avvalsi del database geografico *CORINE Land Cover*. Alle singole categorie di uso del suolo è stato assegnato un diverso grado di rischio secondo la stagione (Tabella 4.7).

### *Topografia*

La topografia ha una grande influenza sul comportamento del fuoco. Masse di terra o grandi corpi idrici influiscono sul clima generale di una regione, e a causa della morfologia del terreno si determinano, nell'ambito di uno stesso comprensorio, differenze microclimatiche considerevoli che spesso causano modifiche anche sulle caratteristiche del combustibile. La topografia è l'unica costante dei tre fattori principali che agiscono sul comportamento del fuoco, perciò è più facile prevedere l'influenza che avrà rispetto a quella dovuta ai combustibili e alle condizioni atmosferiche. I dati topografici che più direttamente intervengono sul comportamento del fuoco sono: pendenza, esposizione e altitudine.

*Pendenza* - La pendenza è un fattore molto importante che influenza la velocità di propagazione del fuoco soprattutto nelle fasi iniziali (durante i primi 30 minuti, per un fuoco di una certa intensità). In una pendice che presenta un'inclinazione compresa tra 10° e 15° la velocità di propagazione è doppia rispetto ad una superficie piana, ed è quadrupla se l'inclinazione è di 25°. L'effetto della pendenza si deve all'influenza, che questa esercita sul processo di preriscaldamento e sullo sviluppo della colonna di convezione, che a sua volta facilita il propagarsi delle fiamme alle chiome. Inoltre, le correnti di vento ascendenti e la maggiore acclività facilitano lo spostamento del fronte di fuoco. L'aumento della pendenza è causa anche di conseguenze negative nelle fasi di spegnimento del fuoco: i tizzoni possono rotolare e appiccare nuovi focolai, gli spostamenti del personale adibito allo spegnimento sono meno rapidi. Il *layer* delle pendenze, espresse in gradi (inclinazione), è stato ricavato dal *modello digitale del terreno*, definendo le classi di rischio di cui alla Tabella 4.8.

*Esposizione* - L'esposizione di un terreno influenza la quantità di radiazione solare che viene recepita localmente e quindi l'umidità e la temperatura dell'aria e del suolo. I versanti esposti al sole hanno temperature più elevate e un'umidità relativa più bassa. Alle nostre latitudini le esposizioni sud sono quelle più sottoposte alle radiazioni solari e perciò a più alto grado di rischio. Anche il *layer* delle pendenze è stato ricavato dal DEM, definendo le classi di rischio di cui alla Tabella 4.9.

*Altitudine* - L'altitudine è il fattore topografico generalmente considerato meno importante nel determinare il rischio d'incendio soprattutto quando vengono indagati territori relativamente poco estesi, a causa della sua stretta correlazione con il clima e il tipo di vegetazione. Nel caso in esame è stata presa in considerazione soltanto per l'elaborazione della carta del rischio invernale, al fine di integrare le informazioni del fitoclima tenendo conto delle precipitazioni nevose e di quelle occulte. Nebbie e lunghi periodi di innevamento precludono infatti qualsiasi possibilità di incendio. Anche in questo caso il *layer* dell'altitudine è stato ricavato dal DEM e sono state definite 5 classi di rischio (Tabella 4.10).

### **4.6.2. Aree di predisponenza agli incendi boschivi**

Le immagini ottenute dalle funzioni di *overlay* estiva e invernale presentano ogni *pixel* caratterizza-

to da un valore che corrisponde al grado di rischio di incendio (maggiore il valore, più alto il rischio). I valori di rischio variano da un minimo di 67 a un massimo di 10.000 per il rischio invernale e da 60 a 10.000 per il rischio estivo. Per ciascuna stagione il grado di rischio è stato quindi ripartito in 5 classi di pari ampiezza, ottenendo gli elaborati finali (*carta del rischio invernale*, *carta del rischio estivo*) di cui alle Figure 4.37 e 4.38.

Gran parte dell'Italia ricade nelle classi di rischio basso e medio basso, mentre è molto ridotta la superficie classificata ad alto rischio (Figura 4.39). Inoltre, sebbene le due carte del rischio non siano del tutto comparabili, si nota una significativa prevalenza delle classi a rischio medio e medio-alto nel periodo estivo.

Osservando la distribuzione spaziale emerge come i territori maggiormente interessati dal rischio estivo siano quelli dell'Italia insulare e meridionale. La gran parte della superficie delle due isole maggiori, con l'esclusione dei rilievi più alti, ricade nelle classi a rischio medio e medio alto. Nelle stesse classi ricadono inoltre la costa ionica della Calabria e della Basilicata, parte della penisola salentina e una lunga porzione di territorio che da Termoli si irradia lungo il corso dei fiumi della Basilicata e che coincide per gran parte con la fossa bradanica. Anche il litorale tirrenico, con una consistente porzione di entroterra, da Gaeta sino a Viareggio, ricade nella classe di rischio medio-alto, mentre per quanto riguarda la Liguria le zone a più alto rischio si riscontrano nella riviera di ponente.

Anche le valli delle Marche, del Molise e dell'Abruzzo sono state classificate a rischio medio-alto come le pendici più basse del promontorio del Gargano.

Le superfici a rischio alto sono piuttosto limitate ed interessano soprattutto piccole zone concentrate in Sardegna, Sicilia e nelle isole minori.

Sulle Alpi, in particolare nel settore occidentale e in quello centrale, sono diffuse molte piccole zone che ricadono nella classe di rischio medio.

Secondo la carta del rischio invernale, le zone più interessate dal rischio d'incendio si riscontrano in tutto il settore prealpino e nei fondovalle alpini. A rischio medio-alto sono risultati anche il Gargano e l'Altopiano Murgico. In tutta l'Italia appenninica e nelle isole, comunque, presentano una certa diffusione le zone classificate a rischio medio o medio alto.

Con l'avvento dei sistemi informativi territoriali vi è stata la semplificazione delle procedure di sovrapposizione di tematismi cartografici diversi, per cui dalle carte tematiche di base è possibile ottenere automaticamente carte di sintesi di tipo numerico. Mediante questa tecnica, le classi di intensità vengono fatte corrispondere a intervalli di valori numerici, a loro volta risultanti dall'integrazione degli attributi conferiti per i vari tematismi alle singole celle della matrice.

In questo modo, non si può dire che i GIS abbiano consentito di rendere meno soggettive la valutazione del rischio d'incendio, dato che comunque gli intervalli corrispondenti alle classi vengono stabiliti di volta in volta dall'operatore; né si può dire che il rischio venga espresso in termini numerici assoluti, visto che ciò che si ottiene è comunque un indice relativo, che caratterizza una porzione di territorio rispetto alle altre.

Del resto, anche per quanto riguarda i presupposti teorici sono evidenti alcuni limiti dipendenti dalle ipotesi di base del modello utilizzato, quali ad esempio considerare come indipendenti fra loro le singole celle. Gli stessi dati climatici, come dati medi di eventi meteorologici, non tengono conto degli eventi eccezionali, che sono quelli in cui spesso si verificano gli incendi di maggiori dimensioni. Non tengono conto, inoltre, di un fattore fondamentale come il vento.

Nonostante ciò, in molti casi l'ottenimento di un indice relativo può ritenersi comunque un risultato accettabile, qualora, come avviene in pianificazione, si ritenga sufficiente mettere in evidenza le aree che più di altre sono propense al rischio d'incendio. L'espressione numerica degli indici di rischio rimane tuttavia un obiettivo della ricerca, al fine di poter fornire una risposta soddisfacente alle esigenze di conoscenza del territorio e alla pianificazione su vasta scala.



## 5. SCENARI DI PIANIFICAZIONE ANTINCENDIO

### 5.1. QUADRO NORMATIVO

V. Leone, R. Lovreglio

Lo strumento base che delinea i criteri e i contenuti di un'efficace pianificazione antincendio territoriale, programmata ed organizzata, è rappresentato dalla norma nazionale di riferimento a maggior potere legislativo, e dalle leggi che disciplinano il settore a livello regionale. I riferimenti normativi che concorrono a definire il quadro generale nel quale si colloca la problematica degli incendi boschivi sono stati, nel tempo, diversi, e spesso caratterizzati da frammentarietà e scarsa riconducibilità ad un disegno organico.

Negli ultimi anni, diverse e significative sono state le disposizioni legislative adottate in materia di incendi boschivi, sia per esigenze di adeguamento del vecchio assetto normativo, ormai non più rispondente alla mutata situazione istituzionale e amministrativa, sia per necessità connesse all'emergenza contingente di un anno particolarmente funestato da incendi di vaste proporzioni.

La prima norma in materia forestale a contemplare il problema degli incendi boschivi quale minaccia al patrimonio boschivo italiano, anche se solo in termini di sanzioni e di divieto, risale al regio decreto 3267/1923.

In sede di Congresso Internazionale di Selvicoltura (Roma, 1926) fu evidenziata la necessità di contenere il problema degli incendi e si invitarono le Nazioni più colpite a far conoscere i provvedimenti intrapresi. Sulla base dell'analisi effettuata emerse un'indagine sugli incendi boschivi che forniva un confronto tra i vari problemi e soluzioni al riguardo.

Relativamente alla realtà italiana, si cominciò nel 1967 ad affrontare il problema, in seguito al convegno sulla difesa dal fuoco del patrimonio forestale tenuto a Bergamo: il tema principale da cui si partì era l'importanza del rapporto tra l'*asestamento forestale* e la lotta al fuoco. Con tale criterio si posero le basi che si ritiene debbano essere seguite negli odierni piani antincendi. Lo stesso convegno di Bergamo sensibilizzò le pubbliche amministrazioni sull'importanza della statistica degli incendi e della necessità di condurre ricerche specifiche per la pianificazione antincendi in modo corretto.

Negli anni successivi il problema degli incendi fu affrontato in modo sporadico senza precise disposizioni di legge e quindi senza precisi compiti da parte delle amministrazioni.

Per l'emanazione della prima legge organica di regolamentazione del complesso aspetto degli incendi boschivi si dovette attendere cinquanta anni: trattasi della legge 47/1975 (*Norme integrative per la difesa dei boschi dagli incendi*), il cui merito maggiore è stato di aver distinto la lotta contro gli incendi boschivi sia dalle generiche competenze del Ministero dell'Interno e del Corpo dei Vigili del Fuoco, sia dalle altrettanto generiche competenze nel settore boschivo del Ministero dell'Agricoltura e Foreste.

Con questa legge la materia degli incendi boschivi ha acquistato una propria fisionomia ed è stata contrassegnata da strutture specifiche, disciplinando sostanzialmente gli interventi preventivi, indicando le prescrizioni per la redazione dei Piani regionali antincendio boschivi, definendo sanzioni, vincoli e norme per l'accensione dei fuochi in periodo di grave pericolosità, provvedendo a trasferire le relative funzioni alle Regioni, originariamente affidate al Ministero dell'Agricoltura e Foreste.

Alle Regioni viene demandata la costituzione del Servizio Antincendio Boschivi, ferma restando la competenza dello Stato in ordine all'organizzazione e gestione, d'intesa con le Regioni, del servizio aereo di spegnimento degli incendi e dell'impiego dei Vigili del Fuoco.

I più rilevanti contenuti della legge 47/1975 possono così riassumersi:

- ai fini della difesa e della conservazione del patrimonio boschivo dagli incendi devono essere predisposti piani regionali e interregionali, articolati per province e per aree territoriali omogenee;

- i piani sono elaborati dagli organi competenti delle Regioni, che si avvalgono del personale tecnico del Corpo Forestale dello Stato, d'intesa con il Corpo dei Vigili del Fuoco, sentite le Comunità Montane; essi sono coordinati e approvati dal Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, di concerto con il Ministro dell'Interno e con il Ministro dei Beni Culturali e Ambientali;
- i piani contengono elementi sugli indici di pericolosità degli incendi boschivi nelle diverse zone del territorio, indicano la consistenza e la localizzazione dei mezzi e degli strumenti per la prevenzione ed estinzione degli incendi, stabiliscono tempi, modi, luoghi e strumenti necessari per la ricostituzione di nuovi e completi dispositivi di prevenzione ed intervento, dettano norme per la rilevazione dei sinistri;
- l'approntamento delle opere e dei mezzi per la prevenzione ed estinzione degli incendi boschivi, se indicate nel piano, è a totale carico dello Stato; quelle non contemplate sono finanziate con un contributo regionale pari al 75%.

Successivamente all'emanazione della legge 47/1975 fu sancito con il decreto del Presidente della Repubblica 616/1977 il trasferimento della materia forestale alle competenze regionali. In attuazione di tale provvedimento rimase di competenza statale l'organizzazione e la gestione, d'intesa con le Regioni, del servizio aereo di spegnimento degli incendi boschivi. Alle Regioni spettava la programmazione degli interventi di prevenzione, di lotta e di ricostituzione dei boschi bruciati. In particolare, l'avvistamento, lo spegnimento e la circoscrizione degli incendi erano, in prima istanza, di competenza dei Comandi Stazione del Corpo Forestale dello Stato, dei Carabinieri e dei Comuni, mentre la direzione ed il coordinamento degli interventi per lo spegnimento spettavano al personale forestale statale. La stesura del *piano regionale per la difesa del patrimonio boschivo dagli incendi* fu avviata in molte Regioni.

Dal 1975 al 2000, i provvedimenti legislativi in materia hanno avuto sostanzialmente finalità di intervento di emergenza, ad esempio per fronteggiare il rischio di incendi nelle aree protette e nelle zone di particolare interesse ambientale, oppure hanno avuto lo scopo di inasprire le sanzioni amministrative a carico dei trasgressori delle norme in materia di difesa dei boschi dagli incendi. Il quadro legislativo per la lotta agli incendi boschivi è stato caratterizzato nel tempo dalla emanazione di norme che hanno disciplinato i differenti aspetti della pianificazione antincendio e in particolare le misure di prevenzione, la lotta attiva, la repressione degli illeciti, la ricostituzione del manto vegetale: da un lato, disposizioni per la protezione del bosco dagli incendi emanate a livello comunitario (Regolamento 2158/1992, Regolamento 1170/1993, Regolamento 804/1994); dall'altro, le singole Regioni hanno provveduto a emanare nuove leggi spesso applicative di principi generali, ma sovente introduttive di nuove misure. Il quadro legislativo regionale appare, in proposito, frammentario e disperso.

In Tabella 5.1. sono riportati gli estremi delle leggi nazionali e comunitarie che hanno disciplinato la materia, al fine di comprendere le motivazioni che hanno spinto a sostenere e sollecitare la formulazione e l'approvazione di un nuovo strumento legislativo di riordino del complesso e disorganico quadro normativo, che è finalmente giunto con l'approvazione della legge 353/2000 (*legge quadro in materia di incendi boschivi*).

### **5.1.1. Legge 353/2000**

Preceduta da una lunga serie di lavori preparatori iniziati nel 1996 ed elaborata nel contesto del processo di decentramento amministrativo in via di realizzazione, la legge 353/2000 ha avuto lo scopo di portare ordine, stabilità e certezza in un settore operativo complesso e delicato, di individuare specifiche responsabilità ai diversi livelli istituzionali e di fornire le coordinate per una migliore integrazione dei differenti apparati operativi coinvolti nel settore antincendio, consentendo di affrontare in modo coordinato le attività di previsione, di prevenzione e di lotta attiva.

La legge 353/2000 presenta un'indubbia serie di aspetti positivi, a partire dalla definizione di

incendio boschivo (art. 2), che viene finalmente inteso nella sua accezione più ampia di incendio non solo di boschi e pascoli ma dello spazio rurale, capace di coinvolgere anche strutture e infrastrutture antropizzate.

All'art. 3 la legge prevede la redazione di *piani regionali per la programmazione delle attività di prevenzione, previsione e lotta attiva* (detti *piani antincendi boschivi* o *piani AIB*), che le Amministrazioni Regionali devono predisporre e approvare entro cinque mesi dalla deliberazione delle linee guida e delle direttive per la loro redazione.

In tale articolo è sottolineato il rapporto tra il Governo, attraverso il Ministro delegato per il coordinamento della Protezione Civile e gli organi tecnici di cui esso si avvale (Agenzia di Protezione Civile, Corpo Forestale dello Stato e Vigili del Fuoco) cui spetta la definizione delle linee guida per la programmazione regionale, e le Regioni, responsabili dirette della pianificazione territoriale e della gestione di tutte le risorse disponibili.

All'Art. 4 vengono puntualmente definite le attività di previsione e prevenzione, mutuandone l'accezione dalla vigente normativa in materia di Protezione Civile e inserendo, tra le azioni preventive, anche *interventi culturali idonei a migliorare l'assetto vegetazionale degli ambienti naturali e forestali*, per i quali sono previste opportune misure contributive in favore dei privati proprietari.

Le Regioni hanno, infatti, la possibilità di concedere contributi per incentivare la manutenzione dei boschi da parte dei privati proprietari di aree boscate, mediante operazioni di riduzione del carico della biomassa potenzialmente combustibile e di tagli selvicolturali preventivi, prioritariamente finalizzati alla conservazione dei boschi.

Si tratta di un'opportunità di grande interesse, considerando che oltre il 60% delle proprietà boschive appartiene a privati che difficilmente hanno interesse a effettuare interventi di selvicoltura preventiva per i quali, spesso, il ricavato della vendita del legname non compensa i costi sostenuti per le operazioni che appaiono quindi a "macchiatico negativo". Tale punto accoglie, positivamente, il concetto di *selvicoltura preventiva*, alla base della moderna visione della prevenzione. Viene inoltre introdotta, con il medesimo articolo, la nozione di *area a rischio* nella pianificazione territoriale.

All'art. 5 la legge prevede attività formative, nel quadro di una organica revisione dei programmi didattici delle scuole di ogni ordine e grado e corsi di formazione tecnico-pratica dei soggetti destinati a operare nelle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva.

Anche l'informazione alla popolazione viene disciplinata opportunamente (art. 6), con attenzione alle norme comportamentali da rispettare in situazioni di pericolo.

La legge definisce poi le varie fasi della lotta attiva (ricognizione, sorveglianza, avvistamento, allarme e spegnimento con mezzi da terra e aerei). A tale scopo (art. 7) conferma la catena operativa basata sulla utilizzazione dei mezzi aerei coordinata dal Coordinamento Operativo Aereo Unificato (COAU), con sede presso il Dipartimento della Protezione Civile, opportunamente integrato nella composizione da un rappresentante dei Vigili del Fuoco.

Si aggiungono, a livello regionale, le Sale Operative Unificate Permanenti (SOUP), strutture di coordinamento di nuova istituzione, deputate a gestire risorse di provenienza eterogenea, destinate alla lotta attiva quali:

- strutture regionali e propri mezzi aerei;
- risorse in mezzi e personale del Corpo Forestale dello Stato e dei Vigili del Fuoco;
- personale del volontariato, dotato di preparazione e di certificata idoneità fisica;
- risorse in mezzi e personale delle Forze Armate e delle Forze di Polizia dello Stato;
- mezzi aerei di altre regioni.

La legge dispone, in proposito, che il personale stagionale utilizzato dalle Regioni sia prevalentemente adibito ad attività di prevenzione.

Per le aree protette, sia su scala regionale che nazionale, i piani regionali di cui all'art. 1 devono prevedere idonee misure.

Nella seconda parte, dedicata alle funzioni amministrative e sanzioni (art. 10), la legge sancisce



esplicitamente la non modificabilità della destinazione d'uso, per almeno 15 anni, nelle zone boscate e nei pascoli percorsi dal fuoco.

Per le suddette aree, in caso di compravendita, è previsto, nei quindici anni successivi all'evento, l'esplicito richiamo, nell'atto notarile, ai vincoli di non modificabilità, pena la nullità dell'atto medesimo.

Per dieci anni, nei soprassuoli percorsi dal fuoco, è anche vietata la realizzazione di edifici, strutture e infrastrutture civili e produttive; per cinque anni sono altresì vietate le attività di rimboschimento e ingegneria ambientale, salvo il caso di interventi urgenti di tutela.

Per dieci anni, infine, sono vietati pascolo e caccia nelle aree percorse.

Pesanti le sanzioni, che arrivano fino alla demolizione e al ripristino dello stato dei luoghi e alla revoca di licenze per l'esercizio di attività turistiche per quanti si siano resi responsabili della violazione.

Riprendendo le norme introdotte dalla legge 428/1993, ma mai rispettate nella pratica, la legge impone ai Comuni la costituzione di un catasto delle aree percorse dal fuoco nell'ultimo quinquennio, funzionale alla corretta applicazione dei divieti e prescrizioni di non modifica innanzi citati.

Al punto 5 dell'art. 10 si prevede il divieto di azioni che determinino anche soltanto potenzialmente l'innescò di incendi, ricalcando il concetto di periodo di grave pericolosità e connessi divieti, a suo tempo introdotti dall'art. 9 della legge 47/1975.

Alle previsioni delle pesanti sanzioni si accompagna l'applicazione del risarcimento del danno ambientale, alla cui determinazione concorre l'ammontare delle spese sostenute per la lotta attiva e la stima dei danni al soprassuolo e al suolo.

L'art. 11 della legge modifica il vigente Codice Penale introducendo un Art. 423-bis, che prevede reclusione da 4 a 10 anni per chi cagioni incendio, ridotta da 1 a 5 se l'incendio è cagionato per colpa, ma aumentata della metà se dall'incendio deriva pericolo per edifici o danno per aree protette. Si tratta di una norma giustamente severa, già anticipata per stralcio dalla legge 235/2000, che però rischia di restare inapplicabile, data la frequente mancata identificazione dei responsabili nel nostro Paese.

Nelle disposizioni finanziarie (art. 12) la legge prevede, in sede di ripartizione dei fondi, che metà dello stanziamento del triennio 2000-2002, pari a 10 miliardi, sia ripartito tra le Regioni in maniera inversamente proporzionale all'entità dei danni arrecati dal fuoco alla superficie boscata regionale nel quinquennio precedente; una misura incentivante, sicuramente innovativa e interessante, che si aggiunge a quella già prevista dall'art. 7, che autorizza le Regioni a stabilire compensi incentivanti in rapporto ai risultati positivi conseguiti in termini di riduzione delle aree percorse dal fuoco.

La finalità dei suddetti articoli è quella di tendere alla riduzione e futura eliminazione delle cause che originano i cosiddetti incendi per "interessi". La logica è, infatti, quella di attenuare o interrompere il meccanismo perverso dell'*industria del fuoco* (vd. § 3.2.4), dato che gran parte delle squadre antincendio sono tuttora costituite da operatori precari pagati stagionalmente.

Dalla enunciazione, seppur sommaria, sembrerebbe che si tratti di una normativa moderna e completa, senza gravi pecche od omissioni. In realtà, la legge, se ha l'indubbio pregio di aver coagulato norme disperse in un unico testo, non presenta grandi novità tecniche, anzi si caratterizza per alcune singolari omissioni che ne attenuano, e non poco, i pregi.

Anzitutto, nulla viene detto in ordine alla responsabilità operativa, sul fronte di incendio, in occasione degli interventi di estinzione; non è chiaro pertanto, se si possa continuare ad applicare la legge 47/1975, e in particolare l'art. 7, che identifica nelle stazioni dei forestali, nelle stazioni dei Carabinieri e nei Comuni (nell'ordine) l'autorità responsabile della immediata comunicazione dell'incendio e del suo andamento all'organo forestale competente e alla immediata mobilitazione delle squadre di volontari. Gli interventi saranno diretti e coordinati dal tecnico, inviato dall'organo forestale competente. La legge 353/2000 avrebbe dovuto più chiaramente definire compiti, responsabilità e gerarchia sul teatro delle operazioni, per evitare difficoltà di coordinamento nel-

l'emergenza in atto, che non di rado si traducono in attriti ed incomprensioni, particolarmente quando alla pluralità dei soggetti operanti si accompagna una ricerca, non sempre malcelata, di benemerite da raccogliere sul campo. Il punto appare critico, anche alla luce della utilizzazione, da parte delle SOUP, di una notevole quantità di risorse umane e tecniche e della pluralità dei soggetti coinvolti in sede operativa, il cui impiego coordinato ed efficace rischia di essere inattuabile. Anche per la redazione dei piani regionali delle attività di previsione, di prevenzione e lotta attiva, vi sono alcuni punti che avrebbero meritato una più attenta esplicitazione e definizione; così le operazioni selvicolturali di "pulizia" disciplinate dal punto l), 3° comma dell'art. 3, che potrebbero tradursi, alla lettera, in dissennate iniziative di decespugliamento andante ed eliminazione di tutto il sottobosco. Si tratta, invero, di iniziative comunemente ritenute di utilità nella prevenzione e che invece, in termini di comportamento del focolaio, appaiono del tutto inutili, se non negative; esse eliminano infatti i combustibili verdi, che in realtà ostacolano l'avanzata del fuoco attraverso la dissipazione di una parte cospicua dell'energia termica sprigionata dall'incendio nella evaporazione dell'acqua dei propri tessuti. Per non parlare poi dei danni potenzialmente arrecati, in boschi già degradati, da improprie e ulteriori modificazioni della struttura complessa del soprassuolo.

Anche il termine *manutenzione del bosco*, appare poco chiaro ed ambiguo; meglio sarebbe stato parlare chiaramente di interventi colturali, termine tecnico inequivocabile nei contenuti e nelle modalità di attuazione; si tratta, peraltro, di interventi esplicitamente e correttamente menzionati al punto 2 dell'art. 4 e che costituiscono la azione portante della selvicoltura di prevenzione, basata, in buona parte, sui diradamenti e sulle modifiche della quantità e della distribuzione spaziale dei combustibili.

La legge appare, inoltre, del tutto carente in tema di ricostituzione delle aree percorse, salvo i condivisibili divieti di rimboschimento e di interventi di ingegneria ambientale nel quinquennio successivo; tra le azioni individuate dai piani sarebbe stato giusto inserire le iniziative di ricostituzione, almeno accennate per grandi linee, in funzione delle tipologie di soprassuoli percorsi, con indicazione anche di chi ne assume la responsabilità e la obbligatorietà.

Innovativo e di notevole interesse appare invece il principio delle misure di incentivazione legate alla riduzione delle aree percorse; in proposito, una misura, adottata in molti paesi, quale la costituzione di consorzi di proprietari forestali e l'obbligo, per essi, di svolgere azioni di prevenzione, utilizzando all'uopo i contributi previsti, avrebbe potuto essere opportunamente prevista, cogliendo le novità in materia di organizzazione delle attività antincendio che si stanno affermando nell'ambito dell'Unione Europea.

Una norma di tal genere, completata dall'obbligo, in caso di inadempienza, alla partecipazione alle spese vive di estinzione in modo proporzionale alla superficie percorsa, avrebbe potuto opportunamente completare le misure di prevenzione introdotte dalla legge, riducendo il diffuso atteggiamento di disinteresse dei proprietari di boschi e migliorando l'efficacia dei contributi per la prevenzione.

Si ritiene utile, in proposito, qualche richiamo alla legislazione di altri paesi europei relativa al medesimo argomento, al fine di evidenziare elementi positivi regolamentati e applicati in ambiti comunitari che presentano medesime caratteristiche del fenomeno degli incendi boschivi.

Particolarmente interessanti appaiono le iniziative legislative della Comunità Autonoma dell'Andalusia, che ha disciplinato con propria legge 5/1999 la prevenzione e lotta contro gli incendi. La normativa è stata elaborata in linea con il recente Regolamento comunitario 1257/1999, che delinea una nuova politica di sviluppo rurale, i cui aspetti caratterizzanti sono la plurifunzionalità dell'agricoltura, ossia il suo ruolo polivalente al di là della produzione, la flessibilità degli aiuti al mondo rurale basati sul principio della sussidiarietà, sul decentramento, sulla consultazione, sul partenariato. La strategia comunitaria valorizza, altresì, il ruolo essenziale delle foreste in termini ecologici, economici e sociali, e ipotizza aiuti differenziati agli agricoltori, considerati come fornitori di servizi ambientali. In tale contesto la selvicoltura risulta, a pieno titolo,

tra le misure per lo sviluppo delle zone rurali. Gli aiuti, infatti, vengono accordati a boschi di proprietà di privati o di loro associazioni per una serie diversificata di misure, al fine di assicurarne la protezione, la gestione durevole e lo sviluppo.

La legge sulla prevenzione incendi della Comunità Autonoma dell'Andalusia, nel quadro di un armonico raccordo tra Enti, identifica alcuni punti fermi:

- misure preventive allargate rispetto al solo ambito strettamente forestale;
- collaborazione e promozione di meccanismi di partecipazione sociale;
- appoggio anche economico ai proprietari, in cambio di un contributo di questi ultimi al sostenimento dei costi per i servizi di estinzione forniti dalle Amministrazioni pubbliche, con modalità differenziate di contribuzione per le azioni di difesa attuate.

Particolarmente interessante appare l'ultimo punto perché in realtà agli incendi, in molti Paesi tra cui l'Italia, si oppone ancora un meccanismo difensivo pubblico "di attesa", preordinato ad attuare iniziative di contrasto sull'evento in atto (vd. § 5.2). In queste condizioni la prevenzione è sostanzialmente assente e l'efficacia del sistema inevitabilmente condannata all'insuccesso, considerando anche una diffusa tolleranza nei riguardi del fenomeno che porta a non valutare come il fuoco metta a repentaglio beni e vite umane, scoraggi gli investimenti in campo forestale e costituisca, in ultima analisi, una grave patologia dello spazio rurale.

Un altro punto della legge 353/2000 inspiegabilmente carente è quello della investigazione sulle cause, successiva al passaggio del fuoco, da organizzare istituendo un apposito organismo o servizio o nucleo investigativo, nell'ambito delle strutture deputate alla lotta contro il crimine.

La legge avrebbe dovuto almeno istituzionalizzare la recente costituzione di un servizio di tale tipo nell'ambito del Corpo Forestale dello Stato, sulla cui efficienza non si hanno, al momento, elementi di valutazione. Si tratta, invece, di una iniziativa che in paesi quali Spagna e Portogallo pare abbia drasticamente ridotto la percentuale di incendi volontari, esplicando anche una seria azione di dissuasione sui potenziali incendiari. Essa avrebbe dovuto essere prevista, in linea di principio, anche per mettere fine alla colpevole apatia che segna il volgere dell'estate e, con essa, il graduale oblio di episodi anche di particolare gravità, i cui autori raramente vengono identificati e ancor più raramente puniti in modo esemplare e adeguato. Non è da trascurare, infatti, l'aspetto della concreta applicazione dell'innovativo art. 423-bis del Codice Penale; esso rischia di essere del tutto inapplicabile per la generalizzata mancanza di identificazione dei responsabili degli incendi, circostanza questa che agevola l'impressione generale di impunità che caratterizza il fenomeno.

Un'altra omissione della legge è quella di non aver previsto e disciplinato l'adozione del fuoco prescritto tra le misure di prevenzione; si tratta, invece, di una pratica ormai introdotta ufficialmente nella legislazione di talune Regioni, quali Piemonte e Liguria, ritenuta di estremo interesse in ambito mediterraneo, anche alla luce di numerosi progetti di ricerca finanziati dall'UE, che ne hanno evidenziato limiti, conseguenze ed implicazioni ecologiche, mettendo anche a punto strumenti di aiuto alle decisioni per applicare la tecnica correttamente e senza pericolo.

Allo stato attuale, per carenza di normativa, tale pratica non può essere invece attuata nemmeno per scopi sperimentali e di ricerca nelle altre Regioni.

Molti dei punti evidenziati potranno essere recuperati nella redazione dei piani regionali, ai sensi della legge 353/2000, per i quali un eccellente aiuto è il documento *Linee guida per i piani regionali in materia di incendi boschivi*, approvato dalla Conferenza Unificata Stato-Regioni del 19.7.2001.

### **5.1.2. Normativa regionale**

L'attuale quadro legislativo a livello regionale conferma che le norme che regolamentano la materia relativa agli incendi boschivi sono, per tutte le Regioni, elaborate sulla base della legge 47/1975, in quanto la nuova legge Quadro, di recente approvazione, non risulta ancora recepita in nessuna delle Regioni italiane, con la sola eccezione della Calabria e della Sardegna.

Dal quadro riassuntivo si può osservare che i riferimenti normativi, a livello regionale, sono rap-

presentati per 15 Regioni da norme specifiche che regolamentano il settore (difesa e prevenzione dagli incendi boschivi), mentre nelle restanti 6 (Abruzzo, Basilicata, Calabria, Emilia Romagna, Marche e Molise) l'aspetto degli incendi è disciplinato nell'ambito di leggi più generali che riguardano la tutela della vegetazione, la difesa del suolo e delle zone montane, la valorizzazione delle risorse forestali, la vigilanza ecologica e gli interventi della protezione civile, mediante specifici articoli che contemplano le misure di prevenzione e lotta da adottare in caso di innesco di focolai.

Altro elemento che caratterizza l'attuale organizzazione dell'attività antincendio nelle diverse Regioni è rappresentato dalla numerosità e diversità di organi competenti nelle diverse fasi di attività, in particolare nella previsione, prevenzione, avvistamento, intervento a terra con le squadre e con mezzi aerei, ricostituzione delle aree percorse da incendio.

Se in merito alle competenze attribuite alla Regione (programmazione, organizzazione e coordinamento generale delle attività) e a quelle tuttora ricoperte dal Corpo Forestale dello Stato (Servizio regionale di prevenzione e lotta agli incendi boschivi) le leggi regionali risultano nel complesso abbastanza chiare ed esaustive, non sempre si riscontrano sufficienti indicazioni relativamente alle responsabilità e al coordinamento di altri enti quali Provincia, Comune e Comunità montane.

Tali Enti partecipano con propri mezzi e risorse umane ad attività di spegnimento e circoscrizione degli incendi boschivi in ambito comunale, ad attività di previsione dei rischi di incendi boschivi nell'ambito dei programmi di Protezione Civile per le Province e ad interventi di prevenzione degli incendi boschivi per le Comunità montane. In taluni casi, come per la Puglia (legge regionale 18/2000), si tratta di Enti cui è conferito piena delega per l'attività antincendio.

Una nota positiva dei testi di legge regionali è il riferimento all'obbligo di redigere piani o programmi per la previsione e prevenzione degli incendi boschivi (solo nelle leggi di 7 Regioni non si fa cenno al piano antincendi boschivi).

In alcune leggi regionali (Sicilia, Toscana, Trentino Alto Adige, Umbria, Valle d'Aosta, Veneto) il legislatore ha voluto anche sottolineare e specificare i contenuti del piano, fornendo indicazioni di massima dei criteri di redazione e dei principali elementi che tale documento deve necessariamente presentare.

Un tale dettaglio rende lo strumento legislativo molto più incisivo; l'articolo relativo ai contenuti del piano si traduce infatti nell'obbligo, da parte dei tecnici incaricati di elaborare il documento, di sviluppare punti fondamentali della pianificazione antincendio che spesso vengono tralasciati solo perché non indicati dal riferimento legislativo e non certo perché di minore importanza.

Nelle leggi delle maggior parte delle Regioni non vengono affrontati tutti i principali aspetti che riguardano la difesa dei boschi dal fuoco, vista come complesso integrato di iniziative (lotta passiva, lotta attiva, interventi di selvicoltura preventiva, interventi di ricostituzione post-incendio delle formazioni vegetazionali, formazione del personale, attività di propaganda).

Si deve registrare, in particolare, l'inadeguatezza degli strumenti legislativi a livello regionale in merito alla mancanza di riferimenti relativamente a:

- 1) selvicoltura preventiva, intesa ad ottimizzare le capacità intrinseche di difesa dei diversi soprassuoli mediante interventi che modifichino la biomassa combustibile;
- 2) interventi di ricostituzione delle aree percorse da incendio, che tengano conto del cambiamento che l'habitat ha subito;
- 3) attività di propaganda nei confronti dell'opinione pubblica, importante strumento di comunicazione e informazione del fenomeno;
- 4) modalità di comportamento che possano ridurre le probabilità di incendio in aree a rischio;
- 5) norme di comportamento in caso di incendio.

Inoltre, si sottolinea una scarsa attenzione, in tutte le normative esaminate, alla previsione del fenomeno sulla base delle variabili meteorologiche, che attualmente costituiscono la principale base informativa per organizzare una efficace pianificazione antincendio territoriale, basata sulla

simulazione dell'evolversi degli eventi con decisioni in tempo reale.

## 5.2. Scenari pirologici

G. Bovio, A. Camia

Ai fini di difesa dagli incendi boschivi è utile conoscere gli scenari che li caratterizzano, dove per *scenario di incendio (scenario pirologico)* si intende l'insieme delle caratteristiche di comportamento del fuoco, dell'ambiente e delle azioni di lotta.

In questa ottica, nel presente capitolo si procederà a una descrizione generale dei principali scenari in cui si sviluppano gli incendi in Italia. L'impostazione metodologica seguita si basa sui criteri fondamentali proposti in letteratura, apportando, tuttavia, approfondimenti di impostazione e di aggiornamento di dati.

La caratterizzazione degli scenari può essere usata come base per tracciare linee di pianificazione, considerando differenti caratteri vegetazionali, topografici e climatici, che influenzano il comportamento del fuoco rendendo necessari differenti forme di prevenzione ed estinzione. L'insieme delle variabili riferite ai caratteri suddetti e la loro reciproca interazione permettono di individuare scenari-tipo rappresentativi ed estendibili alla realtà generale.

Inoltre, si è considerata la netta differenza ambientale e climatica tra gli incendi che si verificano in estate e quelli che si verificano in inverno (vd. § 4.3). Pertanto si è provveduto a una prima distinzione degli eventi in funzione della stagione in cui si verificano, motivata dal fatto che mediamente in estate gli incendi sono di intensità più elevata rispetto a quelli invernali e quindi sono affrontabili con modalità differenti.

Nelle differenti classi di frequenza stagionale sono stati considerati gli incendi in funzione della fascia di altitudine alla quale si sono verificati. Successivamente sono state prese in considerazione le variabili che descrivono il comportamento del fuoco, il bosco percorso, il personale intervenuto e i mezzi impiegati; queste variabili sono state scelte poiché ritenute capaci di informare sulle condizioni di sviluppo del fuoco.

In sintesi, per svolgere l'indagine sono state seguite le seguenti tappe:

- *aree di analisi*: definizione di grandi aree di analisi sovraregionali in funzione della massima frequenza di incendio nelle varie stagioni e definizione di subaree in base alle fasce altimetriche;
- *scenari*: descrizione degli scenari corrispondenti alle realtà riscontrate più frequentemente colpite dagli incendi.

Sono stati considerati 11 anni di dati (circa 120.000 incendi dal 1990 al 2000), opportunamente omogeneizzati e validati al fine di verificare la congruenza delle informazioni.

Il riferimento amministrativo per le analisi è stato quello comunale, sia perché non era possibile risalire per ogni incendio alla collocazione precisa del luogo di inizio, sia perché la localizzazione precisa non aveva utilità per la descrizione a larga scala.

### 5.2.1. Aree di analisi

Per la definizione degli ambiti di analisi sono stati considerati criteri legati alla stagionalità di incendio, individuando inizialmente delle macroaree; quindi, con criteri orografici sono state definite subaree di analisi, caratterizzate opportunamente per la descrizione degli scenari operativi.

La differenziazione climatica del territorio italiano comporta vari regimi di incendio, con evidenti conseguenze sui differenti scenari operativi.

In una prima fase, sono state determinate per ogni Regione le frequenze mensili di incendio. Si evidenziano, in Tabella 5.2, le frequenze relative degli incendi nei mesi, dalle quali si ha una indicazione dei periodi più problematici, con la finalità di individuare la tipologia di incendio più fre-

quente da affrontare.

Al fine di definire delle macroaree di analisi sulla base di quanto risulta dall'analisi della frequenza precedente, le Regioni sono state aggregate in gruppi caratterizzati rispettivamente da frequenza più elevata in inverno, in estate, oppure sia in estate che in inverno. Gli insiemi di Regioni di ogni gruppo rappresentano le macroaree di analisi sovregionali, sulle quali sono state svolte le indagini illustrate di seguito.

In Tabella 5.3 vengono indicate le Regioni afferenti a ciascuno dei 3 gruppi (macroaree). Di ciascuna Regione viene anche riportata la frequenza relativa di incendio nei due periodi indicati. In particolare, la stagione incendi definita come invernale corrisponde al periodo compreso tra il 1° novembre e il 31 maggio, mentre quella estiva al periodo dal 1° giugno al 30 ottobre. Le Regioni appartenenti al gruppo *Regioni con stagione incendi invernale* hanno almeno 2/3 degli eventi nel periodo relativo; analogamente, avviene per le *Regioni con stagione incendi estiva*. Quando la concentrazione degli eventi non è così marcata in un dato periodo, la Regione viene definita *con stagione incendi sia invernale che estiva*.

#### *Individuazione delle subaree di analisi*

Nell'ambito delle macroaree sono state definite subaree applicando specifici criteri di descrizione per definire gli scenari operativi e ambientali.

Per considerare l'influenza delle caratteristiche orografiche sul comportamento del fuoco, in considerazione della necessità di investire tutto il territorio italiano, si è ritenuto di fare riferimento alle zone altimetriche nelle quali l'ISTAT classifica i Comuni italiani.

Distinguendo in ogni area di analisi le differenti zone altimetriche, sono state individuate subaree descritte sia per il carattere stagionale del fenomeno incendi sia per il comportamento che questo assume nei differenti ambienti orografici e per le corrispondenti differenze di operatività.

In Tabella 5.4 è riportato l'elenco delle subaree ottenute dall'incrocio dei criteri di stagionalità degli incendi con i criteri territoriali indicati. La subarea delle Regioni a incendi invernali in montagna litoranea non è sufficientemente rappresentata, pertanto non è stata inclusa nell'elenco delle situazioni da esaminare nel seguito dell'analisi.

### **5.2.2. Descrizione degli scenari pirologici**

Per ogni subarea sono stati considerati solo gli incendi che caratterizzano il periodo di massima frequenza. Gli altri sono stati scartati per due motivi: (i) lo scopo della metodologia in argomento è definire gli eventi caratterizzanti che si manifestano più frequentemente; (ii) gli incendi di minore frequenza solitamente sono anche quelli meno diffusibili e più facili da affrontare: infatti, gli incendi estivi sull'arco alpino o quelli invernali in ambiente mediterraneo sono corrispondenti a condizioni predisponenti a cui conseguono fronti di fiamma poco intensi.

Per ognuna delle sub-aree individuate al § 5.2.1, sono stati descritti gli incendi verificatisi nel periodo di massima frequenza, esaminando in particolare:

- numero di eventi per avere in primo luogo l'informazione dell'importanza da assegnare in funzione della frequenza con la quale si presentano;
- caratteristiche della vegetazione percorsa dal fuoco. Questa variabile è stata considerata perché a parità delle altre condizioni, influenza fortemente il comportamento del fuoco. Inoltre la vegetazione contribuisce a caratterizzare gli scenari operativi per la differente possibilità di essere attraversata dagli operatori durante l'estinzione e far determinare quindi la scelta tra attacco diretto e indiretto;
- conoscenza dell'area massima percorsa dal fuoco finalizzata a giudicare la dimensione delle forze di estinzione da impiegare nei casi estremi. Questa variabile informa anche sulla possibilità del salto di faville e formazione di trappole di fuoco che aumentano proporzionalmente all'area percorsa;

- durata totale dell'incendio. Viene espressa poiché informa sull'impatto ambientale e sull'impegno che i servizi hanno dovuto affrontare per l'estinzione. Confrontata con la durata dell'intervento consente di giudicare l'impegno dei servizi di estinzione nella fase organizzativa e di avvicinamento precedente all'estinzione;
- durata dell'intervento di estinzione in funzione della quale si giudica la necessità di ricambio degli operatori e dei mezzi. La durata dell'intervento (combinata con la superficie) esprime anche il probabile numero di interruzioni al servizio di estinzione che devono essere previste per il riposo delle persone, il cambio delle squadre, il rifornimento dei mezzi.

Nelle Tabelle 5.5 e 5.6 sono indicate le formazioni forestali e le principali caratteristiche degli incendi esaminate nelle diverse subaree di analisi.

#### *Scenari più significativi*

Sulla base delle variabili che caratterizzano le varie subaree sono stati individuati gli scenari maggiormente rappresentati per numero di eventi, e ritenuti caratterizzanti per condizioni tipo che devono essere affrontate. Essi possono essere quindi potenzialmente utilizzati come modelli su cui basare differenti criteri di pianificazione.

Per la descrizione degli scenari sono state inoltre svolte delle analisi sui mezzi impiegati sia terrestri sia aerei, sulle modalità di estinzione, sul tempo di raggiungimento del luogo dell'estinzione e sulle condizioni forestali in cui si è dovuto operare.

Le informazioni sulle attrezzature impiegate sono limitate alle attrezzature a motore. Le attrezzature manuali non si sono considerate poiché i dati relativi non sono risultati completi; tuttavia, per la loro importanza nel caratterizzare lo scenario delle operazioni e quindi l'impegno degli operatori, si è ipotizzato siano usate in modo uniforme per tutti gli ambienti.

Vengono di seguito presentate le descrizioni degli scenari più significativi, distinti a seconda della stagionalità prevalentemente invernale o estiva degli eventi.

#### *Eventi estivi*

*Scenario di collina interna* - Questo ambiente è caratterizzato da orografia collinare ed è lontano dalla costa. Si constata la massima frequenza degli eventi che interessano prevalentemente coperture classificate come non boscate, seguite dai cedui. Il tasso di diffusione del fronte di fiamma è tra i più elevati, così come la durata dell'incendio, mentre le attività di estinzione sono più celeri rispetto agli altri scenari. Fa eccezione il confronto con gli incendi di pianura, che risultano spesso di propagazione assai veloce. La superficie media dell'incendio è la più elevata tra gli incendi estivi: ciò può essere spiegato dalla diffusione dei terreni non boscati, che comprendono incolti spesso cespugliati, estesi su terreni che non sempre sono facilmente raggiungibili. Le informazioni relative all'uso dei mezzi di squadra fanno supporre che il ricorso all'attacco diretto sia il più frequente tra gli scenari estivi; tuttavia, prevale l'attacco indiretto.

*Scenario di collina litoranea* - Questo scenario è caratterizzato, come il precedente, dal fatto che gli incendi percorrono in prevalenza cedui e superfici non boscate. È elevata la superficie di macchia mediterranea interessata. La superficie media percorsa non è molto elevata, probabilmente a causa dell'orografia non accidentata. Si evidenzia il prevalere dell'impiego dei mezzi di squadra e motorizzati e un raro ricorso all'attacco diretto con mezzi individuali.

*Scenario di montagna interna* - La superficie media percorsa appare abbastanza elevata, mentre la diffusione del fronte di fiamma è la più bassa tra gli scenari estivi. L'impiego dei mezzi aerei raggiunge i livelli massimi sia per gli elicotteri sia per gli aeromobili ad ala fissa. L'uso dei mezzi fuoristrada è il più basso tra gli scenari estivi, probabilmente per l'orografia accidentata. I mezzi di squadra fanno supporre un prevalente attacco indiretto. Come per gli altri scenari estivi è maggiormente rappresentata la superficie non boscata, mentre il ceduo semplice è il più colpito tra tutte le coperture boscate. La diffusibilità è tra le più basse in assoluto. Queste caratteristiche fanno ipotizzare uno scenario in cui si rende utile un elevato flusso di collegamenti, sia per la difficoltà di

movimento sia per il probabile frequente variare delle condizioni orografiche. La previsione del comportamento del fronte di fiamma in queste situazioni appare difficile per l'accidentalità dell'orografia. La differenza tra il tempo di sviluppo dell'incendio e dell'estinzione risulta la più elevata di tutti gli scenari, facendo ipotizzare le più difficili condizioni di avvistamento e di raggiungimento del luogo.

*Scenario di pianura* - Il numero degli eventi è mediamente il più basso tra gli incendi estivi, per contro, tra tutti gli scenari, la diffusibilità è la più elevata. Questo fatto può essere spiegato dalla estensione della macchia, in cui il fuoco è assai veloce, e dall'orografia pianeggiante in cui il vento non influenzato dall'orografia assume velocità elevata e costante. Quindi, mentre si può ipotizzare una certa facilità di intervento nella fase iniziale, l'estinzione non è facile se l'incendio ha già raggiunto una dimensione vasta, poiché il fronte di fiamma comunque transita velocemente. La distribuzione dell'impiego dei mezzi indica la prevalenza dell'attacco diretto con mezzi pesanti terrestri, mentre è assai contenuto quello fatto con attrezzi leggeri di squadra. Si evidenzia il massimo impiego di autobotti per la facile operatività in questi ambienti. L'impiego dei mezzi aerei risulta il più contenuto di tutti gli scenari estivi.

#### *Eventi invernali*

*Scenario di collina interna* - Come in tutti gli scenari invernali la superficie boscata percorsa prevale su quella non boscata, attestandosi però al livello minimo. Prevale il ceduo semplice. La superficie media percorsa è la più bassa tra tutti gli scenari, probabilmente a causa della bassa diffusibilità, minima in assoluto, e della facilità di accesso che consente una facile estinzione. Si presuppone l'attacco indiretto. Gli interventi aerei sono più frequenti tra gli scenari invernali, sebbene comunque contenuti. I mezzi fuoristrada sono impiegati nella stessa misura degli scenari estivi, probabilmente per la agevole viabilità.

*Scenario di montagna interna* - Il numero degli incendi è il più elevato tra gli scenari invernali. Il valore di superficie media percorsa per incendio assume il livello più alto di tutti gli scenari. Anche la diffusione è ai valori più alti. Viene percorsa la massima frazione di superficie boscata, rappresentata soprattutto da cedui e da fustaie di conifere che assumono qui i valori massimi in assoluto. Si nota il massimo impiego di personale per l'estinzione dell'incendio e un probabile attacco diretto in molte situazioni. È contenuto l'impiego dei mezzi fuoristrada e degli aerei. La durata degli eventi e degli interventi è mediamente tra le più elevate di tutti gli scenari: ciò può essere spiegato con la difficoltà di raggiungere l'incendio, maggiore rispetto a quella degli scenari di montagna interna estivi. Infatti, gli scenari invernali si estendono su aree alpine dove l'orografia è assai accidentata e lo sviluppo delle strade limitato. La previsione del comportamento del fronte di fiamma appare assai complessa, sia per ragioni orografiche (come avviene per scenari di montagna estiva), sia per il variare molto repentino delle condizioni di umidità dei combustibili minuti con il cambio dell'esposizione: infatti, la frequente alternanza di valli spesso affianca aree che rimangono per lunghi periodi in ombra con altre assai soleggiate. Questi scenari sono frequenti nelle vallate alpine dove si riscontra il minimo impiego dei mezzi aerei. Talvolta il ristagno di fumo, facilitato anche da fenomeni di inversione termica, riduce la visibilità.

*Scenario di montagna interna con incendi sia estivi che invernali* - Questi scenari sono diffusi in zone particolari, in cui gli eventi si manifestano indifferentemente in inverno e in estate. La superficie media per incendio e la diffusibilità media sono relativamente contenute poiché si tratta di aree di transizione nelle quali difficilmente si verificano le condizioni più severe per la diffusione del fuoco. Si ha un valore di superficie boscata percorsa dal fuoco più elevato rispetto agli scenari di montagna interna colpita solo in inverno. Analogamente, sono maggiormente rappresentate le fustaie di latifoglie. Prevale l'attacco indiretto. La durata degli eventi e degli interventi è mediamente tra le meno elevate di tutti gli scenari.

### **5.2.3. Osservazioni e commenti**



Gli scenari descritti rappresentano una gamma di situazioni in cui inquadrare le caratteristiche pirologiche del territorio e informare le rispettive linee di pianificazione antincendi boschivi. A tal fine, è importante tenere presenti le caratteristiche salienti di estinzione comuni degli scenari. Tra esse emerge che:

- l'uso di motopompe ed atomizzatori è prevalente per gli incendi invernali e indica che, rispetto a quelli estivi, è più diffuso l'attacco diretto;
- l'appoggio fornito dai mezzi aerei è comune a tutti gli scenari, tuttavia in misura diversa; infatti, negli eventi invernali, che interessano soprattutto zone di collina e montagna interna, l'uso degli aerei appare dimezzato rispetto a quello estivo; ciò sia per ragioni orografiche, sia perché nel periodo invernale il fronte di fiamma tende più frequentemente a essere radente: per questo motivo, a parità di estensione, risulta più facile l'intervento con attacco diretto da terra;
- in tutti gli scenari si nota la prevalenza dell'intervento degli elicotteri rispetto a quella degli aerei ad ala fissa; ciò impone che nella progettazione degli strumenti di supporto alle decisioni si consideri la possibilità di conoscere e coordinare le infrastrutture che permettono l'operatività di questi mezzi: in particolare, risulta utile che il coordinatore delle operazioni di estinzione sia informato sulla dislocazione dei punti di rifornimento idrico, della capacità e portata e dello stato nel momento dell'intervento;
- la differenza tra la durata dell'incendio e quella dell'estinzione è a volte considerevole; peraltro, l'estinzione vera e propria rappresenta solo una fase delle operazioni, mentre le attività che precedono l'estinzione vera e propria e quelle di bonifica, che la seguono, richiedono comunque un impegno di coordinamento;
- le coperture forestali indicate rappresentano differenti livelli di difficoltà di estinzione sia per la possibilità di transitare, sia per l'intensità del fronte di fiamma che mediamente vi si manifesta;
- la dimensione territoriale dello scenario su cui effettivamente si estende l'incendio varia mediamente da 6 a 17 ettari; su queste dimensioni si svolge l'insieme degli interventi di coordinamento, che possono essere agevolati da una informazione territoriale completa delle coperture forestali interessate.

Dalla definizione degli scenari emerge che sul territorio italiano si presentano numerose e differenti realtà ambientali e di comportamento di incendio. Si devono quindi affrontare caratteri diversi del fronte di fiamma, della sua possibilità di avanzare e di danneggiare. Anche la stessa possibilità di raggiungere il fuoco cambia, così come sono differenti le realtà operative e lo sforzo che si richiede all'organizzazione incaricata di estinguere l'incendio.

Queste differenze devono essere considerate come l'elemento informatore del progetto pianificatorio, che si deve basare sulla realtà da affrontare distinguendo in un'area amministrativa differenti problematiche e proponendo una molteplicità di modalità di intervento capaci di affrontare il problema.

### **5.3. Piano Antincendi Boschivi**

*G. Bovio*

L'attività di controllo degli incendi boschivi è particolarmente complessa poiché prevede il coordinamento di risorse di provenienza diversa e l'adozione di iniziative anche in funzione preventiva, quali creazione di infrastrutture e interventi da realizzare nel territorio, con modalità di gestione integrata.

Lo strumento fondamentale a tal fine è il *piano antincendi boschivi (piano AIB)*. Basandosi sulla conoscenza del territorio e della vegetazione, il piano AIB accerta e coordina il potenziale umano e i

mezzi materiali sui quali si può fare assegnamento per le più adeguate tecniche di prevenzione ed estinzione, e quindi elabora dati e notizie ed indica i mezzi necessari di finanziamento.

In questo capitolo vengono delineati gli elementi tecnici generali di cui occorre tenere conto per la configurazione di un piano AIB, con riferimento ad applicazioni a scala regionale. Indicazioni operative per l'elaborazione progettuale di piani AIB sono dettagliate nell'Appendice, con specifico riferimento alle aree protette.

### 5.3.1. Aspetti generali

Il piano AIB è principalmente uno strumento di supporto alle decisioni, ai fini del coordinamento delle attività e degli interventi di prevenzione e lotta antincendio. Tali attività devono essere definite e dimensionate in funzione dei principi e della misura con cui si vuole proteggere il patrimonio boschivo, accettando cioè un certo livello di danni.

La difesa dagli incendi boschivi è da sempre stata condotta in Italia mirando a una protezione del territorio che prevede lo spegnimento, sempre e comunque, laddove possibile, di ogni tipo d'incendio. Non si è ancora completamente accettato l'evolversi dei criteri pianificatori e quindi vengono talvolta ancora proposti dei piani in cui tutta l'impostazione è basata sul rapido intervento, da parte di una struttura resa efficace solo per effettuare l'estinzione. Con questa impostazione si propone un apparato «di attesa» spesso incrementato in periodi di massima frequenza senza collegamenti concreti con la prevenzione selvicolturale. Si è preferito affrontare il problema in termini amministrativi e organizzativi senza dare l'importanza necessaria all'analisi della complessa realtà del fenomeno.

Questo criterio di lotta, definito *fire control*, deve essere gradatamente abbandonato, a favore di un diverso criterio che si basa sulla difesa del territorio dal fuoco mediante la gestione dell'elemento fuoco (*fire management*). La protezione totale del territorio risulta, infatti, di difficile realizzazione, sia in termini operativi che economici; è pertanto opportuno prevederla solo per aree ristrette del territorio, di particolare importanza, mentre per la restante porzione di area sottoposta a difesa in fase di pianificazione viene ammessa la possibilità del passaggio del fuoco, in determinate aree e per un limite di superficie prescritto.

Inoltre, la pianificazione moderna affronta il problema del fuoco in bosco in modo strettamente collegato alla *selvicoltura* e all'*assestamento forestale*: in questa prospettiva, la pianificazione AIB può direttamente migliorare la protezione della foresta, che si salva solamente affermando la cultura della prevenzione degli incendi.

### 5.3.2. Requisiti del piano antincendi boschivi

Da un punto di vista di impostazione generale, ai fini dell'elaborazione di un piano antincendi boschivi debbono essere garantiti i seguenti requisiti:

- *carattere omeostatico del piano*: le linee di pianificazione proposte devono essere sostenibili anche in caso di mancata realizzazione di alcune parti del piano stesso, oppure nel caso di imprevisti gestionali. In tal senso, la strutturazione degli interventi deve essere impostata modularmente, in modo da rendere ognuno di essi capace di mantenere la sua efficacia senza dipendere da altre realizzazioni. Un esempio è fornito dagli invasi di rifornimento idrico che devono avere caratteristiche tali da poter rifornire una vasta gamma di mezzi: se le strutture di rifornimento fossero finalizzate all'attività di un solo tipo di mezzi (ad esempio, gli elicotteri) potrebbero, infatti, risultare inutilizzabili nel caso di temporanea indisponibilità dei mezzi stessi;
- *integrazione tra prevenzione ed estinzione*: questo carattere sottolinea l'importanza di proporre un servizio di estinzione capace di affrontare le reali esigenze avvalendosi di tutte le strutture del caso e garantendo la proporzionalità tra interventi che hanno funzioni complementari.

Ciò significa che il servizio di estinzione deve essere progettato sulla base delle caratteristiche di comportamento del fuoco previste in ciascuna area omogenea del territorio (vd. § 4.1). In particolare, a fini antincendio, per i diversi popolamenti forestali devono essere definiti due parametri chiave: intensità del fronte di fiamma non superabile e intensità massima prevedibile. Con la prevenzione può essere assorbita una certa quota di intensità; affiancando alla prevenzione l'estinzione si può raggiungere l'intensità stabilita come obiettivo non superabile. L'estinzione deve perciò essere dimensionata in funzione degli obiettivi da raggiungere e della prevenzione realizzata: l'organizzazione del servizio di estinzione discende pertanto da un'analisi iniziale con cui si definisce la grandezza degli incendi previsti e il limite di intensità massima che si desidera non superare;

- *priorità di intervento*: il piano deve necessariamente prevedere le priorità, sia in termini di azioni dirette e indirette di difesa che in termini di valenze ambientali, sociali e produttive da proteggere in un determinato territorio. L'elaborazione del piano è pertanto strettamente collegata con le analisi propedeutiche e con le valutazioni di rischio e di pericolosità a monte del piano stesso: oltre le caratteristiche intrinseche delle comunità vegetali e le destinazioni d'uso, esse tengono in considerazione anche le modificazioni d'ordine antropico e le possibilità e caratteristiche del dinamismo in atto;
- *verifica della pianificazione*: questo concetto emerge dallo spirito della legge 353/2000 (art. 3, comma 3) che prevede la revisione annuale dei piani, ed è particolarmente importante in aree protette, dove ci si deve assicurare che gli interventi previsti non solo siano efficaci per contenere il fuoco, ma anche che non inneschino fenomeni negativi per l'ambiente. È pertanto necessario predisporre il monitoraggio delle azioni e delle infrastrutture previste dal piano antincendio, per poter verificare nel tempo se siano stati raggiunti i risultati prefissati. In caso positivo, al momento della revisione del piano, si provvederà a realizzare una tappa successiva di pianificazione. Se invece i risultati, anche parziali, non sono stati raggiunti, si provvede a individuare i motivi dell'insuccesso e a proporre nuovi interventi nel contesto della revisione del piano. Si mira in tale modo, con un percorso di tipo *adattativo*, a ottenere successivi e costanti avanzamenti e miglioramenti delle condizioni di difesa antincendio.
- *protezione dagli incendi boschivi quale disciplina in veloce evoluzione*: le determinazioni di pianificazione devono essere attuate considerando che le conoscenze nel settore della protezione dagli incendi sono via via in evoluzione; le nuove conoscenze e tecniche possono essere incorporate e recepite nel processo di pianificazione solamente se questo lo preveda, garantendo l'approccio adattativo di cui al punto precedente.

### **5.3.3. Parti fondamentali del piano antincendi boschivi**

A seguito della realizzazione di numerosi piani in contesti differenti della realtà italiana è andata maturando un'evoluzione a seguito della quale sono emersi alcuni concetti che solo oggi cominciano ad affermarsi. Su questa base possono essere differenziate le tappe progettuali sinteticamente qui indicate.

#### *Definizione del territorio da comprendere nel piano*

Riferendosi a piani AIB a scala regionale, non sempre tutto il territorio deve necessariamente essere compreso nel piano. Infatti possono esserci delle zone in cui non si verificano mai incendi che non devono essere indirizzo di provvedimenti non congruenti con le esigenze territoriali.

Per definire il territorio compreso nel piano devono essere salvaguardate delle esigenze amministrative e operative. Infatti la legge 353/2000 prevede restrizioni, nelle aree a rischio e nei periodi di elevato pericolo, vietando tutte le azioni determinanti anche solo potenzialmente l'innescio del-

l'incendio. Quindi dal punto di vista amministrativo emerge la necessità di estendere l'area soggetta al piano, includendo anche quei comuni che sono interessati dal fenomeno incendi anche se marginalmente.

Dal punto di vista operativo deve essere definita un'area che corrisponda a effettive esigenze tecniche di prevenzione, estinzione e ricostituzione del bosco percorso dal fuoco. Si delinearanno quindi un'area amministrativa compresa nel piano e un'area operativa. Normalmente per la definizione del territorio da sottoporre a pianificazione si devono considerare le aree amministrative, dando preferenza ai Comuni, e definire un'area accorpata soggetta al piano. Infatti, tutte le informazioni relative allo svolgimento delle operazioni antincendio, i rilievi, gli interventi sono definiti con riferimento al Comune. Inoltre, le stazioni del Corpo Forestale dislocate sul territorio sono tracciate su un insieme di Comuni. Nell'area operativa dovranno essere eliminati, rispetto all'area amministrativa, alcuni comuni in cui il fenomeno incendi è marginale.

#### *Zonizzazione attuale*

Per *zonizzazione attuale* si intende l'individuazione di aree omogenee per pericolosità e gravità di incendi riferite al momento in cui si progetta la pianificazione. Tali aree omogenee vengono identificate tramite parametri che sintetizzano le modalità di insorgenza degli incendi, la loro propagazione, la possibilità di diffusione, la difficoltà per l'estinzione, il trauma che rappresentano per l'ambiente su cui vanno a incidere. La suddivisione del territorio in aree omogenee permette di stabilire la tipologia e l'intensità degli interventi, sia la priorità con cui essi devono essere realizzati. Quest'ultimo aspetto assume massima importanza quando si hanno a disposizione limitate risorse finanziarie, le quali, come accade sempre nella realtà, devono essere destinate agli ambienti che presentano problemi più gravi.

In questo contesto assume particolare importanza l'individuazione di unità ambientali (coerenti con la classificazione gerarchica territoriale) omogenee per carattere fisici e vegetazionali.

#### *Zonizzazione degli obiettivi*

Dopo avere individuato le aree omogenee in cui si presentano specifiche problematiche di pericolosità e gravità, vengono stabiliti gli obiettivi di pianificazione antincendi boschivi, che a scala regionale sono concretizzati dalla *superficie percorsa ammissibile*: deve essere stabilito, cioè, un valore massimo di superficie rurale su cui annualmente si ammette avvenga il passaggio del fuoco.

Questa grandezza è una parte fondamentale del piano AIB poiché da essa discendono tutte le determinazioni da intraprendere per poterla effettivamente rispettare. Quanto più le indagini forestali mettono in evidenza la gravità del transito del fuoco in una zona, tanto più detta superficie dovrà essere limitata. In casi di particolare rilevanza ambientale potrà tendere a zero. A livello di pianificazione generale di un territorio si dovranno evidenziare, per ogni singola area omogenea, i valori di superficie percorsa ammissibile definendoli come somma di aree in cui può transitare il fronte di fiamma. Il totale di dette aree definisce la superficie percorsa ammissibile che caratterizza tutto il territorio compreso nel piano.

Risulta evidente che nelle linee di pianificazione il valore di questa superficie deve essere legato, oltre che alle condizioni di vulnerabilità e di valore ambientale, anche alle possibilità di intervento. Infatti, l'impegno rappresentato dagli interventi di contenimento degli incendi, anche se correttamente distribuiti tra prevenzione, estinzione e ricostituzione, aumenta più che proporzionalmente in relazione al lavoro da realizzare. Ciò vale anche per i costi da sostenere. Pertanto, per contenere la superficie percorsa annualmente dal fuoco entro limiti accettabili, se pur non ancora definitivi, si può ricorrere a tappe parziali. Esse sono espresse dalla *riduzione attesa della superficie media annua percorsa*, che si concretizza in una riduzione della superficie percorsa verosimilmente raggiungibile a scala regionale.

### *Zonizzazione degli interventi*

A seguito dell'analisi pianificatoria finalizzata a stabilire gli obiettivi, dovranno essere descritti gli interventi ritenuti necessari per ottenerli: i principali sono quelli di carattere selvicolturale, i viali tagliafuoco, la previsione del pericolo di incendio, l'avvistamento, il coordinamento operativo, la ricostituzione. Tutti gli interventi sono complementari per raggiungere il valore obiettivo di riduzione attesa della superficie media annua percorsa.

#### **5.3.4. Documentazione di base**

Per realizzare il piano AIB sono utili *almeno* le seguenti documentazioni di base per la descrizione del territorio: cartografia topografica; cartografia dell'uso del suolo e relativi gradi di copertura per le formazioni forestali; cartografia tipologica forestale; cartografia fitosociologica e sindinamica; cartografia delle unità ambientali e delle unità di paesaggio; cartografia dei modelli di combustibile; orografia (DTM); rete viaria.

Per le descrizioni dell'andamento degli incendi e dei fattori predisponenti, è necessario anche disporre dei dati seguenti: serie storica degli incendi (comprendendo tutte le informazioni rilevate attualmente per ciascun incendio dal Corpo Forestale dello Stato e dai Servizi Forestali delle Regioni e Province Autonome) per almeno dieci-quindici anni; cartografia delle aree percorse dal fuoco nell'ultimo quinquennio; serie storica dei dati meteorologici (precipitazioni, vento, umidità e temperatura dell'aria, insolazione) con localizzazione delle stazioni meteorologiche e modalità di raccolta dei dati, nonché di elaborazioni degli stessi sulla distribuzione spazio-temporale degli incendi.

È inoltre necessario conoscere le modalità di impiego operativo dei dati sugli incendi boschivi, in termini di modalità di acquisizione, distribuzione e aggiornamento delle informazioni. È infine necessario documentarsi sulle modalità di organizzazione del servizio AIB esistente e sulle dotazioni di personale e strumentali a esso dedicate.

#### **5.3.5. Zonizzazione e impatto**

Varie sono le possibilità di impostazione della pianificazione AIB. Quella più corretta e adatta alla situazione della realtà italiana si basa sulla definizione della *pericolosità*, della *gravità* e dell'*impatto accettabile*.

Pericolosità (vd. § 4.3) e gravità (vd. § 4.4) evidenziano l'azione concomitante di fattori costanti e variabili che influenzano l'inizio, la diffusione, la difficoltà di estinzione e i danni del fuoco.

L'*impatto atteso* degli incendi boschivi viene definito tramite la valutazione delle probabili conseguenze degli incendi sul territorio. La valutazione consiste nell'identificare il conflitto tra l'eventuale incendio e le funzioni attese dalle risorse naturali. Il concetto di impatto è quindi riferito agli aspetti forestali, ecologici e socioeconomici. La frazione dell'impatto atteso che può essere ritenuta compatibile con le funzioni della copertura forestale della zona rappresenta l'*impatto accettabile*.

L'impatto sulla foresta cambia molto in funzione delle modalità di gestione adottate. Dal punto di vista ecologico possono essere considerati differenti aspetti, quali l'habitat, la biodiversità animale e vegetale a livello di specie e di comunità, ecc. Gli aspetti economici si riferiscono in parte alla produzione legnosa e in maggiore misura alle esternalità (servizi non monetizzabili), legate agli aspetti socio-economici che variano in funzione dell'antropizzazione, dell'estensione dell'interfaccia urbano-foresta, e in generale al modo di considerare il valore della foresta (vd. § 5.6). Per tutte queste ragioni nella definizione delle zone omogenee devono essere definiti livelli di impatto accettabile appropriati e derivati da analisi ambientali.

Per tutte le variabili che si considerano nel valutare le aree forestali e raggrupparle in zone omogenee, si deve distinguere il livello locale da quello regionale. Il livello locale è finalizzato ad evi-

denziare le condizioni di dettaglio delle foreste presenti, la gestione attualmente realizzata, la prevenzione selvicolturale, l'organizzazione di dettaglio della estinzione e della ricostituzione. A livello regionale non si farà riferimento ai siti di dettaglio, mentre ci si soffermerà sulle caratteristiche generali delle aree e soprattutto sul confronto tra esse, individuando i problemi prioritari e dislocando i relativi interventi.

Le analisi e gli approcci dei due livelli sono intercorrelate ma assolutamente distinte. Verranno quindi previste indagini parallele. Gli obiettivi, che si concretizzano soprattutto con la superficie percorsa ammissibile (vd. § 5.4.1), si possono raggiungere solo se si definisce l'impatto accettabile, inteso come parte dell'impatto totale. Solo dopo questa fase potranno di conseguenza essere definiti gli interventi, individuando il livello di preparazione necessario.

L'impatto degli incendi deriva dalla combinazione della *componente di rischio*, di *comportamento del fuoco* e degli *effetti che ci si aspetta derivino dal suo manifestarsi sul suolo, vegetazione ed ecosistemi*. La valutazione del comportamento del fuoco viene dettagliata nel § 4.1 e quella dell'impatto atteso nell'Appendice, ai quali si rimanda.

La *componente di rischio* esprime la probabilità che un incendio sfugga al controllo e consegue dalla combinazione del suo comportamento e dal suo tasso di accrescimento. Questa variabile esprime anche la possibilità che il fuoco possa essere fermato nelle operazioni di attacco iniziale. Dipende dalle caratteristiche del fuoco e da quelle dell'ambiente e dalla sua accessibilità. Inoltre, dipende dalla capacità operativa delle squadre antincendio e dalla loro dislocazione. La componente di rischio, infine, dipende dalla tipologia di risorse. Si deve comprendere la risorsa urbana individuando le zone di interfaccia urbano-foresta che spesso sono percorse dal fuoco. Analogamente si comprenderà la risorsa foresta facendo una valutazione generale dei valori che essa esprime e che possono essere danneggiati dal passaggio del fuoco.

Oltre ai suddetti parametri, è opportuno dettagliare anche le procedure per la valutazione di:

- *componente di inizio di incendio*: su un'area di carattere regionale, le indagini possono essere fatte riferendosi a superfici di 100.000 ha per i parametri meteorologici, di 10.000 ha per i dati storici sugli incendi; su scala inferiore, dovranno essere rilevati i valori di pendenza e di esposizione;
- *valutazione dell'attacco iniziale*: questo parametro deriva dalla combinazione del tasso di incremento del perimetro (m/h) da legare al comportamento del fuoco e alle caratteristiche ambientali e del tasso di estinzione dei mezzi (m di fronte di fiamma), dipendente sia dalle caratteristiche operative dei mezzi sia da quelle delle attrezzature trasportate per l'estinzione;
- *distanza dalle strade*: questa variabile deve essere valutata su scala locale ed espressa sulla base di operazioni convenientemente realizzabili in ambiente GIS e tradotti in tempo per raggiungere il fuoco. I parametri suddetti saranno integrati dalla capacità di estinzione che una squadra con attrezzatura manuale può manifestare in attacco diretto. Vi saranno delle differenze tra una organizzazione regionale e l'altra. Quindi durante l'applicazione della pianificazione sarà necessario dettagliare per ogni singolo caso la capacità operativa in rapporto al comportamento del fuoco. Tuttavia, in genere, per valutare l'efficacia degli interventi di estinzione delle squadre a terra possono essere adottate le indicazioni di cui alla Tabella 5.7, che esprime i m/min contenuti a fronte di una determinata *velocità di avanzamento* (ROS). Si ipotizza di non potere affrontare in attacco diretto il fronte che procede a oltre 10 m/min. Questo fatto porta con sé la conseguenza di potere teoricamente ottenere da una squadra di 10 persone rispettivamente 10, 6, e 3, m/min di contenimento nelle differenti situazioni sopra presentate. Vi è inoltre la necessità di definire le caratteristiche per assumere che l'attacco iniziale sia da considerarsi effettuato con successo. Si ritiene opportuno, per dare un'indicazione generale, assumere l'operazione avvenuta con successo quando non si è superato 1 ha di superficie percorsa. Questa indicazione può variare a seconda degli scenari e della valenza ambientale in cui si opera, ed è un'evidente semplificazione, poiché la pos-

sibilità di affrontare il fuoco si manifesta sul fronte lineare ed è proporzionale al perimetro. Esso, a parità di area percorsa, cambia a seconda della forma dell'incendio. L'analisi della corrispondenza dei perimetri raggiunti nelle più frequenti forme geometriche di incendio potrebbe essere fatta, tuttavia la si ritiene utile solo a livello di dettaglio, mentre è da evitare a livello regionale. Per la valutazione dell'accessibilità, sempre esprimendo condizioni medie generalizzabili, si ritiene di potere fare riferimento a classi con differenti livelli di accessibilità in funzione della pendenza e della distanza dalla strada (Tabella 5.8): per ogni classe può essere espressa un'indicazione di tempo massimo mediamente necessario per raggiungere il luogo dell'incendio (Tabella 5.9).

Per la procedura pianificatoria sono proposte le seguenti cinque classi di *impatto accettabile*:

- *molto basso*: sono accettate solo limitatissime interferenze del fuoco con l'ambiente;
- *basso*: solo basse conseguenze sono accettate poiché è importante l'insieme delle funzioni della foresta;
- *moderato*: l'impatto del fuoco non compromette molto le funzioni della risorsa naturale di cui è accettata una limitata diminuzione delle funzioni;
- *alto*: si può accettare una elevata riduzione delle funzioni delle risorse naturali;
- *molto alto*: può essere accettata una totale riduzione di una determinata funzione delle risorse naturali.

La classificazione sopra esposta deve essere applicata a ogni singola funzione della copertura forestale di ogni area. Può accadere che i livelli di impatto per la stessa area siano anche assai differenti per funzioni diverse. Questa situazione accade spesso per la produzione e per la protezione, che non sempre sono concomitanti.

Nella definizione operativa della pianificazione, dopo la definizione del livello di impatto, si tratta di definire il livello necessario della sua riduzione. Vengono a presentarsi quindi due situazioni: una è caratterizzata dall'assenza di riduzione se non vi è differenza tra impatto atteso e accettabile; un'altra si presenta quando l'impatto atteso è maggiore di quello accettabile: in questo caso, gli interventi da realizzare saranno tanto più impegnativi quanto maggiore è tale differenza.

#### **5.4. Definizione del territorio da comprendere nel piano e zonizzazione**

G. Bovio

Gli interventi pianificatori possono essere collocati correttamente solo se fanno riferimento a zone in cui la problematica è omogenea. In alcuni piani regionali AIB dette aree omogenee sono definite *aree di base* e derivano da considerazioni pirologiche e forestali sui limiti amministrativi di Comuni, Comunità Montane e Province.

La zonizzazione attuale, ovvero l'individuazione di aree omogenee per incidenza di incendi riferite al momento in cui si progetta la pianificazione, consiste nell'individuazione, nell'ambito del territorio regionale, di ambiti omogenei che si caratterizzano per specifiche espressioni del fenomeno degli incendi boschivi; ognuna di esse, pertanto, richiederà interventi diversificati e mirati. Essa tiene conto del fenomeno, correlato sia agli aspetti socio-economici che a quelli ambientali e pirologici del territorio, al fine di fornire un inquadramento che è di fondamentale importanza per la impostazione del processo pianificatorio.

Le principali fasi per la definizione della zonizzazione attuale sono le seguenti:

- analisi della serie storica degli incendi per fornire un inquadramento e una caratterizzazione generale del territorio dal punto di vista pirologico;
- *definizioni delle aree*: area da comprendere nel piano antincendi, aree di base che costituiscono le unità territoriali di riferimento sulla base delle quali impostare l'organizzazione del servizio anche in termini di riconoscimento delle unità ambientali;
- *zonizzazione della pericolosità di incendio*: studio finalizzato a definire geograficamente e caratte-

rizzare aree omogenee per i fattori che determinano possibilità di insorgenza, diffusione e difficoltà di controllo degli incendi boschivi;

- *zonizzazione della gravità di incendio*: studio finalizzato a definire geograficamente e caratterizzare aree omogenee per l'importanza delle conseguenze degli incendi che in esse si verificano;
- *zone di sintesi*: aree definite esclusivamente sulla base dei valori combinati di gravità e di pericolosità per ogni area di base.
- è comunque opportuno confrontare le aree omogenee con ambiti omogenei ottenuti mediante la classificazione gerarchica del territorio, classificazione che individua regioni, sistemi, sottosistemi e unità ambientali. Le regioni di paesaggio si ottengono su base climatica, i sistemi e sottosistemi rispettivamente su base litologica e morfologica. Le unità ambientali sono ambiti omogenei di estremo dettaglio all'interno dei quali si può avere un solo tipo di vegetazione naturale potenziale.

L'analisi della serie storica degli incendi permette di individuare i tempi e i caratteri degli eventi che si verificano nel territorio in esame; essa fornisce, pertanto i criteri per delimitare l'area da comprendere nel piano operativo e per considerarla come riferimento amministrativo ai fini del piano stesso.

Una volta definita l'area complessiva, cui il piano si riferisce, viene stabilita l'unità territoriale minima, che generalmente per tutte le elaborazioni di zonizzazione è costituita dai Comuni. Per l'impostazione del processo pianificatorio a scala regionale, si ritiene importante rispettare un carattere amministrativo nelle suddivisioni del territorio, cui dovranno corrispondere azioni e interventi anche da parte degli Enti territoriali.

L'area soggetta al piano per la protezione del patrimonio boschivo dagli incendi viene determinata indicando quali Comuni siano da comprendere e quali da escludere dal piano stesso.

Si intende, altresì, sottolineare l'opportunità di individuare tre tipi di delimitazioni che rispondano a tre diverse esigenze di zonizzazione: una di tipo ecologico e ambientale, una di tipo amministrativo e una di tipo operativo. Infatti, sia la precedente legge 47/1975 sia l'attuale riferimento legislativo (legge 353/2000) prevedono restrizioni sui territori oggetto di pianificazione antincendio (quali ad esempio il divieto di modificare la destinazione d'uso del suolo dopo il passaggio del fuoco, le restrizioni di carattere preventivo applicate durante il periodo di massima pericolosità, la possibilità di accesso ai finanziamenti per la protezione antincendio); sia dal punto di vista ambientale che amministrativo emerge pertanto la necessità di estendere l'area soggetta al piano, includendo anche quei comuni che sono interessati dal fenomeno incendi anche se marginalmente.

D'altra parte, dal punto di vista operativo, si tratta di definire un'area, anch'essa individuata come somma di territori comunali, sulla base della quale organizzare concretamente il servizio operativo di protezione dagli incendi, in tutte le sue componenti di prevenzione, estinzione e ricostituzione del bosco percorso dal fuoco. Si rende pertanto necessario, in fase iniziale di redazione del piano, delineare sia un'area ecologico-amministrativa compresa nel piano che un'area operativa, quest'ultima più ristretta di quella compresa nel piano. Inoltre, per ovvi motivi di organizzazione e gestione del servizio di protezione, l'area operativa dovrà rispondere al requisito di essere, per quanto possibile, accorpata.

I criteri di inclusione dei comuni nell'area ecologico-amministrativa soggetta al piano considerano in genere:

- tutti i Comuni interni, anche parzialmente, alle unità ambientali prese in considerazione;
- tutti i Comuni facenti parte di Comunità Montane;
- i Comuni nei quali si è verificato almeno un incendio nell'ambito di un periodo di dieci anni;
- i Comuni che, pur non essendo stati interessati da incendi nel periodo oggetto di analisi statistica, siano confinanti e pressoché circondati dai comuni di cui ai punti precedenti.

La delimitazione dell'area operativa segue criteri analoghi, ma in alcuni casi tende ad escludere



alcuni Comuni, non ricadenti in Comunità Montane, che presentano situazioni particolari, per esempio i Comuni che risultano interessati da alcuni incendi ma in misura molto limitata e si trovano in posizione geograficamente isolata rispetto ai restanti comuni con incendi.

In questo modo si ottiene un'area soggetta al piano accorpata, che può essere considerata rappresentativa di un fenomeno strettamente legato alle caratteristiche del territorio e che nello stesso tempo consente una efficiente distribuzione delle risorse. Si vengono quindi a eliminare, rispetto all'area ecologico-amministrativa, alcuni Comuni che presentano una notevole marginalità del fenomeno incendi, unita all'isolamento territoriale rispetto al resto dei comuni inclusi.

Individuata l'area operativa, occorre definire geograficamente e caratterizzare aree omogenee sulla base di:

- fattori che determinano possibilità di insorgenza, diffusione e difficoltà di controllo degli incendi boschivi (*zonizzazione della pericolosità di incendio*);
- gravità reale degli incendi boschivi (*zonizzazione della gravità di incendio*).

La pericolosità di incendio dei territori comunali è la risultante dei fattori di insorgenza, propagazione e difficoltà di contenimento degli incendi boschivi, e può essere espressa mediante alcune variabili caratterizzanti. Le variabili utilizzate vengono elaborate a partire dalla serie storica degli incendi, interpretando in questo modo gli incendi boschivi verificatisi come la risultante dell'azione concomitante di numerosi fattori, di tipo geografico e socio-economico. Nella Tabella 5.10 sono riportati i parametri che esprimono la pericolosità e la gravità utilizzati in alcuni piani AIB regionali per descrivere il livello di pericolosità per ciascun Comune.

L'insieme delle variabili determinate per ciascun Comune definisce un *profilo di pericolosità* caratteristico del Comune stesso. Se l'insieme dei parametri mette in evidenza una notevole variabilità dei profili comunali, che rende difficile sintetizzare le informazioni, è opportuno operare una classificazione che permetta di raggruppare i comuni in classi di pericolosità omogenee. Si deve provvedere, pertanto, a creare raggruppamenti di comuni, utilizzando un criterio di aggregazione per similitudine, capace cioè di considerare contemporaneamente tutti gli indicatori considerati. Una procedura idonea a definire la suddetta aggregazione per similitudine e al tempo stesso capace di ordinare i gruppi di Comuni sulla base dei valori medi delle variabili è la *cluster analysis*, il cui scopo, come noto, è di suddividere un campione multivariato in gruppi di casi omogenei, nonché di raggruppare tali casi in ordine.

La gravità reale degli incendi boschivi esprime le variazioni che questi hanno comportato nell'ambiente con il quale hanno interagito. Gli effetti del fuoco possono difficilmente essere valutati a livello regionale, poiché richiederebbero uno specifico censimento da concretizzare con misurazioni di parametri legati al comportamento del fuoco e alla gravità dello stesso, quali l'intensità del fronte di fiamma che, peraltro, si può rilevare in modo attendibile solo con incendio in atto.

Un parametro sintetico indicatore della gravità è la *superficie percorsa*, che definisce in modo proporzionale il livello di gravità presente in un preciso ambito territoriale, anche se il solo riferimento agli ettari percorsi dal fuoco semplifica di molto il concetto. Una volta individuate le superfici percorse per unità territoriale o area base, per una definizione più precisa di gravità è necessario operare una distinzione fra le diverse formazioni forestali, mediante l'attribuzione a ciascuna di esse di un valore che sintetizza sia la loro importanza relativa che la loro vulnerabilità al fuoco. Pertanto per ogni area base si procede ad una distribuzione della superficie percorsa annua distinta in boscata e non boscata e ordinata secondo valori decrescenti di superficie percorsa annua boscata. Le superfici boscate vengono quindi distinte sia in base alla forma di governo interessata che in ordine di importanza relativa (che rappresenta anche la vulnerabilità al fuoco della formazione stessa), e quindi nell'ordine le fustaie (fustaie naturali e rimboschimenti) e i cedui.

Questo procedimento consente di raggruppare le aree di base in classi di gravità prendendo in considerazione i seguenti rapporti percentuali:

- rapporto tra la superficie boscata e non boscata annua percorsa e la superficie totale territoriale delle aree di base;

- rapporto tra la superficie a fustaia annualmente percorsa da incendio e la superficie a fustaia delle aree di base;
- rapporto tra la superficie a ceduo annualmente percorsa da incendio e la superficie a ceduo delle aree di base.

Ogni variabile viene segmentata al fine di individuare un numero di classi che rappresentano adeguatamente la distribuzione nelle aree di base.

L'analisi della pericolosità e della gravità reale di incendio fornisce tutti gli elementi per realizzare specifiche cartografie, nelle quali viene riportata la zonizzazione dell'area sottoposta al piano relativa ai due aspetti. Le aree individuate e caratterizzate per pericolosità permettono di impostare le strategie di intervento contro gli incendi, in particolare per la scelta dei mezzi e il loro rifornimento, mentre le zone distinte per gravità possono essere prese in considerazione nella pianificazione successiva, in particolare per impostare gli interventi selvicolturali, i viali tagliafuoco e l'avvistamento.

#### **5.4.1. Zonizzazione degli obiettivi**

L'obiettivo della pianificazione AIB a scala regionale deve essere concretizzato, come si definendo una *superficie percorsa ammissibile*: è detto, il valore massimo di superficie rurale su cui si ammette avvenga annualmente il passaggio del fuoco.

Il pianificatore, per dovere affrontare costi troppo elevati, accetta che su zone di minore importanza forestale il fuoco possa passare con comportamento non dannoso all'ambiente. Con coperture forestali pirofite potranno essere ammessi bassi valori di intensità di incendio. Anche nei cedui, in periodi lontani dall'utilizzazione, potrà essere ammesso il passaggio del fuoco, mentre dovrà essere rigorosamente escluso dalle fustaie con rinnovazione.

Inoltre, anche indipendentemente dalla disponibilità finanziaria, possono essere realizzati solo alcuni interventi tecnici che richiedono un determinato tempo per essere efficaci. Lo stabilire un livello di superficie troppo contenuto può essere un errore più grave che non accettare, al contrario, un valore troppo alto. Infatti, nel primo caso il livello troppo ambizioso viene difficilmente raggiunto e i capitali impegnati non offrono proporzionali risultati.

L'obiettivo di *riduzione attesa della superficie media annua percorsa* si ottiene pianificando interventi rapportati alla resistenza e alla resilienza delle coperture forestali e al probabile comportamento degli incendi, per raggiungere l'obiettivo al termine del periodo di validità del piano.

Talvolta, in documenti di revisione di piani, o in resoconti di attività svolte, si riportano indicazioni relative a risultati consistenti nella riduzione del numero degli eventi. Si sottolinea che tali analisi spesso sono riferite a periodi di tempo assai limitati, e non sono fatte considerando che vi sono molti fattori velocemente variabili, come quelli meteorologici, che possono caratterizzare un andamento stagionale in modo anche assai differente da un altro. Tuttavia il numero degli eventi legato ai fattori determinanti (prevalentemente di carattere antropico) che caratterizzano un territorio non può variare se non per i soli fattori predisponenti. Ciò conferma che una diminuzione, anche consistente, del numero degli eventi non può che essere la conseguenza delle condizioni predisponenti. Dunque, se esse hanno assunto un valore favorevole tendono comunque a stabilizzarsi attorno ai valori caratteristici e medi della zona. La variazione stabile del numero di eventi può essere raggiunta da una variazione di condizioni socioeconomiche ottenibili solo a medio e lungo termine.

#### *Concetto di superficie percorsa ammissibile*

In passato, la convinzione che il fuoco nel bosco fosse sempre gravemente dannoso ha avuto come conseguenza l'estinzione totale di tutti i fronti di fiamma. Non si faceva cioè alcuna distinzione sulla gravità potenziale e reale degli incendi. A questo fatto conseguono due gravi inconvenienti: l'impossibilità di definire le priorità di intervento e la necessità di un apparato di estinzio-

ne assai complesso. Si trascurava però il fatto che, specialmente in vaste aree, la possibilità di compiere interventi su tutti gli incendi è solo teorica. Infatti, in periodi di massima pericolosità si concentrano molti eventi, mentre per altri lunghi periodi non se ne verificano. In queste situazioni potrebbero essere affrontati tutti gli eventi solo con un servizio di estinzione di enormi dimensioni, con costi elevatissimi.

Con l'evoluzione dei criteri di pianificazione antincendio, si è cercato di rimediare a questi inconvenienti, accettando il transito di fronti di fiamma su parte del territorio. Attualmente, il pianificatore individua la grandezza della *superficie bruciabile ammissibile* annualmente, esprimendo la percentuale di superficie totale su cui il fuoco può transitare. Questa grandezza è anche nota con l'espressione di *allowable burn* ( $AB\%$ ).

La determinazione delle aree in cui può essere accettato il passaggio del fronte di fiamma impone un'analisi delle caratteristiche ambientali, della pericolosità e della gravità di incendio.

A livello di area limitata deve essere previsto il comportamento del fronte di fiamma nelle differenti condizioni predisponenti e confrontato con il comportamento sopportabile dalle formazioni forestali. Quindi, dove si ammette il transito del fuoco, si definiscono gli interventi in base alla differenza tra il valore del comportamento dell'incendio nelle condizioni più difficili e quello che può essere sopportato, senza danni, dalla vegetazione.

La superficie bruciabile ammissibile è proporzionale alla grandezza del territorio da pianificare poiché con il suo aumento cresce anche la probabilità di trovare zone in cui si può permettere il passaggio del fuoco.

Per ogni zona omogenea, deve essere svolta un'analisi di dettaglio per definire se il fuoco debba essere contrastato o possa essere accettato qualora assumesse caratteristiche di comportamento precisamente definite. Dove il fuoco può essere accettato il suo comportamento deve essere strettamente rapportato all'impatto accettabile. Anch'esso può essere definito solo con un'analisi forestale di dettaglio da condurre per ogni area omogenea del territorio.

A titolo di esempio, normalmente il fronte di fiamma può essere lasciato transitare secondo i criteri suddetti nei pascoli alpini, in zone al di sopra del limite della vegetazione arborea, in terreni recentemente abbandonati dall'agricoltura, in zone paludose. In queste realtà non si ritiene opportuno prevedere interventi di nessun tipo.

Sempre operando ad area piccola o media, le zone con le caratteristiche suddette devono essere individuate topograficamente. In esse, dopo aver stabilito i valori limite del comportamento del fronte di fiamma sopportabili senza danno significativo dalla copertura forestale, si devono prevedere l'intensità attesa e altri caratteri di comportamento del fuoco. Da queste analisi si stabilisce per ogni periodo di validità del piano e per ogni area omogenea il valore di  $AB\%$ , che nella pratica operativa si suole esprimere come una frazione della superficie totale protetta dal piano antincendi. A tutte queste considerazioni consegue che  $AB\%$  deriva da una somma di superfici in cui operare in un determinato modo. A livello generale di area vasta il valore continua ad assumere significato di una somma.

Nella pianificazione di dettaglio quindi si procede con analisi puntuali la cui somma dà il valore generale. Per aree vaste possono essere date delle indicazioni di livelli di  $AB\%$  da rispettare.

#### *Criteri per la determinazione della superficie percorsa ammissibile*

La superficie percorsa ammissibile è un carattere del piano AIB che viene stabilito dal pianificatore a seconda delle esigenze da soddisfare e sulla base di numerosi parametri, i principali dei quali vengono di seguito descritti.

#### *Estensione delle aree boscate*

La dimensione dell'area sulla quale si deve operare è assai influente sulla determinazione di  $AB\%$ . Infatti, tanto più ristretta è la superficie e tanto più vi sarà la possibilità di definire con analisi di dettaglio la reale superficie che può essere percorsa, con quale tipo di fronte di fiamma e con quale

prevedibile trauma alla vegetazione. Per tale motivo si è di fronte alla massima variabilità: essa dipende soprattutto dall'ambiente e dal valore biogeografico e sindinamico delle fitocenosi presenti. Ciò significa che a livello di area piccola si possono avere valori assai differenti e che la loro determinazione deriva soprattutto da analisi stazionali di dettaglio.

Con l'aumento delle dimensioni del territorio boscato da difendere il valore di  $AB\%$  si arresta sempre più su valori accettati dal pianificatore in senso medio. Infatti, su area molto vasta non è più possibile distinguere le esigenze di differenti zone omogenee per tipi forestali ma ci si deve riferire di più alle caratteristiche medie degli eventi che si manifestano sul territorio.

#### *Tipi forestali e tipi fitosociologici*

Quali siano e quale diffusione caratterizzi le tipologie forestali e le tipologie sindinamiche è un altro parametro che influenza la determinazione di  $AB\%$ . Infatti è dalla descrizione che emerge dalle tipologie forestali e dalle tipologie fitosociologiche che si possono trarre delle indicazioni sulla intensità di fiamma che può essere accettata. Soprattutto la caratterizzazione delle specie, la loro mescolanza e le tendenze evolutive dei soprassuoli (serie di vegetazione) sono importanti per definire in che misura sia accettabile o meno il passaggio del fuoco. L'analisi delle tipologie offre un'informazione che può essere intesa a differenti dimensioni di area e di scala di rilevamento, pertanto può offrire delle indicazioni che devono essere tenute presenti in tutti i tipi di piano.

#### *Finalità della gestione forestale*

La finalità cui è destinata la copertura forestale influenza notevolmente la determinazione di  $AB\%$ . Tuttavia, "le finalità dell'uomo non devono prevalere sulle necessità del bosco; e proprio per questo non possono determinare le modalità colturali". Affermare questo significa assumere un approccio assai evoluto che si può realizzare subito in alcune parti del territorio.

La foresta in passato era contesa da agricoltura e pascolo, che sono stati praticati in modo differente e oggi sono abbandonati su grandi aree dove si è avuta la riespansione del bosco. Il bosco è rapportato con la società e conoscere la sua collocazione è di grande aiuto per interpretare le finalità cui è destinato. Infatti, l'importanza assegnata dalla società al bosco si riflette sulla cura ovvero sull'abbandono e sulla selvicoltura, dove viene praticata.

La distribuzione di alcune specie forestali è influenzata da questi eventi. Dopo la contrazione avvenuta in passato, oggi il bosco si estende per diffusione spontanea dove un tempo era stato sostituito. In genere, il bosco di invasione non viene sottoposto ad alcun intervento selvicolturale. Infatti, il proprietario privato non ha alcun interesse alla coltivazione. Quello pubblico persegue finalità differenti e può diffondere e mantenere il bosco soprattutto mirando alle esternalità.

Per contro in alcune realtà la finalità produttiva è perseguita da chi si occupa di impianti di arboricoltura da legno, anche se spesso questi sono giustificati da considerazioni extraeconomiche. Si tratta di coltivazioni temporanee e reversibili, anche in questo caso con connotazione strettamente correlata alla collocazione territoriale.

L'importanza e le esigenze delle coperture forestali in termini funzionali, strutturali e sindinamici influenzano il dimensionamento della superficie percorsa ammissibile. Infatti, coperture forestali in fase di colonizzazione non devono essere comprese nel conteggio dell'area in cui può passare il fronte di fiamma. Per contro, in coperture già affermate in ambiente xerico può essere più facilmente previsto il passaggio di incendi radenti.

Per analoghe considerazioni potrà essere prevista in queste situazioni l'applicazione del fuoco prescritto.

#### *Fauna selvatica*

Un'altra finalità assai importante della foresta è quella di ospitare fauna selvatica. Molte specie animali si diffondono su superfici assai vaste, altre abitano sempre in zone ristrette. Quindi, la fauna selvatica è un parametro che concorre alla determinazione di  $AB\%$  solo operando su grandi super-

fici. Infatti, è necessario conoscere le zone ampie in cui sono compresi i luoghi di maggiore importanza poiché offrono rifugio, alimentazione, possibilità di svernamento o sono adatte alla riproduzione. Queste aree non devono essere comprese nel conteggio di  $AB\%$ , poiché in esse non può essere accettato in nessun caso il passaggio del fuoco. Le valutazioni devono poi essere diverse a seconda che si tratti di un'area con stagione di incendi invernale o estiva. A titolo di esempio nel primo caso è importante escludere le aree predilette dagli ungulati selvatici nel periodo di svernamento.

#### *Zone di interesse naturalistico*

Nei parchi, nelle riserve naturali e in ogni area in cui vi sia interesse naturalistico di norma dovrà essere escluso il passaggio del fuoco. Tuttavia possono esserci vaste aree in cui deve essere valutato caso per caso se esso possa essere accettato. Normalmente la finalità del parco o della riserva, indipendentemente dalla dimensione e dall'Ente gestore, è individuata chiaramente.

#### *Paesaggio*

La funzione paesaggistica del bosco è una tipica esternalità, e in quanto tale è fruibile dall'intera collettività. Sono le stesse formazioni forestali che plasmano e concretizzano il paesaggio forestale con la loro evoluzione. I rimboschimenti provocano variazioni del paesaggio talvolta anche marcate, se realizzati con specie esotiche, mentre se realizzati con gli elementi (specie e fitocenosi) coerenti con la successione locale possono invece considerarsi come una sorta di recupero ambientale.

Il fuoco modifica il paesaggio mediterraneo agendo in ambienti sia naturali sia agropastorali; gli incendi boschivi possono perturbare fortemente il paesaggio, soprattutto se si ripetono in tempi brevi e si verificano con forte intensità. In linea di principio, si ritiene che la funzione paesaggistica delle coperture forestali debba essere salvaguardata sia in aree di particolare interesse naturalistico, sia in generale.

Può esservi il dubbio se l'involuzione del paesaggio sia di per sé un danno. Nel caso in cui la trasformazione si possa equilibrare con una trasformazione complementare a livello superiore di scala, mantenendo costante la metastabilità dell'ecotessuto, può non ritenersi degradante. In tale caso, e a scala generale, può essere accettata la concezione di includere nel conteggio dell'indice  $AB\%$  le aree relative. Tuttavia in questo caso si deve lavorare a livello generale, assumendo livelli molto bassi di  $AB\%$  derivati dalla somma di numerosi e successivi incendi piccoli che possono originare una disetaneità a macchie dei popolamenti.

#### *Condizioni del bosco*

Per la pianificazione antincendi boschivi, nell'analisi delle condizioni del bosco devono essere valutati con precedenza gli stati di sofferenza causati da precedenti incendi.

Per la definizione di  $AB\%$  sono infatti importanti le conoscenze relative ai danni da fuoco. Dopo l'incendio nel bosco rimangono le ustioni, di varia intensità, che sono l'aspetto palese del danno arrecato.

Per indagare sugli effetti del fuoco e sulle condizioni generali del bosco colpito, è opportuno risalire alla quantità di calore emanata, alle condizioni stazionali, alla dimensione degli incendi ed alla frequenza con la quale l'incendio si ripresenta sull'area.

I danni permangono per un tempo variabile anche in funzione della intensità delle ustioni. A seguito di incendi aventi intensità inferiore a  $200 \text{ kcal}\cdot\text{m}^{-1}\text{s}^{-1}$ , normalmente gli individui arborei adulti non vengono danneggiati. Quando il fuoco ha intensità superiore, sono interessati anche gli alberi, talvolta con fronti di fiamma in chioma e livelli di danno i più disparati.

Se si ritiene di fare degli interventi di ripristino è opportuno definire la gravità dei danni nelle differenti zone di un territorio e quindi costruire una scala di priorità. In ogni area in cui si riscontrano danni non può essere prevista la ripercorrenza del fuoco nel medio termine. Quindi queste

zone devono essere escluse dal conteggio delle aree che concorrono alla definizione di  $AB\%$ .

#### *Prevenzione selvicolturale*

La prevenzione selvicolturale rende meno gravi gli effetti del fuoco e rende più facili le condizioni di estinzione (vd. § 6.4). Pertanto lo stato di prevenzione che caratterizza il bosco è strettamente legato alla definizione di  $AB\%$ . Infatti, può essere deciso di permettere il passaggio del fronte di fiamma solo in zone dove si è fatta la prevenzione, potendo ritenere che non verranno superati i limiti di intensità previsti in sede di piano.

Per contro, le aree dove la prevenzione non è stata realizzata si dovranno tendenzialmente escludere dal conteggio di  $AB\%$ , poiché il valore dell'intensità del possibile incendio non è controllato da alcuna attività preventiva. La determinazione di  $AB\%$  deve quindi essere fatta in stretto collegamento con la definizione delle operazioni di prevenzione.

Con la prevenzione selvicolturale si riduce il combustibile, per non consentire lo sviluppo di un fronte di fiamma con potenza superiore a quella ipotizzata. Essa, conosciuta in termini previsionali, consente alle squadre addette all'estinzione di modulare l'attacco secondo le esigenze e le loro possibilità operative. Per tale motivo possono essere ipotizzati interventi in cui si alterna una prevenzione più intensa con una più blanda. Inoltre, in molte situazioni l'intensità della prevenzione è normalmente inversamente proporzionale alla pendenza, poiché si deve asportare poca biomassa nei luoghi con maggiore pendio dove si preferisce evitare l'attacco diretto. Infine, aumentando la pendenza tende ad aumentare la velocità di avanzamento con conseguente diminuzione del tempo di residenza del fronte di fiamma e un danno più limitato. Pertanto, in aree dove non si prevede l'attacco diretto è ipotizzabile un passaggio di limitati fronti di fiamma e quindi tali aree possono essere comprese nel conteggio di  $AB\%$ .

#### *Necessità di recupero*

La necessità di recuperare la copertura forestale dopo il passaggio del fuoco richiede di ripercorrere, più o meno completamente, le tappe evolutive della successione secondaria (vd. § 9). Questa evoluzione può avvenire sia naturalmente sia con l'apporto di interventi selvicolturali coerenti in termini floristici e cenologici con la serie di vegetazione autoctona (vd. § 6.4). In ogni caso, non è compatibile con un ulteriore passaggio del fuoco. Pertanto non è possibile comprendere le aree dove sta avvenendo la ricostituzione nel conteggio di  $AB\%$ . Per tale motivo, se si lavora ad area limitata si individueranno con precisione le zone percorse. A livello di area vasta serve un'apposita indagine sulla ricostituzione.

Da detta indagine si evidenzieranno i luoghi in cui avviene la ricostituzione disponendoli in scala ordinale di priorità. In tale modo sarà il pianificatore a stabilire fino a quale livello di necessità di ricostituzione sarà ritenuto opportuno evitare assolutamente il passaggio del fuoco e quindi escludere l'area dal conteggio di  $AB\%$ .

#### *Interfaccia urbano-foresta*

L'interfaccia urbano-foresta esprime una realtà ambientale in cui il bosco è strettamente connesso a insediamenti civili, soprattutto abitativi: in questa zona il bosco può rappresentare una fonte di pericolo per le costruzioni e l'incendio boschivo divenire un problema di protezione civile (vd. § 5.5.1). Per contro, il bosco stesso può soffrire per fonti di innesco derivate dalla concentrazione antropica elevata degli insediamenti civili.

Per tale motivo le aree di interfaccia non possono essere conteggiate nella zona che contribuisce alla determinazione di  $AB\%$ . Tuttavia in questo caso possono esserci differenti livelli di dettaglio. Per aree ristrette si possono definire con precisione tutte le zone di interfaccia, georeferenziandole. Per aree vaste questa operazione assume maggiori difficoltà e quindi si rende necessario disporre di una indagine che evidenzi su tutto il territorio i differenti livelli di interfaccia, cioè i differenti livelli di densità abitative connesse ad aree forestali. In tal modo il pianificatore, analogamente a

quanto proposto per la variabile ricostituzione, potrà stabilire il livello di densità di interfaccia da non comprendere più nell'area che definisce  $AB\%$ . Infatti, mentre in nessun caso si può accettare che il fuoco transiti vicino ai fabbricati civili, può accadere che si ipotizzi il passaggio di fronti di fiamma di bassa intensità distanti dalle case in zone di interfaccia a bassa densità.

In ogni caso queste aree saranno assai limitate poiché, quand'anche gli aspetti esclusivamente forestali facessero propendere verso il passaggio di definiti fronti di fiamma, la vicinanza delle costruzioni tenderà a farli escludere per evitare problemi di protezione civile.

#### **5.4.2. Zonizzazione degli interventi**

La pianificazione antincendi boschivi si rivolge al fenomeno degli incendi mirando sostanzialmente alla riduzione della superficie percorsa piuttosto che al numero totale di incendi, che nel medio periodo tende a rimanere costante, essendo legato prevalentemente a determinanti socioeconomiche su cui in genere è impossibile agire con effetti in tempi brevi. Pertanto, l'obiettivo principale del piano AIB deve essere il contenimento della superficie percorsa ogni anno dal fuoco entro limiti accettabili. Come illustrato nel § 5.4.1, questo approccio si basa sul concetto di riduzione attesa della superficie media annua percorsa, definendo un obiettivo di riduzione della superficie percorsa verosimilmente raggiungibile e pianificando gli interventi, in modo tale da giungere, alla scadenza del piano, al risultato prefissato.

Nel concreto, le esigenze di protezione dell'area di base sono traducibili in termini di interventi locali, da eseguire sullo specifico territorio dell'area stessa e con una graduazione di interventi che solo la zonizzazione può consentire. In linea generale, questi interventi possono essere distinti in due grandi categorie: quelli *infrastrutturali* e quelli *colturali*.

Nei primi, che di fatto servono a mitigare difficoltà o carenze connesse con la natura fisica del territorio da difendere, si possono annoverare le attività di realizzazione, ripristino e manutenzione di: viabilità di servizio (vd. § 6.3.1); viali tagliafuoco (vd. § 6.3.2); punti di rifornimento idrico (vd. § 6.3.3); piazzole per elicotteri (vd. § 6.3.4). Gli interventi indicati risultano fortemente condizionati dalla probabilità d'innesco, e pertanto sono da prevedere a livello locale, inserendoli nel quadro generale della pianificazione della protezione dagli incendi.

Laddove gli interventi colturali risultano inapplicabili, o per la scarsa accessibilità dei siti o per gli eccessivi costi, quelli infrastrutturali costituiscono gli unici interventi possibili, ovvero, possono essere il presupposto primo per attuare gli interventi colturali. Questi ultimi, che invece agiscono sulla distribuzione e qualità dei combustibili presenti nello spazio sotto forma di biomassa, comprendono: riduzione biomassa combustibile a elevato potenziale di propagazione, raccolta dei residui delle lavorazioni boschive, potatura, diradamenti, rinaturalizzazione di formazioni, con eliminazione delle specie ad alta infiammabilità (vd. § 6.4.2).

La priorità con la quale devono essere effettuati gli interventi può essere definita a livello di zona di sintesi, individuando l'area di base in cui prima intervenire, e poi al suo interno scegliendo il Comune in funzione della classificazione della pericolosità e della gravità (vd. §§ 4.3, 4.4). Si può, pertanto, conoscere in modo univoco il luogo dove sia meglio proporre la progettazione e la realizzazione delle opere.

Per una corretta definizione degli interventi da prevedere nel piano AIB, è importante considerare la loro integrazione con il servizio AIB e con le infrastrutture esistenti, oltre che con i progetti di opere AIB preesistenti e in via di imminente realizzazione nel periodo di validità del piano stesso.

A questo riguardo, per inventariare le infrastrutture esistenti e quelle previste in progetti indipendenti dal piano, possono essere impiegati appositi questionari da sottoporre agli Uffici preposti delle Regioni, oppure lo stesso precedente piano può essere un primo riferimento per condurre il censimento di mezzi e infrastrutture già distribuite sul territorio.

I risultati di tale prima indagine serviranno a dimensionare gli interventi da proporre nel piano

sulla base di quelli già attuati e a evitare ripetizioni e ridondanze con opere la cui realizzazione è già prevista nell'ambito di altri progetti.

## 5.5. Elementi specifici di criticità

*P. Corona, F. Maetzke, G. Bovio*

Molteplici sono gli elementi di criticità da considerare ai fini della difesa e della pianificazione antincendi boschivi. Vengono di seguito approfonditi gli aspetti relativi a due di essi, particolarmente sensibili in termini di rapporto tra impatto atteso e impatto accettabile: l'interfaccia urbano-foresta e le aree protette per la conservazione della natura.

### 5.5.1. Elementi di criticità nell'interfaccia urbano-foresta

Gli incendi boschivi non preoccupano soltanto per gli effetti devastanti sulla vegetazione e sull'ambiente: spesso colpiscono anche fabbricati e impianti e minacciano l'incolumità delle persone. La situazione si è aggravata in tutti le nazioni industrializzate, a seguito dell'urbanizzazione di vaste zone di boschi e macchie e dello sviluppo delle attività turistico-ricreative.

Sono definite d'*interfaccia* le aree abitate comprese entro una distanza inferiore a 30-50 m nel punto di raggio minimo dalla possibile sorgente di propagazione di un incendio boschivo. Sono riconducibili alle seguenti due situazioni:

- *insediamento abitativo accorpato* che confina direttamente con il bosco: in questo caso, fronti di fiamma vasti possono mettere in situazione di rischio molte case, situazione frequente su tutto il territorio italiano;
- *insediamenti abitativi o case sparse frammiste alla vegetazione boscata*: in questo caso, sono costruzioni singole che vengono direttamente minacciate dalle fiamme: si tratta frequentemente di seconde case, di edifici destinati al turismo oppure abitati stagionalmente; altre volte sono costruzioni rurali che oggi svolgono solo parzialmente la funzione cui erano destinate un tempo, oppure sono abbandonate. In queste situazioni il rischio cambia connotazione rispetto al caso precedente, poiché di solito gli edifici interessati sono uno o pochi ma, per contro, le condizioni di estinzione sono più difficili poiché l'incendio, specialmente se intenso, tende a circondarli; inoltre, di solito la viabilità è meno sviluppata di quella degli insediamenti più vasti, e quindi l'uso di mezzi di estinzione pesanti risulta meno agevole.

#### *Peculiarità della pianificazione nell'interfaccia urbano-foresta*

Il problema degli incendi nell'interfaccia tra bosco e abitato si pone secondo due aspetti. Il primo si concretizza quando le attività svolte negli insediamenti abitativi o in loro prossimità sono causa di incendio: normalmente si tratta di attività che corrispondono alle più frequenti cause colpose (vd. § 3.2.3). Spesso è il fuoco usato nel giardinaggio o nella cucina all'aperto che origina incendi; ciò è più frequente negli insediamenti turistici dove sono diffusi i punti fuoco adiacenti alle case, in terrazze, ecc.; analogamente diffuso è l'abbruciamento di residui vegetali. Il secondo aspetto si concretizza quando sono gli insediamenti civili a subire i danni provocati da incendi che iniziano nel bosco e si propagano in chioma oppure radenti, consumando il combustibile in prossimità del terreno: in questo caso, il problema è evitare che la costruzione venga avvicinata da fronti di fiamma. In questa sede, si sottolineano, in particolare, i principali elementi relativi a questo secondo aspetto.

Per definire le modalità di intervento specifiche nelle aree di interfaccia si ritiene necessario svolgere dunque una prima indagine per individuare i luoghi di interfaccia in qualche misura interessati direttamente o indirettamente dagli incendi boschivi, al fine dell'inserimento di norme specifiche nel sistema di pianificazione locale (piano regolatore generale, piano comunale di protezio-



ne civile di cui alla legge 225/1992, ecc.). Atti fondamentali sono quindi l'identificazione topografica e la mappatura dei siti a rischio d'incendio boschivo, e segnatamente delle aree d'interfaccia tra le abitazioni, singole o in agglomerato di diversa entità.

Negli ambiti identificati vanno analizzati gli aspetti morfologici, vegetazionali, pirologici (compresi i modelli di combustibile, vd. Tabella 4.1) e lo spazio difensivo limitrofo a ogni costruzione. Sulla base di queste valutazioni, possono essere individuate le zone in cui è opportuno dare priorità alla prevenzione selvicolturale per la difesa delle zone di interfaccia e, se necessario, configurare la predisposizione di appositi viali tagliafuoco (§ 6.3.2).

#### *Modalità di propagazione dell'incendio nell'interfaccia urbano-foresta*

Concetto fondamentale per la difesa delle costruzioni dagli incendi boschivi è la lunghezza della fiamma e la sua permanenza (vd. § 4.1.3). La velocità di avanzamento del fronte e l'intensità di calore emanato, che hanno particolare importanza nell'estinzione e per la difesa delle persone, sono meno rilevanti per la prevenzione, anche se ovviamente interrelati con gli altri parametri del comportamento del fuoco: per le costruzioni il problema comincia a presentarsi quando l'incendio boschivo giunge in sua prossimità, indipendentemente dalla velocità che lo caratterizza; inoltre, si assume che quando una costruzione è lambita dal fronte di fiamma, indipendentemente dalla sua intensità, sia da considerare potenzialmente danneggiabile.

La morfologia della zona, e in modo particolare la pendenza, influenzano notevolmente il comportamento del fronte di fiamma. La probabilità di danneggiamento è massima per strutture situate su terreni con pendenza maggiore di 20%. In montagna devono essere considerate critiche anche le posizioni di fondovalle, crinale o pendio laddove, a causa delle dimensioni ridotte della valle, vi sia il rischio dell'effetto camino in un incendio che proceda dalle quote inferiori. Parimenti, devono essere considerate a rischio le posizioni di sella o di confluenza di due o più valli secondarie.

Il fronte di fiamma di chioma si manifesta con fiammate che normalmente hanno tempo di residenza basso. Quindi possono essere più pericolose le particelle vegetali in combustione trasportate dalla colonna di convezione: queste possono depositarsi e propagare il fuoco su materiali particolarmente infiammabili. Gli incendi radenti normalmente sviluppano un'intensità che non consente il trasporto di particelle in combustione ma hanno un tempo di residenza più elevato: ciò permette di esercitare il calore emanato per tempo più lungo, quindi le possibilità di propagarsi alla costruzione sono più elevate, anche perché, specialmente nei luoghi abbandonati, la vegetazione erbacea si estende spesso a diretto contatto con il perimetro delle costruzioni, e talvolta con gli infissi.

#### *Spazio difensivo*

Nelle aree di interfaccia urbano-foresta particolare importanza assume la presenza e la gestione dello *spazio difensivo* di ciascuna infrastruttura considerata. Con questo termine viene indicata l'area compresa tra la struttura e la vegetazione boschiva limitrofa che, se opportunamente gestita, può impedire all'incendio di raggiungere l'abitazione in assenza di interventi di estinzione, nonché la propagazione dell'incendio dall'abitazione alla vegetazione circostante. Inoltre, la presenza di un tale spazio agevola il lavoro delle squadre impegnate nelle operazioni di estinzione.

I concetti di base da seguire nella predisposizione e gestione dello spazio difensivo sono la riduzione e la discontinuità del combustibile. Facendo riferimento alle condizioni più severe, e adottando un idoneo coefficiente di sicurezza, si può risalire alla distanza che deve essere mantenuta tra le chiome degli alberi e le costruzioni da salvaguardare: ciò si ottiene, in genere, con una distanza dalle case di almeno 50 m per la difesa da incendi di chioma e di almeno 10 m per la difesa da incendi radenti. In linea generale, per la massima salvaguardia possono essere individuate tre *fascie di protezione*:

- una *prima fascia*, di larghezza orientativamente non inferiore a 10 m, in cui la vegetazione è

ridotta al solo strato erbaceo, da mantenere tagliato basso (altezza non superiore a 15 cm) ed eventualmente interrotto da strisce arate;

- una *seconda fascia*, esterna alla prima e di larghezza orientativamente non inferiore ad altri 10 m, in cui la vegetazione è contenuta allo strato arbustivo discontinuo per ridurre l'intensità di fiamma e contenere la quantità di combustibile presente;
- una *terza fascia (fascia cuscinetto)*, esterna alle prime due e di larghezza orientativamente non inferiore ad altri 30 m, in cui la vegetazione è gestita in modo da ridurre il potenziale di incendi di chioma, tramite interventi di potatura e di diradamento e tramite un'adeguata composizione della vegetazione arborea.

Nelle condizioni morfologiche a maggior rischio è consigliabile configurare uno spazio difensivo di dimensioni pari al doppio dei minimi sopra considerati. Alla stessa stregua devono essere considerate le posizioni a rischio per carenza o difficoltà di accesso, dovuto a viabilità scarsa o difficile.

La prima fascia a prato dello spazio difensivo è la zona più importante, che da sola garantisce già buone possibilità di sopravvivenza alla struttura, anche in caso di incendio di chioma. In questa fascia devono essere evitati nuovi impianti arborei e dovrebbero preferibilmente essere abbattuti tutti gli alberi adiacenti la costruzioni o con chioma aggettante sul tetto. In ogni caso, la chioma aggettante o adiacente il tetto andrebbe almeno sottoposta a potatura, tagliando ogni ramo posto a distanza inferiore a 3 m dal tetto stesso. Inoltre, i tetti e le grondaie vanno puliti dalle foglie, dagli aghi e dagli altri residui vegetali.

Nella seconda fascia si deve prevedere la riduzione del combustibile vegetale, nel caso questo abbia una densità rilevante, a un'altezza massima di 45 cm. Tale prescrizione non è prevista nel caso di singoli alberi o singole piante ornamentali eventualmente presenti. Se questi ultimi sono presenti è però necessario che l'interdistanza tra le chiome sia non inferiore a 2,5 m. Tutti gli alberi presenti in questa fascia devono essere potati nel terzo inferiore dell'altezza, e la potatura deve essere ripetuta annualmente per mantenere una fascia di separazione da eventuali fuochi radenti. In nessun caso potrà essere presente materiale vegetale morto o seccaginoso nelle prime due fasce dello spazio difensivo. Eventuali residui di potature e abbattimenti o alberi e arbusti morti per cause diverse devono essere prontamente allontanati. Parimenti, deve essere regolarmente allontanata l'eventuale lettiera morta prodotta localmente o portata dal vento.

Nella progettazione degli spazi verdi in dotazione alle abitazioni nelle aree a rischio, vanno valutate con attenzione le potenzialità di crescita delle piante arboree e arbustive secondo le caratteristiche delle singole specie, in modo da non indurre condizioni di pericolo con il passare del tempo e da ridurre le esigenze di manutenzione. Allo scopo possono essere preferenzialmente impiegati alberi di terza grandezza e arbusti a lento accrescimento, ove possibile di scarsa infiammabilità (§ 6.4.2). A tale riguardo, un esempio diffuso nelle aree eumediterranee erano le barriere di *Opuntia ficus-indica* a protezione degli orti, per la bassa suscettività all'incendio di questa specie.

La presenza o la realizzazione di barriere fisiche a protezione delle abitazioni (muri di pietre a secco o in calcestruzzo, recinzioni metalliche non permeabili, recinzioni in legname trattato, ecc.) devono essere considerate con attenzione, poiché se costituiscono elementi di deviazione o ritardo dell'avanzamento dei fronti di fiamma possono anche creare un effetto camino aggiuntivo oppure l'innalzamento o la deviazione del fronte di fiamma, orientando radiazione e convezione verso le abitazioni circostanti.

Ove possibile, gli spazi difensivi dovrebbero essere connessi con la viabilità della zona onde permettere la penetrazione delle squadre di lotta e soccorso e costituire una facile via di fuga.

#### *Accorgimenti edilizi per la difesa dei fabbricati*

Per quanto riguarda le caratteristiche delle costruzioni in aree a rischio, possono essere adottati accorgimenti atti a ridurre le possibilità di innesco di fuoco da parte del calore trasferito dall'esterno. Le aperture (finestre, abbaini, luci) dovrebbero essere protette con vetri antifiamma dal lato

esposto alle possibili sorgenti d'incendio, o comunque protette con persiane trattate con prodotti antifiamma. Aperture di ventilazione di cantine o sottoscala non dovrebbero essere disposte sottotetto, in particolare sul lato esposto alle sorgenti di fiamma. Nel caso di edifici esistenti, dette aperture debbono essere dotate di protezioni in rete metallica con maglia di dimensioni non superiori a 2-3 cm, che funga da rompifiamma. I camini devono essere dotati di opportune schermature della bocca per evitare la diffusione di scintille o di materiale leggero incandescente.

Gli edifici isolati dovrebbero avere più d'una uscita disposta su lati diversi. Cantine e garage dotati di porte automatiche devono avere opportuni congegni per l'apertura manuale delle stesse.

Nelle aree a rischio devono essere vietati depositi di combustibile fuori terra (bombole di gas, depositi di gasolio o altro per riscaldamento). I depositi, compresi gli accumuli di legna da ardere, devono essere posti a distanza di sicurezza dalle abitazioni, lontani dalla possibile sorgente di diffusione dell'incendio e lontani da muri o da altri depositi di combustibili.

La presenza di piscine e depositi d'acqua può costituire un elemento di difesa, in quanto costituisce una preziosa opportunità di rifornimento in caso di lotta attiva al fuoco, sebbene non possano essere considerati alternativi ai punti d'acqua della rete antincendio. Eventuali prese d'acqua di fondo dovrebbero essere dotate di motopompa e di attacchi normalizzati con quelli in uso nei dispositivi di lotta.

Per quanto riguarda gli impianti elettrici, si raccomandano linee di distribuzione sotterranee anziché aeree. Nelle zone a rischio più elevate le distanze minime dalla vegetazione ai conduttori delle linee aeree devono essere non inferiori a 2 m per tensioni fino a 0,75 kV e a 3 m per tensioni da 18 a 35 kV.

La manutenzione delle strutture e il controllo delle misure di sicurezza deve avere cadenza periodica atta a garantire un'efficace durata delle misure di prevenzione realizzate.

#### *Accorgimenti per la difesa delle persone non addette all'estinzione*

È stato stabilito come la regola principale per la difesa personale nel caso di incendi boschivi sia saper correttamente valutare il pericolo rappresentato dalla velocità di avanzamento del fronte di fiamma: all'aumentare delle condizioni che favoriscono la velocità del fronte di fiamma diminuiscono, infatti, le possibilità di fuga. L'avanzamento della fiamma è tanto più veloce quanto più fitta è la copertura vegetale e quanto più accentuata è la pendenza del terreno; queste condizioni rendono inoltre più difficili lo spostamento a piedi e la penetrazione nella vegetazione. Il vento è fattore aggravante, anche perché causa principale, insieme alle variazioni morfologiche del terreno, di eventuali repentine variazioni della velocità e della direzione del fronte di fiamma.

Gli abitanti delle zone d'interfaccia devono essere adeguatamente preparati a comportarsi correttamente in caso di minaccia reale: a tal fine, devono essere preventivamente istruiti, con incontri formativi e manuali che provvedano a fornire un'informazione corretta e efficace. Posto che l'evacuazione di aree a rischio è compito dei servizi di protezione civile (legge 353/2000), gli abitanti devono comunque essere a conoscenza sia delle norme di sgombero sia delle azioni e dei comportamenti da tenere nell'affrontare il passaggio del fuoco in caso di impossibilità o ritardo nella fuga. In particolare, si deve insistere nel prescrivere che all'avvicinarsi del fronte di fiamma si provveda a: rifugiarsi nelle abitazioni; chiudere ogni apertura (porte e finestre); chiudere le alimentazioni del gas di rete o locale; rimuovere ogni arredo o oggetto infiammabile dai resedi delle abitazioni; predisporre riserve di acqua in ogni contenitore possibile; bagnare le superfici esterne e il tetto delle abitazioni per aumentare la soglia di calore necessario al raggiungimento dell'eventuale accensione dei materiali infiammabili; allontanare il materiale infiammabile da porte, finestre e pareti esposte all'interno delle abitazioni.

#### **5.5.2. Elementi di criticità in riferimento alle aree protette**

La legge 353/2000 sottolinea la criticità, in termini di importanza e urgenza, della difesa delle aree

naturali protette dagli incendi boschivi.

Nelle aree specificatamente designate per la conservazione della natura è ubicato circa il 20% del patrimonio forestale italiano e, in media, oltre metà della superficie territoriale dei parchi nazionali italiani è coperta da boschi e altre formazioni forestali. La rilevanza dell'attivazione di efficienti meccanismi di difesa delle aree protette dagli incendi boschivi è evidenziata anche dal fatto che gran parte di esse presentano diffuse e significative situazioni di rischio: a titolo di esempio, si evidenzia come tale rischio sia classificato come alto o molto alto per ben il 52% dei Siti d'Interesse Comunitario (pSIC) a valenza forestale proposti dal nostro Paese.

### *Concetti e preconcetti*

Le aree protette, a qualunque titolo, rappresentano luoghi sensibili a eventi d'incendio, con soglie di rischio variabili in relazione alla loro collocazione fisica, alle caratteristiche geomorfologiche, ai tipi forestali presenti e alle condizioni socioeconomiche al loro interno e al contorno. In Italia, l'approccio alla gestione degli incendi in queste aree è di preminente protezione e il ruolo del fuoco come attore di processo ecologico generalmente non è più riconoscibile né integralmente accettabile; ciò diversamente dall'approccio tenuto in realtà quali quella nordamericana, in cui tale ruolo è concepito e attivamente gestito.

Nelle aree protette, la difesa antincendi va differenziata da quella attuata nel resto del territorio, data l'importanza sia delle realtà da proteggere sia della necessità di adottare interventi di prevenzione ed estinzione particolarmente rispettosi dell'ambiente. Tali esigenze sono recepite dalla legge 353/2000, secondo cui le Regioni debbono provvedere alla stesura, nell'ambito dei loro piani antincendi boschivi, di apposite sezioni dedicate alle aree naturali protette, sia di loro competenza (art. 8, 1° comma), sia di competenza statale (art. 8, 2° comma).

Relativamente all'impatto atteso degli incendi nelle diverse zone a parco occorre procedere a una caratterizzazione degli interventi modulata secondo quanto previsto dalla L. 394/91, che indica diversi gradi di protezione: (a) riserve integrali; (b) riserve generali orientate; (c) aree di protezione; (d) aree di promozione economica e sociale. Nel definire i livelli di impatto, occorre fare riferimento agli elementi con cui gli incendi sono maggiormente in conflitto, in particolare alle finalità di conservazione delle caratteristiche litogeomorfologiche, idrogeologiche, floro-vegetazionali, faunistiche, dei valori paesistici, di valorizzazione del patrimonio storico, di promozione delle attività compatibili con la conservazione delle risorse naturali.

In questa ottica, vanno superati alcuni preconcetti che proprio nelle aree protette possono originare situazioni negative ai fini della difesa contro gli incendi boschivi.

Un primo preconcetto è ritenere che la conservazione sia ottenibile evitando nuovi interventi. Da ciò può conseguire l'esclusione di ogni misura di prevenzione diretta. In realtà, questo atteggiamento contrasta con la possibilità di contenere incendi di elevata intensità. Il non-intervento permette, da un lato, l'accumulo di biomassa e, dall'altro, si traduce in carenza di infrastrutture di prevenzione. Questi due fatti possono significativamente favorire lo sviluppo di incendi di alta intensità, che sono assai difficilmente affrontabili e causano i maggiori danni. Anche le azioni di prevenzione e lotta possono comportare un impatto sui sistemi da proteggere: apertura delle fasce parafuoco negli spazi difensivi; mantenimento di una rete viabile efficiente; presenza di infrastrutture difensive (bacini di raccolta delle acque, torri d'avvistamento, ecc.); operazioni selvicolturali di contenimento della biomassa morta. Un tipico esempio riguarda la protezione dell'avifauna specializzata legata alla presenza di xilofagi su alberi morienti o secchi (ad esempio, picidi, caratteristici di molti siti forestali di interesse comunitario): la gestione di tali elementi diviene un momento significativo nella selvicoltura dell'area protetta, ma rimane ovviamente controversa nei confronti del rischio d'incendio.

Un secondo preconcetto è che le attività umane abituali e consolidate nella zona debbano essere comprese, talvolta in modo considerevole. Questo criterio può essere applicato con particolare riferimento all'uso del fuoco all'aperto, vietato nelle aree protette ai sensi della legge 394/1991

(art. 11). L'uso del fuoco è considerato tradizionalmente "indispensabile" nell'ambito di varie attività rurali: per questo motivo, potrebbe essere opportuno prevedere deroghe (peraltro contemplate dalla suddetta legge) e consentire l'uso del fuoco in precisi tempi e luoghi. Ciò vale particolarmente nelle zone per le quali la legge 394/1991 (art. 12) prevede i gradi di protezione (c), dove "possono continuare [...] le attività agro-silvo-pastorali", e (d), "aree di protezione economica e sociale" dei parchi naturali. Analogamente, quanto sopra vale anche per le zone contigue ai parchi.

Infine, la comune convinzione che il fuoco sia solamente dannoso all'ambiente va superata sia per il fatto che questa affermazione non trova conferma scientifica sia perché, come accennato, un coscienzioso e limitato uso del fuoco fa spesso parte della tradizione rurale e, nello stabilire precauzioni antincendio realmente efficaci, deve essere appunto rispettata la cultura dei luoghi. In contrapposizione a ciò, si ha il caso dell'incendio forestale provocato per protesta contro la creazione di aree protette e l'imposizione di vincoli ambientali. La strada di soluzione e superamento di questo tipo di causa passa attraverso la compartecipazione delle popolazioni locali e la conoscenza anche cartografica dei diversi livelli di rischio. Si sottolinea l'esigenza di una condivisione e un'adesione delle comunità locali alle politiche di sviluppo sostenibile, che implicano scelte e rinunce, ma anche l'accettazione di risoluzioni compensative volte a ridurre il disagio (vd. anche § 3.2.4).

Nelle misure di Agenda 2000 è in tal senso inserito il concetto che le limitazioni sugli usi agricoli nelle aree protette devono essere compensate con sostegni economici appositi, proprio per garantire un uso continuato delle superfici agricole e il mantenimento di una comunità agricola vitale. Analogamente, nel caso della rete Natura 2000 (Dir. 92/43/UE) esiste la possibilità di ricorrere alle risorse comunitarie per finanziare progetti volti alla tutela e conservazione delle specie e degli habitat secondo il Regolamento Life Natura. In quest'ambito possono rientrare anche progetti e piani di protezione contro gli incendi. Ciò è cogente con la normativa che prevede che gli stati membri attuino ogni misura necessaria "per mantenere gli habitat e i siti in uno stato ottimale di conservazione". Gli strumenti finanziari esistono e sono stati attivati. In Spagna, in Grecia e in Italia, tra gli altri paesi membri, sono stati finanziati piani di gestione e conservazione con fondi FEOGA, o con fondi relativi agli obiettivi 1 e 5b dei fondi strutturali. Tuttavia, uno degli anelli deboli della catena "progetto-piano di gestione-applicazione-conseguimento degli obiettivi" è il punto che richiede l'intervento dell'autorità locale: il completamento delle procedure autorizzative e l'istituzione degli organismi di gestione locale. Questi ultimi hanno subito, in molti casi, ritardi significativi tali da poter anche pregiudicare il processo (Risposta all'interrogazione scritta E 3865/00 Grecia vs. UE).

#### *Ruolo e priorità della pianificazione antincendio nelle aree protette*

Il piano d'assetto dell'area protetta, quale strumento programmatico esecutivo, deve comprendere un piano antincendi adeguato all'oggetto della difesa, con azioni preventive e attive. La protezione dagli incendi deve essere affrontata come momento centrale dell'evoluzione ecosistemica dei diversi habitat e come elemento determinante la pianificazione forestale, strettamente legata all'assetto e alla selvicoltura naturalistica e sistemica, e può essere basata su tre concetti:

- integrazione tra prevenzione ed estinzione;
- connotazione previsionale della pianificazione e, quindi, necessità di verifica;
- necessità che l'organizzazione dei servizi antincendio sia integrata con la normale gestione dell'area protetta e non rappresenti un fatto stagionale estraneo al complesso della ordinaria amministrazione e conduzione dell'ente gestore.
- necessità che sia comunque garantita l'evoluzione sindinamica delle diverse comunità dato che obiettivo centrale di un'area protetta è la conservazione funzionale e strutturale degli ecosistemi.

Il piano antincendi dovrebbe almeno individuare:

- le aree a differente livello di rischio;
- le aree a diverso rango di protezione, in relazione alla zonizzazione dell'area protetta;
- la superficie ammissibile percorsa dal fuoco;
- le opere di protezione e le opere culturali necessarie a contenere il rischio;
- la disposizione dei punti della rete di avvistamento, automatico o servito;
- la valutazione dell'efficienza della rete viaria;
- la valutazione d'impatto delle opere previste nei confronti dell'area protetta e segnatamente dell'oggetto della protezione;
- un modello di propagazione e comportamento specifico del fuoco per l'area;
- la prospettiva di adozione di un sistema di supporto alle decisioni basato sui parametri tipici dell'area e integrato con la rete regionale.

Alla base è necessario disporre di opportuni strumenti di conoscenza, quali sistemi informativi aggiornati ed efficienti (in ambito GIS), e di modelli di previsione, volti a supportare l'attività di gestione sotto tutti gli aspetti.

La difesa dal fuoco si realizza con interventi modulati a seconda della copertura forestale e degli scenari di diffusione del fronte di fiamma. Per raggiungere gli obiettivi di piano possono peraltro essere calibrate soluzioni molto differenti, in termini di consistenza degli interventi. Talvolta può essere condivisa la linea che prevede realizzazioni considerevoli in tempi brevi, con l'intento di concretizzare al più presto le condizioni per il contenimento totale degli incendi. Tuttavia, dovendo operare in aree protette si ritiene più conveniente distribuire gli interventi nel tempo e ottenere i risultati con gradualità. Ogni intervento, specialmente di prevenzione diretta, deve essere realizzato gradualmente, nel rispetto dei ritmi della dinamica seriale dei popolamenti forestali.

L'insieme di questi temi viene specificatamente approfondito nell'Appendice.

#### *Prevenzione indiretta nelle aree protette: divulgazione ed educazione*

Funzioni specifiche delle aree protette sono la divulgazione e l'educazione ambientale. La prevenzione indiretta degli incendi boschivi si integra con la suddetta funzione nel momento informativo rivolto al grande pubblico. A tal fine si può fare riferimento principalmente a due ambiti operativi. Il primo, con effetti a lungo termine, è rappresentato dall'insieme delle attività miranti a creare una coscienza della cittadinanza in modo da evitare comportamenti che possano innescare gli incendi. Il secondo, con effetti a breve termine, si configura come informazione relativa al grado di pericolo esistente al momento attuale, segnalabile, ad esempio, tramite cartellonistica dinamica.

Ai fini educativi, in tutte le manifestazioni volte alla conoscenza dell'area protetta vanno posti in rilievo i rischi ambientali e le perdite provocate dagli incendi forestali, onde creare consapevolezza e piena avvertenza nel pubblico, che dovrà anche essere edotto dei rischi personali e dei comportamenti utili a massimizzare la protezione dell'ambiente. Ogni azione divulgativa, a partire dalle campagne di sensibilizzazione nelle scuole, dovrebbe contenere messaggi in tal senso.

Parimenti utile può rivelarsi la compartecipazione decisionale delle popolazioni locali nel momento del processo di pianificazione e prevenzione: ciò anche al fine di ridurre le possibilità di rivalse e ritorsioni verso autorità e limiti imposti dall'esistenza di vincoli ambientali (vd. § 3.2.4).

#### *Specificità della prevenzione culturale nelle aree protette*

Le azioni culturali previste negli strumenti pianificatori delle aree protette, e segnatamente nei piani di assestamento forestale, debbono integrarsi con la necessità di riduzione delle masse combustibili in determinate zone e/o in determinati tipi forestali. Per contenere il potenziale pirologico sono quindi ipotizzabili lavori di carattere culturale, sia su tutta la superficie sia concentrati in luoghi dove se ne ravvisi maggiore necessità. Questi lavori comprendono gli interventi di cui al § 6.4: con riferimento alle aree protette italiane, appaiono significativi, in particolare, la rinaturalizzazione dei boschi semplificati e gli interventi di diradamento e potatura dei soprassuoli artificiali

a prevalenza di conifere finalizzati al recupero delle cenosi forestali autoctone.

#### *Specificità dei presidi antincendio nelle aree protette*

Nell'ottica di conferire all'area protetta caratteri intrinseci di protezione antincendio occorre tenere conto di:

- organizzazione del territorio e differenziazioni d'uso rapportati alla possibilità sia di innescio di incendio sia di segnalazione e di presidio;
- vincoli legati alla realizzazione di opere che interferiscono con attività di prevenzione incendi;
- accessibilità veicolare e pedonale valutata sia nell'aspetto positivo di facilitazione degli interventi di estinzione, sia in quello negativo di distribuzione di cause determinanti;
- attrezzature e servizi per funzione sociale dell'area protetta collegati alle cause predisponenti.

Le specifiche progettuali devono essere adattate ai casi specifici in ordine alle caratteristiche del sito e a quelle dell'oggetto di protezione. Per gli aspetti generali delle opere e infrastrutture di difesa antincendio si rimanda al § 6.3. Di seguito vengono sintetizzati alcuni elementi di peculiare specificità relativamente alle aree protette.

In linea generale, in queste aree è opportuno, per quanto possibile, privilegiare l'uso del mezzo aereo ad ala mobile: con questo mezzo possono essere servite zone a viabilità anche molto scarsa, realizzando sia il trasporto di squadre, sia parte dell'estinzione. Ciò è assai importante per limitare la costruzione di strade per l'estinzione. A tal fine, vanno però create le condizioni per poter raggiungere tutte le zone comprese nell'area protetta nel tempo massimo di 10 minuti di volo. Bisogna quindi considerare la necessità di piazzole di atterraggio e di punti di rifornimento idrico, evitando il più possibile il ricorso a manufatti in muratura e definendone l'ubicazione correlativamente alla posizione dei viali tagliafuoco e alla viabilità esistente.

Per quanto riguarda la viabilità forestale, un ruolo fondamentale a fini antincendio è svolto dalla rete viaria minore per permettere, sia per la prevenzione sia per l'estinzione a terra, il passaggio rapido di mezzi leggeri: nelle aree protette è, infatti, opportuno privilegiare, ove possibile, mezzi antincendio piccoli anche se di minore capacità unitaria di estinzione. Poiché la massima efficienza dell'infrastruttura viaria antincendio deve essere garantita nelle stagioni più secche che coincidono con la maggiore frequenza di eventi, la carreggiata può essere realizzata in sola terra battuta e di sezione limitata al passaggio di un solo mezzo. Ciò consente di ridurre al minimo l'impatto derivato dalla costruzione delle strade stesse in termine di frammentazione degli habitat naturali.

#### *Specificità delle ricostituzioni boschive nelle aree protette*

Per quanto riguarda le misure tecniche di ricostituzione boschiva dei soprassuoli percorsi da incendio, si rimanda al § 9.3. Peraltro, nelle aree protette tali misure assumono ruolo e orientamento peculiari. Va infatti ribadito che il fuoco è comunque un fattore ecologico e, nelle zone in cui la natura è conservata nella sua integrità, non si ritiene ammissibile una trasformazione ambientale indotta da interventi antropici, anche se a seguito di incendio e finalizzata a proporre un ambiente ritenuto migliore. In molte aree protette, se non prevalgono considerazioni di tipo paesistico per situazioni particolari, la ricostituzione forestale dopo il passaggio del fuoco deve essere prevista prevalentemente, se non esclusivamente, in termini di prevenzione diretta di eventuali futuri eventi, e deve essere decisa solamente sulla base di analisi puntuali a seguito di eventi che abbiano prodotto condizioni predisponenti per eventuali nuovi incendi caratterizzati da prevedibili elevate intensità.





## 5.6. VALORE ECONOMICO DEL RISCHIO D'INCENDIO

P. Corona, M. Marchetti

Dati quantitativi sul valore delle funzioni e dei beni e servizi prodotti dalle cenosi boschive sono relativamente scarsi. Sebbene approcci teorici alla valutazione multicriteriale in generale non manchino in letteratura, ai fini della stima economica dei danni diretti e indiretti connessi al fenomeno degli incendi si è condizionati dalla carenza di sperimentazioni *ad hoc*, nonché da una base informativa relativamente limitata, a livello nazionale, sia per i dati fisici che per quelli monetari. Peraltro, la carenza di informazioni attendibili sul valore economico dei danni ecologici recati dagli incendi boschivi è un ostacolo significativo per le decisioni sugli investimenti in merito all'adozione di idonee misure di prevenzione e lotta, e quindi allo stanziamento di adeguate risorse per politiche efficaci: solamente una valutazione dell'effettivo impatto ecologico-economico può fornire una base sicura per le analisi costi-benefici, e per commisurare l'investimento ai valori delle differenti realtà socioeconomiche ed ambientali del paese.

Una corretta analisi economica dell'effetto degli incendi boschivi dovrebbe basarsi sull'ipotetico confronto tra il flusso dei costi e dei benefici nella situazione con e senza incendi. In tale ipotetico confronto andrebbero considerati non solamente gli aspetti di mercato (perdita diretta di legname e di prodotti non legnosi), ma anche i danni indiretti, comprendenti i prodotti e servizi *senza prezzo*, quali l'offerta di aree ricreative, la tutela idrogeologica, la stabilizzazione climatica, ecc. Questi mancati benefici costituiscono una parte consistente dei costi sociali derivanti dagli incendi.

A livello di illustrazione esemplificativa e al fine di configurare un quadro di analisi quantitativa di alcuni dei principali beni e servizi prodotti dalle cenosi boschive, viene di seguito presentata una metodologia di stima proposta nel 1994 per la valutazione sintetica del *valore economico del rischio d'incendio*. In sede di pianificazione, l'obiettivo di una tale metodologia non è la valutazione finanziaria in termini assoluti, bosco per bosco, del danno da incendio, quanto la definizione di una gerarchia tra aree boscate da proteggere, ovvero l'individuazione dei criteri di priorità finanziaria nella programmazione degli interventi pubblici di prevenzione, lotta attiva e recupero.

La procedura presentata, applicabile su scala regionale e facilmente automatizzabile avendo a disposizione un sistema informativo territoriale adeguatamente configurato, è basata su una preventiva identificazione di *unità elementari (UP)*, omogenee riguardo al potenziale pirologico e sostanzialmente assimilabili alle zone di sintesi di cui al § 5.4.2, e sul successivo impiego di un numero limitato di variabili esplicative rilevate in ogni *UP* (superficie forestale, masse legnose mediamente presenti per ettaro, età media, ecc.).

La valutazione economica del rischio d'incendio è basata sulla stima del *valore economico atteso* ( $V_{att}$ ) per ogni *UP* in un determinato territorio regionale.  $V_{att}$  viene calcolato in funzione della probabilità ( $p$ ) che, nell'*UP* considerata, si verifichi annualmente un incendio e di una misura assoluta del valore economico ( $V$ ) dell'*UP*:

$$V_{att} = V^*(1-p)$$

La classificazione delle *UP* in relazione alla necessità di realizzare interventi di prevenzione degli incendi va ovviamente effettuata in funzione sia del valore per unità di superficie delle risorse da tutelare, sia della probabilità che vengano distrutte dal fuoco, facendo cioè riferimento al rischio economico d'incendio ( $R$ ) valutato come percentuale (ovvero probabilità empirica) del valore unitario dell'area:

$$R = V^*p$$

Sulla base dei valori assunti da  $R$  per ogni *UP*, il territorio interessato all'applicazione della metodologia può essere suddiviso in classi che rappresentano aree a diverso livello di rischio economico e, quindi, aree per le quali possono essere programmati differenti tipi di interventi di prevenzione degli incendi. Nell'individuazione delle diverse classi di rischio possono poi essere adottati

valori soglia di rischio massimo, associati a bassi valori di  $V$ , e di rischio minimo, che giustificano la designazione dell' $UP$  nella categoria del minor rischio economico. All'opposto, nelle zone dove viene segnalata la presenza di emergenze di grande valore ambientale, si può procedere, indipendentemente dai risultati delle stime, a una assegnazione automatica dell' $UP$  alla classe di maggiore rischio economico.

L'elemento più problematico della procedura proposta è costituito dalla stima di  $V$ , cioè del valore economico dell' $UP$ . Per tale stima ci si può riferire al criterio della capitalizzazione, in base al quale il valore di un bene è calcolato in funzione dei prodotti e servizi che tale bene è in grado di erogare ( $B$ ). I servizi (o funzioni) da considerare sono almeno i seguenti cinque:

- l'eventuale produzione di legname,  $B_{le}$ ;
- il servizio collegato all'eventuale offerta di aree ricreative,  $B_{ric}$ ;
- il servizio collegato all'eventuale funzione di tutela idrogeologica,  $B_{idr}$ ;
- il servizio di stabilizzazione climatica,  $B_{cl}$ ;
- il servizio "ecologico" in termini di conservazione di popolazioni o comunità vegetali e animali di particolare valore biogeografico ed ecologico,  $B_{ecc}$ .

Una volta stimati i valori dei servizi annualmente forniti in ogni singola area omogenea, il valore  $V$  viene valutato in base alla formula di capitalizzazione di redditi annuali costanti e illimitati:

$$V = \mathbf{S}B_j/r$$

dove:  $r$  = saggio di capitalizzazione assunto.

## 6. PREVENZIONE

Malgrado l'innegabile complessità e le dimensioni preoccupanti, il problema incendi in Italia è tuttora spesso affrontato nell'ottica quasi esclusiva dell'emergenza in atto, concentrando ogni sforzo sulla fase di estinzione, senza un'esplicita attenzione ai problemi della prevenzione. L'attuale realtà, caratterizzata da un numero crescente di focolai, impone di modificare radicalmente questo atteggiamento e di operare secondo un approccio diverso (vd. § 1): a tal fine, anche ai sensi dell'art. 4 della legge 353/2000, assumono specifica rilevanza le azioni di prevenzione diretta del rischio di incendi boschivi.

La prevenzione comprende un insieme, coordinato e pianificato, di azioni e interventi finalizzati a:

- sopprimere o modificare le cause degli incendi, attraverso l'*informazione*, l'*educazione* alla tutela dei boschi dal pericolo del fuoco, la diffusione di prassi e norme di comportamento corretto e di difesa degli insediamenti dal pericolo del fuoco;
- limitarne gli effetti dannosi, attraverso idonei dispositivi di *previsione del pericolo di incendio* e di *avvistamento*, dotando il territorio delle necessarie *infrastrutture di difesa* e creando le migliori condizioni di lotta attiva attraverso *interventi rivolti a modificare i fattori predisponenti, ovvero il carico, la tipologia e la distribuzione della vegetazione potenzialmente capace di propagare il fuoco* (prevenzione selvicolturale e, in taluni particolari casi, fuoco prescritto).

## 6.1. PREVISIONE DEL PERICOLO DI INCENDIO

A. Camia, G. Bovio

Come si è visto, gli incendi boschivi sono causati da alcuni fattori che inducono condizioni favorevoli al fuoco (fattori predisponenti) e da altri fattori, soprattutto legati al comportamento umano, che determinano l'innesco della combustione (fattori determinanti).

I metodi di previsione del pericolo si basano sulla relazione che è stata riscontrata tra le variabili predisponenti e l'inizio di incendi. Precipitazioni, vento, bassa umidità, alta temperatura dell'aria e instabilità atmosferica sono tra le variabili meteorologiche basilari per la previsione, che esprime la predisposizione al fuoco di una data area in un periodo di tempo definito.

I metodi di previsione del pericolo di incendio, a seconda della loro impostazione teorica, possono fornire l'indicazione sulla base delle misure effettuate nello stesso giorno, oppure tenere conto anche di un periodo precedente di estensione variabile.

Alcuni metodi indicano solo la possibilità di inizio del fuoco mentre altri ne esprimono anche il probabile comportamento. Questi ultimi sono detti di *diffusione*.

Sulla previsione del pericolo di incendio vi sono numerose esperienze. Negli Stati Uniti il metodo di previsione *fire danger meter* era operativo già nel 1933. In Canada negli stessi anni vi erano le *forest fire hazard tables*.

In alcuni Paesi europei negli anni '60, vennero elaborati metodi di previsione con impostazione differente da quelli americani, legati alle specifiche caratteristiche ambientali e di organizzazione. Oggi il metodo di previsione adottato da un servizio antincendi può essere tanto più complesso e raffinato quanto più moderno ed organizzato è il servizio stesso.

Negli ultimi anni sono maturate delle esperienze che mettono i servizi antincendio in condizioni di scegliere il metodo più adatto alle condizioni ambientali. Nella realtà italiana, si deve infatti ricorrere a metodi differenziati per un'affidabile previsione degli incendi invernali e di quelli estivi.

Inoltre, è necessario rapportare il risultato ottenuto alle caratteristiche del territorio, suddividendolo in zone omogenee cui corrispondono differenti livelli di pericolo, per evitare di trattare in modo uguale situazioni differenti.

Si è anche affermata la necessità di differenziare il tipo e la dimensione degli incendi che si vogliono prevedere. Poiché le conseguenze più gravi derivano dai grandi incendi, sono stati condotti studi per prevederli, individuando le variabili più importanti che li originano.

Nelle organizzazioni antincendio moderne, i metodi di previsione vengono integrati nei *sistemi di supporto alle decisioni*, poiché rappresentano parti essenziali dei sistemi utilizzati per il coordinamento, essendo la previsione attuale del pericolo legata a numerose attività fondamentali tra cui l'avvistamento, l'estinzione, l'eventuale gestione del fuoco prescritto.

Molto spesso si ritiene che la risoluzione del problema degli incendi boschivi consista nel realizzare un servizio di estinzione efficace. Questa organizzazione vale per zone molto piccole con aree boscate da difendere facilmente raggiungibili. Su territori di dimensioni superiori a 100.000 ha, come accade per tutti i servizi antincendi boschivi italiani, la sola estinzione non è sufficiente. Infatti, gli incendi si verificano numerosi e concentrati in alcuni periodi, mentre in altri non si manifestano affatto. Dimensionare correttamente le forze di estinzione in queste situazioni diviene assai difficile, è quindi necessario introdurre la previsione.

La previsione del pericolo di incendio è un'attività che considera, in particolare, la variazione temporale del pericolo, e si concentra quindi meno sui fattori ambientali costanti nel medio-lungo periodo e più sui fattori variabili, sulla base dei quali permette di modulare e dimensionare nel tempo le attività di prevenzione.

La previsione del pericolo permette, in altri termini, di preparare tempestivamente le azioni preventive e manifesta la sua utilità in numerosi settori della lotta e della prevenzione che verranno esaminati nei paragrafi che seguono.

### **6.1.1. Avvistamento, squadre e mezzi**

Individuare i focolai è un'attività da svolgere, con differenti modalità tecniche, quando la probabilità di incendio è alta. Un'efficace previsione del pericolo può offrire la possibilità di regolare l'avvistamento, soprattutto su territori vasti dove spesso le condizioni di massima diffusione del fuoco non si verificano uniformemente. Quindi si potrà fare l'avvistamento nelle zone in cui è maggiormente necessario, attivando o disattivando in tempo utile impianti fissi.

Adottando l'avvistamento aereo, in modo particolare se del tipo *armato*, la previsione del pericolo diviene indispensabile per la scelta delle rotte degli aeromobili.

Spesso, per contenere i costi, è necessario un sistema di estinzione che si avvalga di mezzi e risorse impiegabili anche per attività diverse dagli incendi boschivi nei periodi in cui essi non si verificano. Per questo motivo, sia le persone sia i mezzi devono essere polivalenti e suscettibili di convertirsi a differenti funzioni. Ne sono un esempio gli automezzi per il trasporto di estinguenti con moduli scarrabili, strutturati per essere montati e smontati velocemente destinando ad altri usi la macchina nei periodi di basso pericolo.

Anche per le squadre di intervento, soprattutto se formate da volontari, persone che si rendono disponibili lasciando altre occupazioni, è importante conoscere oggettivamente quando il pericolo di incendio aumenta.

In molte realtà italiane, i volontari rappresentano una consistente parte delle forze di intervento, con il vantaggio, da parte delle organizzazioni antincendio, di disporre di un elevato numero di persone che altrimenti non potrebbero essere destinate stabilmente all'estinzione, che è un'attività episodica. In questo contesto è fondamentale conoscere quando probabilmente si dovrà intervenire, in modo da poter predisporre uno stato di preallertamento.

Analoghe considerazioni valgono per i servizi strutturati che, anche se composti da personale comunque disponibile, si giovano molto della informazione del probabile numero e tipo di incendi che si verificheranno, potendo così predisporre i mezzi più idonei.

In particolare, per gli elicotteri l'allertamento tempestivo significa, oltre che un migliore servizio, anche un considerevole contenimento dei costi. Infatti, conoscere in anticipo la probabile necessità di intervento consente di mantenere il mezzo pronto per il decollo. Per contro, se le probabilità di intervento sono basse, l'aeromobile potrà essere impiegato in altri lavori svincolandolo dalla disponibilità quando non necessario. Inoltre, l'informazione sul pericolo permette di fare la manutenzione agli aeromobili quando non si prevedono interventi, affrontando poi i periodi di maggiore pericolosità in piena efficienza.

Inoltre, se il territorio di intervento è vasto, si può riscontrare una differenza anche considerevole tra le varie zone. La conoscenza di differenti livelli di pericolo permette di spostare i mezzi dove sono più necessari. Questo vale per tutti i mezzi ma soprattutto per gli aerei che nel tempo di validità della previsione, per la loro velocità di spostamento, possono raggiungere anche luoghi distanti.

### **6.1.2. Condizioni di sicurezza operativa**

L'informazione del livello del pericolo previsto per le ore prossime serve alle squadre addette all'intervento. Conoscere la probabilità che si verifichi un incendio e le caratteristiche attese del fronte di fiamma, consente alle squadre di adeguare le tecniche di intervento e gli strumenti di protezione personale e di intervenire sugli eventuali focolai nelle migliori condizioni possibili. Infatti, l'atteggiamento e le precauzioni da assumere possono cambiare da una situazione all'altra: ad esempio, con livelli di pericolo basso e con fronti di fiamma lenti l'attacco diretto può essere condotto senza temere che il salto di faville origini fronti secondari e trappole di fuoco; in tali situazioni gli operatori usano i normali dispositivi di protezione individuale. Se invece l'indice di peri-

colo indica una certa probabilità di incendi che potrebbero originare i fenomeni indicati, si devono disporre maggiori difese individuali come i *fire shelter* o, in carenza di questi dispositivi, non affrontare direttamente situazioni di pericolo grave.

### **6.1.3. Realizzazione di fuoco prescritto**

La previsione del pericolo viene elaborata partendo da dati che si rilevano sul terreno, di conseguenza ha una validità spaziale ben definita. Disporre di una affidabile previsione del pericolo è fondamentale per la realizzazione del fuoco prescritto (vd. § 6.5). Infatti, questa tecnica di prevenzione si realizza con un fronte di fiamma contenuto entro definiti limiti di intensità, quindi si deve lavorare rispettando precise condizioni ambientali espresse dall'indice di pericolo.

Poiché le condizioni di applicazione sono assai rigide e la loro variazione è repentina, si impone che gli addetti al fuoco prescritto si spostino sul territorio dove vi sono le condizioni propizie in quel dato momento. Un'organizzazione efficace prevede squadre con la possibilità di spostarsi anche per grandi distanze, rendendo così massima la resa di una struttura che su un territorio ristretto avrebbe occasioni di incontrare i valori meteorologici adatti per il fuoco prescritto limitati a brevi periodi dell'anno. Realizzando una struttura mobile è necessario disporre della previsione del pericolo di incendio, allo scopo di conoscere in quali zone di tutto il territorio si possa intervenire finché permane lo stesso valore di indice.

Da quattro a due settimane prima del fuoco prescritto devono essere seguite le previsioni meteorologiche di larga scala, mentre dieci giorni prima dell'applicazione si devono iniziare le misurazioni giornaliere delle variabili meteorologiche. Il giorno della realizzazione deve essere usato l'indice di pericolo, con particolare attenzione alle raffiche di vento e all'evoluzione della colonna di convezione. Si tratta, ovviamente, di una pratica di difficile applicazione in Italia sia per motivi culturali che per ragioni tecnico-scientifiche legate alla variabilità morfologica e climatica del territorio.

### **6.1.4. Attività non forestali sul territorio rurale**

Nonostante la finalità della difesa del patrimonio boschivo sia lo scopo principale dell'applicazione dell'indice di pericolo, non deve essere tralasciato che sul territorio rurale e forestale vengono svolte altre attività, che hanno comunque una interconnessione con l'ambiente forestale stesso. Infatti, non si può prescindere dalle numerose attività che si svolgono nell'ambito dell'area forestale e che influenzano il bosco o che dallo stesso sono influenzate, pur non essendo forestali. Ne è un esempio la manutenzione delle linee per il trasporto dell'energia elettrica. Esse richiedono una manutenzione che si deve svolgere anche in rapporto alla probabilità che si verifichino degli incendi. Ciò dipende dalla necessità di non inviare degli operatori sul territorio boscato mettendoli in condizione di subire dei rischi cui non sono preparati o di doversi allontanare interrompendo il lavoro. Più importante è però la motivazione della distribuzione del carico. Infatti, per mantenere una linea elettrica si deve caricare il trasporto dell'energia elettrica su un'altra. Se quest'ultima, già sovraccaricata, dovesse essere interrotta per un incendio, vi sarebbero due linee non in esercizio con problemi di distribuzione.

Per tali motivi, la distribuzione e la manutenzione dell'energia elettrica si giova molto della previsione del pericolo di incendio. Questo fatto evidenzia la possibilità di fornire l'informazione dell'indice di pericolo ad amministrazioni che si occupano di attività diverse dalla gestione forestale, instaurando scambi di informazioni e collaborazioni proficue per molti differenti settori.

### **6.1.5. Superamento di problemi amministrativi**

Un aspetto della previsione del pericolo si manifesta nel possibile miglioramento delle procedure

amministrative. Secondo le disposizioni della legge 47/1975, oggi abrogata, e di numerose leggi regionali, si era affermata la procedura di definizione dello stato di grave pericolosità sulla base di disposizioni dettate dalla autorità amministrativa regionale. Con la legge 353/2000 (vd. § 5.1.1), la definizione dei periodi a rischio viene demandata ai piani regionali di previsione, prevenzione e lotta attiva (vd. § 5.3). Nelle linee guida per la stesura di detti piani si sta affermando il criterio che gli Enti locali e territoriali, tramite apposite ordinanze, stabiliscano lo stato di elevata pericolosità. Questo modo di procedere porta con sé delle limitazioni, poiché si hanno delle disposizioni amministrative che, per essere in vigore, richiedono una serie di passaggi burocratici i quali impegnano un tempo assai superiore a quello di variazione del pericolo stesso.

L'esperienza ha evidenziato che in tale modo accade che la disposizione relativa all'obbligo di rispettare determinati principi di precauzione antincendio sia diffusa quando il pericolo è diminuito o si è totalmente annullato. Accade anche che queste disposizioni non siano ancora operative nel momento in cui sarebbero effettivamente necessarie.

A questi inconvenienti si sopperisce basandosi su un servizio che offre in modo automatico il livello di pericolo. In tale modo può essere stabilito prioritariamente che, a fronte di determinati valori dell'indice, si dovranno necessariamente assumere certi comportamenti. Si dovrebbe diffondere ai servizi antincendio, agli operatori e alla cittadinanza solamente il valore del pericolo in tempo reale, senza dovere incorrere nella procedura burocratica non compatibile con la snellezza di intervento imposta dalla continua e repentina variazione del livello di pericolo.

### **6.1.6. Meteorologia e previsione del pericolo**

L'andamento climatico e le sue variazioni influenzano notevolmente gli incendi boschivi, poiché essi sono legati alle condizioni meteorologiche sia nel loro inizio sia nella loro diffusione (vd. § 4.1). Quindi l'apporto della meteorologia è assai importante e per questo si è recentemente sviluppato un settore della protezione dagli incendi boschivi noto come *fire meteorology*, che riguarda lo studio dei fenomeni meteorologici legati al manifestarsi degli incendi e con il quale vengono usate le conoscenze che servono a misurare e spiegare i fenomeni atmosferici legati allo sviluppo del fuoco, al fine di elaborare le previsioni.

I combustibili vivi trattengono l'acqua con meccanismi vitali e il loro stato di idratazione varia, oltre che con l'andamento stagionale, anche con gli stadi fenologici, la fisiologia della pianta e le proprietà del suolo. Il contenuto idrico dei combustibili morti è assai più influenzato dalle condizioni ambientali e quindi varia, anche in tempi brevi, con l'andamento meteorologico, portandosi verso le condizioni di equilibrio con l'ambiente circostante.

Quando un combustibile supera la quantità di umidità detta *umidità di estinzione*, su di esso non può più propagarsi spontaneamente la fiamma. Questa caratteristica varia con i differenti combustibili e in funzione di altri fattori influenti come il vento. Esso, innescandosi sulla possibilità, più o meno marcata, che la vegetazione bruci, svolge un ruolo fondamentale nella diffusione del fronte di fiamma.

Anche la *tipologia di incendio* (radente, di chioma, sotterraneo; vd. § 4.1) è molto influenzata dalle variabili meteorologiche. Analogamente avviene per le dimensioni dell'incendio che diviene esteso solo in corrispondenza di determinate condizioni meteorologiche.

La stretta correlazione che intercorre tra comportamento del fuoco e variabili meteorologiche spiega l'elevata variabilità temporale degli incendi. Quindi, la meteorologia serve per indirizzare il pericolo di incendio e informare sul suo probabile comportamento.

Per ottenere una previsione del pericolo di incendio affidabile sono stati seguiti numerosi approcci metodologici, che si differenziano soprattutto per le variabili che devono essere impiegate.

In alcune realtà, dove il fulmine rappresenta una frequente causa di accensione, sono stati messi a punto dei dispositivi che georeferenziano il luogo in cui è avvenuta la scarica elettrica. Anche se questi dispositivi sono efficaci, per l'ambiente europeo hanno limitata importanza, poiché in genera-

le il fulmine causa pochi incendi.

La maggior parte dei metodi adatti all'ambiente europeo sono basati sulla stima dell'umidità dei combustibili sia vivi che morti anche se non mancano tentativi di mettere a punto metodi basati su altri criteri. Ne è un esempio il tentativo di collegare le emissioni di oli essenziali particolarmente infiammabili emanati dai vegetali in particolari condizioni di secchezza. Sono, quindi, nati alcuni metodi impostati sul rapporto tra il possibile sviluppo dell'incendio e le condizioni meteorologiche che si sono verificate in un determinato periodo. Si considerano le variabili che sono capaci di influenzare la combustione soprattutto nel periodo precedente l'incendio. Questi metodi tengono conto del ripetersi nel tempo delle condizioni meteorologiche predisponenti, e per questo si dice che contengono fattori cumulativi. Alcuni metodi si basano sul controllo di soglie meteorologiche che sono rapportate con lo sviluppo del fuoco.

Grande importanza deve essere data alla possibilità che avvenga la combustione della biomassa dello strato più superficiale del combustibile forestale, quale è la lettiera del bosco, poiché è su di esso che avviene normalmente l'innescio della fiamma. Quindi possono essere previste misure di umidità della biomassa, tuttavia questo metodo, benché teoricamente corretto, trova nella realtà scarsa applicabilità, poiché fornisce una stima locale assai circoscritta, mentre è necessario poter disporre di un'informazione riferita ad un'area su cui può lavorare il servizio di estinzione, informazione che si potrebbe ottenere solo con un elevato numero di misure.

Molti metodi sono basati sul criterio di riportare l'umidità del combustibile su cui può originare il fuoco all'umidità dei primi strati del suolo. Il suolo è considerato un mezzo capace di cedere parte dell'acqua in esso contenuta alla biomassa morta al suolo, in misura proporzionale alla quantità d'acqua presente nel suolo stesso. Secondo questa impostazione molti metodi sono basati su un bilancio idrico. In essi la precipitazione rappresenta il maggiore ingresso di acqua che verrà persa per percolazione ed evapotraspirazione.

Alcuni indici di natura empirica si correlano bene con il numero di incendi e con la superficie percorsa dal fuoco, ma possono essere applicati solo in condizioni ambientali analoghe a quelle in cui sono stati sviluppati. Spesso i modelli di previsione si basano su modelli fisici, calibrati con relazioni empiriche.

Alcuni metodi distinguono vari livelli di biomassa bruciabile separando quelli di superficie da quelli più profondi, che differiscono per l'influenza del vento e della temperatura dell'aria.

Se l'umidità è il fattore più importante per la possibilità di accensione, il vento lo è per la diffusione. Considerando questa differenza, alcuni metodi possono essere definiti di accensione o di inizio, mentre altri di diffusione. Tuttavia vi sono indici che hanno valenza sia di ignizione sia di diffusione.

Pertanto, la previsione del vento ha assunto una elevata importanza nel contesto della previsione del pericolo poiché la sua velocità, direzione e umidità, influenzano assai il decorso della fiamma, la sua velocità di avanzamento e la sua intensità lineare. La previsione del pericolo si associa a quella del comportamento e diviene essenziale per allertare i servizi di estinzione.

Una fase importante da prevedere, molto legata al vento, è il passaggio da radente a chioma e viceversa. Tuttavia il vento varia assai repentinamente nel tempo e, soprattutto per l'influenza dell'orografia, nello spazio. Per la previsione del vento sono stati realizzati dei modelli di previsione capaci di offrire delle simulazioni attendibili per dimensioni areali dell'ordine degli scenari operativi. Inoltre, poiché vi sono delle situazioni di pericolo particolare rappresentate da situazioni orografiche come le incisioni vallive assai strette ed i canali, sono stati studiati modelli di previsione del vento adatti per queste realtà.

Alcuni metodi per la previsione del vento sono legati a caratteristiche dell'ambiente che devono essere definite e misurate prima di fare la previsione. Questi metodi hanno il vantaggio di mettere a disposizione numerose informazioni territoriali e contestualmente presentano lo svantaggio di imporre un notevole lavoro per la loro acquisizione. Questo fatto spiega il motivo secondo il quale, per la scelta del metodo di previsione, si devono considerare le caratteristiche del servizio



generale antincendi boschivi in cui si opera e le informazioni che si hanno già a disposizione. Tra tutti i metodi dovranno essere scelti quelli più affidabili, considerando che uno stesso valore dell'indice ottenuto può corrispondere a livelli di pericolo differenti solo cambiando il territorio di riferimento. Appositi studi sono stati condotti per individuare, tra i metodi disponibili, quello più adatto per rispondere alle esigenze di previsione su regioni dell'Europa del Sud. Per aree regionali sono stati fatti degli studi per definire l'influenza del territorio sulla risposta dell'indice.

Un altro aspetto assai importante è legato alla dimensione dell'incendio che si vuole prevedere. Poiché gran parte della superficie percorsa dipende da pochi eventi grandi, diventa importante fare la loro previsione.

La previsione del pericolo di incendio assume un ruolo sempre più importante sia per l'efficienza dei servizi di estinzione che per migliorare tutti gli aspetti della protezione dagli incendi boschivi. Inoltre, l'utilità di conoscere le variabili meteorologiche si manifesta nella pianificazione antincendi che coordina prevenzione, previsione e estinzione. Queste attività si realizzano correttamente solo conoscendo i fattori predisponenti il fuoco.

### **6.1.7. Impiego dei metodi di previsione del pericolo di incendio**

L'applicazione di un metodo di previsione del pericolo impone in primo luogo di considerare le caratteristiche e l'ampiezza del territorio in cui si deve operare.

Solo così si potrà individuare il metodo più adatto all'area e se ne potranno definire le soglie di pericolo significative. Dovranno essere anche affrontati i temi della risoluzione temporale delle acquisizioni per la stima del grado di pericolo, nonché della definizione di una adeguata rete di stazioni meteorologiche.

#### *Scelta del metodo di previsione*

Per definire quale metodo sia più adatto alla realtà territoriale si deve tenere conto della relazione dei fattori meteorologici con il grado di pericolo di incendio, considerandone la variazione continua nello spazio determinata dal susseguirsi di condizioni stazionali differenti (vegetazione, suolo, orografia ecc.). Alcune di queste variabili cambiano con la stagione, facendo talvolta assumere al vento il ruolo di fattore predisponente principale, mentre altre volte può essere più importante il bilancio idrico del suolo o l'umidità del combustibile fine.

Scegliere un metodo di previsione significa accertarsi che il susseguirsi di queste variabili e l'alternarsi della loro importanza venga avvertito dal modello e che la risposta offerta ne riporti la reale influenza sulle condizioni di pericolo di incendio. Questo spiega il motivo per cui alcuni indici sviluppati per un certo territorio possono presentare delle risposte poco affidabili in altre realtà. Infatti, l'impostazione teorica o le espressioni empiriche del metodo possono non essere compatibili con le differenze vegetazionali, orografiche, o con la variazione locale delle condizioni meteorologiche.

Quindi, l'applicazione di metodi realizzati per ambienti diversi da quelli in cui si deve operare necessita di essere sperimentata. Nell'esperienza vi sono stati casi dagli esiti contrastanti. L'applicazione del metodo australiano in Italia, successivamente trasformato in Spagna, ha dato esiti negativi soprattutto per la situazione alpina e in generale per gli incendi che si verificano nella stagione di pericolosità invernale. Per contro, il metodo canadese è stato applicato in vari paesi europei con ottimi risultati, sia per gli incendi in periodo estivo che per la realtà alpina.

Dai numerosi confronti che apposite sperimentazioni hanno realizzato, si evince che spesso non è possibile evidenziare un indice da applicare genericamente su tutto il territorio. Comunque, per migliorare la risposta degli indici, specialmente su territori vasti, è utile ricorrere ad una stratificazione territoriale secondo criteri ambientali o climatici.

Serve quindi un'analisi preliminare sulla stagionalità, sulle distribuzioni e sulle caratteristiche degli incendi (vd. § 4.2), nonché sulle variabili ambientali rilevanti che possono fare parte del modello.

A seguito di questa indagine si può ricercare un indice adatto a ciascuna zona e studiare la relazione tra l'indice stesso e gli incendi effettivamente verificatisi.

#### *Individuazione di soglie di pericolo*

Gli indici di pericolo meteorologico vengono normalmente espressi da variabili numeriche continue o discrete e il dato numerico viene fatto corrispondere a classi qualitative cui corrispondono differenti livelli di pericolo. Questo fatto permette di cogliere con maggior immediatezza la situazione, soprattutto da parte degli operatori o della cittadinanza.

Talvolta, la classificazione qualitativa viene proposta dagli stessi autori mentre in altri casi, specialmente con indici calibrati fisicamente, è opportuno definire soglie dell'indice per diverse classi di pericolo, adatte per il territorio in cui fare la previsione. Le classi devono avere significato operativo corrispondente a delle situazioni di scenari di incendi che possono presentarsi e a fronte dei quali il servizio operativo possa far corrispondere delle attività concrete e ben differenziate in termini di operatività e di intervento di mezzi.

Queste classificazioni possono essere condotte con modalità differenti a partire dalle serie storiche degli eventi verificatisi, esprimere frequenza, comportamento degli incendi o entrambi, e cambiare in funzione della realtà considerata. Si può, cioè, costruire l'informazione per esprimere la probabilità che si verifichi un certo numero di eventi, riferendosi a un tempo e a uno spazio; oppure si può informare della probabilità di un determinato comportamento del fuoco; oppure, ancora, che si verifichi un certo numero di eventi di determinate classi di superficie percorsa. Queste differenze dipendono anche dalla tendenza e dall'impostazione teorica dell'indice, che può orientarsi maggiormente alla diffusione del fuoco oppure al suo comportamento. La situazione che ne deriva può essere portata alla conoscenza dei servizi operativi o anche della cittadinanza con la diffusione di apposite mappe.

Quanto maggiore è il territorio e la sua eterogeneità e tanto maggiori saranno le difficoltà a realizzare delle classi indicative di situazioni generali dettagliate. Pertanto, con l'aumento dell'eterogeneità si potrà contare solo su una previsione di larga massima.

#### *Risoluzione temporale delle acquisizioni e delle stime*

L'espressione del grado di pericolo può essere resa disponibile con mappe o con numerosi altri sistemi e deve essere emanata in tempo utile affinché sia utilizzabile dal servizio di protezione. In primo luogo si deve considerare che questa informazione ha significato operativo solo nel periodo di massima frequenza.

Quindi, per il territorio italiano verrà distinto il periodo estivo da quello invernale, suddividendo il territorio nelle zone a diversa stagionalità del fenomeno. In alcune regioni la stima del livello di pericolo sarà più utile nei mesi estivi, in altre nei mesi invernali e primaverili, in altre ancora sarà utile tutto l'anno.

Nel periodo di massima frequenza, nella maggioranza dei servizi antincendi viene fatta la previsione con cadenza giornaliera, soddisfacendo in questo modo le principali esigenze. Tuttavia, una maggiore frequenza di aggiornamento può essere prevista per soddisfare particolari situazioni di elevata frequenza o di concentrazione di eventi gravi. Una maggiore frequenza di emanazione del bollettino del pericolo di incendio gioverebbe alla maggiore precisione delle scelte operative. Si ritiene che in futuro si potrà disporre di un aggiornamento più frequente per la sempre maggiore disponibilità di punti di rilevamento meteorologico e per la maggiore facilità sia di calcolo sia di trasmissione dei dati. Anche l'impiego del telerilevamento concorre nella direzione di un più frequente aggiornamento delle informazioni di pericolo, nonché di una maggiore risoluzione spaziale delle stime.

La scelta degli orari e delle cadenze con cui si emanano le informazioni è anche legata alla possibilità di raggiungere in tempo utile gli operatori che utilizzeranno l'informazione: la crescente possibilità di comunicazione offerta in special modo dalla telefonia mobile fa infatti presupporre l'ap-

plicazione di una più frequente cadenza di emanazione dell'indice, la cui maggiore diffusione ancora oggi implica il superamento di alcune difficoltà operative.

Per le esigenze organizzative è opportuno che i servizi di estinzione abbiano l'informazione alla mattina, avendo così il tempo di predisporre gli strumenti e i mezzi prima del verificarsi della massima frequenza, che in generale corrisponde alle ore centrali della giornata (vd. § 4.2.1). Per contro, la previsione più precisa si può avere solo sulla base dei dati rilevati proprio in corrispondenza del momento della giornata della massima frequenza. Per questi motivi l'emanazione dell'informazione che viene fatta ora è la conseguenza di un compromesso tra le esigenze suddette.

Si ritiene che, potendo aumentare la frequenza dell'emanazione del livello di pericolo, possa essere anticipata il più possibile al mattino una prima previsione indicativa, cui dovrà seguire una valutazione successiva corrispondente al momento di massima frequenza, con lo scopo di rettificare l'informazione precedente. A tale scopo possono essere impiegati metodi di previsione diversi per sensibilità rispetto ad alcune variabili meteorologiche. È inoltre importante prevedere l'impiego di previsioni meteorologiche con una proiezione di sei-dodici ore che, pur comportando una maggior incertezza della previsione del pericolo, permettono di aumentare in modo significativo l'utilità operativa delle informazioni fornite.

#### *Rete di stazioni meteorologiche*

Per il calcolo degli indici di previsione del pericolo di incendio ci si avvale di misure di variabili meteorologiche puntuali, ottenute da una rete di stazioni meteorologiche che devono essere collocate in precise località e dotate di specifici sensori.

Il numero e la collocazione delle stazioni meteorologiche necessarie dipende dagli scenari meteorologici che caratterizzano il territorio nel periodo di massima frequenza di incendio: sarebbe quindi opportuno configurare la rete di rilevamento solo dopo avere effettuato un apposito studio della situazione meteorologica e pirologica dell'area. Tuttavia, nella maggior parte dei casi si fa riferimento alla rete che è disponibile e che per il territorio italiano è costituita da un buon numero di punti di rilevamento. Sulla validità della posizione dei punti di rilevamento meteorologico si deve valutare ogni caso specifico, tuttavia si segnala che sono disponibili criteri generali per l'ottimizzazione della rete.

Poiché la maggior parte degli indici richiede la misura di precipitazioni, temperatura e umidità relativa dell'aria, velocità del vento e talvolta radiazione solare, le stazioni meteorologiche devono essere dotate dei sensori adatti al rilievo di tali grandezze. Alcuni indici necessitano della stima del grado di instabilità atmosferica, quindi per la loro applicazione è necessario conoscere temperatura e umidità relativa lungo il profilo verticale degli strati atmosferici superiori.

La rete di rilevamento deve essere in grado di trasmettere le informazioni a una unità centrale, incaricata di eseguire il calcolo dell'indice di pericolo e trasmetterlo agli utenti.

#### *Spazializzazione degli indici di pericolo di incendio*

Gli indici devono consentire la previsione del pericolo di incendio nell'area del territorio considerato. Poiché le variabili meteorologiche vengono misurate puntualmente, è necessario introdurre criteri per una opportuna spazializzazione delle stime: ciò può avvenire introducendo metodi di misura non puntuali di alcune variabili, ad esempio ricorrendo al telerilevamento oppure estrapolando i dati acquisiti puntualmente. L'estrapolazione può essere realizzata a livello di variabili meteorologiche o di indici di pericolo.

Per l'estrapolazione spaziale dei dati meteorologici rilevati puntualmente vi sono molti metodi di varia complessità, solitamente concepiti su una base fisica. Essi modellizzano la variazione nello spazio dei parametri meteorologici, impiegando modelli differenti per i differenti parametri ottenendo per ciascuno differenti livelli di attendibilità. In ogni caso si ottiene una superficie continua rappresentabile con un modello *raster*, in ogni cella del quale può essere calcolato l'indice con i dati meteorologici stimati. In questo caso, la bontà delle previsioni e di conseguenza la validità dell'in-

dice trovato dipendono anche dalla bontà del metodo di estrapolazione applicato. Per la temperatura e l'umidità relativa dell'aria spesso vengono applicati semplici modelli che stimano i valori in un certo punto dello spazio in funzione della distanza e del dislivello dai punti di rilievo, realizzando una media ponderata dei valori delle n stazioni più prossime, corretta da un gradiente altitudinale. Più complessa invece è l'extrapolazione delle precipitazioni, soprattutto quando hanno carattere temporalesco.

Il vento, fattore essenziale, può essere estrapolato con accuratezza con appositi modelli che richiedono, oltre alla misura puntuale del profilo del vento, il Modello Digitale del Terreno della zona oggetto di interesse.

La spazializzazione comporta l'onere di definire per ogni cella il valore delle variabili. Questo fatto diviene maggiormente impegnativo impiegando metodi cumulativi per i quali si deve tenere conto dei valori assunti da ogni cella nel periodo, di varia estensione, precedente il momento del calcolo dell'indice.

Il secondo dei possibili approcci segnalati per estendere l'informazione del pericolo rilevata puntualmente è l'extrapolazione degli indici calcolati: in tale caso risulta difficile applicare modelli fisici di spazializzazione, poiché l'indice di pericolo deriva dalla combinazione di un insieme di variabili. Il problema si risolve definendo, per ogni stazione meteorologica, un poligono di pertinenza determinabile con differenti criteri, prevalentemente finalizzati a comprendere zone di analoghe caratteristiche climatiche, orografiche e comunque aventi la massima omogeneità interna. Non dovrà essere estranea alla zonizzazione la distribuzione del pericolo di incendio di lungo termine. Per quanto possibile si terrà conto anche dei limiti amministrativi. Con tale procedimento verranno tracciate delle aree di pertinenza che, a parità di tutte le altre condizioni, saranno verosimilmente più omogenee quanto più saranno piccole, cioè quanto più sarà fitta la rete di punti di rilevamento.

## 6.2. Avvistamento

G. Bovio, A. Camia

L'avvistamento è l'attività con la quale si individuano e si localizzano i focolai di incendio: segue la segnalazione al servizio di estinzione che provvede a effettuare l'intervento. L'incendio avvistato prontamente risulta nelle fasi iniziali, e quindi è caratterizzato da accelerazione: con questo comportamento (vd. § 4.1), il fronte di fiamma copre in tempo breve grande parte della superficie totale che verrà percorsa nel tempo totale dell'incendio. Per questo motivo è opportuno che siano assai tempestivi l'avvistamento, la comunicazione e il successivo intervento.

L'avvistamento si colloca a cavallo tra la prevenzione e l'estinzione. Qualunque siano le modalità di svolgimento dell'avvistamento è necessario uno stretto collegamento con il servizio di previsione del pericolo di incendio, che sulla base della situazione attuale deve fare entrare in funzione, intensificare o sospendere l'osservazione. Ciò significa che non è opportuno organizzare servizi di avvistamento che operano con intensità costante e tutto l'anno. Si ritiene più produttivo disporre di un servizio automatico presidiato da operatori solo al superamento di precisi livelli degli indici di pericolo. Gli stessi operatori e la struttura che essi gestiscono non devono essere attivati se il livello degli indici è inferiore a valori che per quella determinata realtà indicano che la probabilità di inizio di incendio è molto bassa.

In alcune realtà forestali non europee, molto estese, poco antropizzate e difficilmente raggiungibili, l'avvistamento ha il solo scopo di preavvertire qualora il fuoco avanzi verso luoghi di particolare importanza; ciò indipendentemente dal fatto che l'incendio abbia superato o meno la fase iniziale di accelerazione.

Nella realtà italiana l'avvistamento deve essere finalizzato alla più immediata comunicazione e predisposizione del servizio di estinzione: esso deve potere disporre degli elementi per conoscere, con riferimento al punto interessato, se sia opportuno fare l'estinzione immediata oppure se sia consentito accettare il passaggio di un fronte di fiamma. Nel primo caso dovrà essere predisposto l'intervento, mentre nel secondo dovrà essere solo previsto un presidio per evitare che il fronte di fiamma assuma le caratteristiche non desiderate e si trasformi in un problema di protezione civile. Ciò dimostra che l'esigenza di intervento deve essere modulata in funzione dell'area. Analogamente anche l'avvistamento dovrà avere una dislocazione ottimale dal punto di vista spaziale oltreché temporale. Queste considerazioni evidenziano che l'avvistamento è una componente assai importante dell'organizzazione antincendi, che non può essere progettata e strutturata indipendentemente da tutte le altre.

Nell'organizzazione dell'avvistamento nelle zone antropizzate talvolta si fa affidamento sulla segnalazione fatta dalla popolazione, analogamente a quanto avviene per gli incendi in ambiente civile. Si deve tuttavia precisare che mentre la segnalazione fatta dai cittadini è assai utile come controllo di concordanza, non deve essere considerata né sufficiente né precisa. Questa convinzione continua a essere valida ancora oggi, anche se gli strumenti di comunicazione sono assai più efficaci rispetto a un tempo.

Secondo le attuali tendenze, *l'avvistamento viene svolto prevalentemente con installazioni fisse*, con strumenti capaci di individuare e georeferenziare i focolai. Le tecnologie su cui si basano le apparecchiature di monitoraggio sono varie: telecamere nel campo del visibile e dell'infrarosso, rilevatori di fumi basati sul laser, sistemi che impiegano la radiometria a microonde. Rimane valido l'avvistamento realizzato direttamente da osservatori, sia da presidi fissi che da unità mobili. In ogni caso, è necessario inquadrare il sistema di avvistamento nell'ambito della pianificazione (vd. § 5.3) e collocarlo correttamente nel territorio.

### 6.2.1. Sistemi di avvistamento

La scelta del sistema di avvistamento si basa sulla descrizione del territorio realizzata in sede di stesura di piano antincendi. Da questo documento emergono le indicazioni sulle modalità con cui eseguire l'avvistamento, sulla individuazione delle aree da controllare e sul suo tempo di allertaggio. Esso corrisponde al tempo che intercorre tra l'inizio del focolaio e la richiesta di intervento. Per la generalità delle situazioni forestali italiane, *tale tempo non deve essere superiore a cinque minuti*; tuttavia, può essere maggiore dove il piano preveda che possano transitare fronti di fiamma e nelle zone dove siano stati fatti dei lavori di prevenzione diretta.

Per organizzare l'avvistamento si deve tenere conto della frequenza e della concentrazione degli incendi, della vulnerabilità della copertura forestale e in definitiva dell'impatto accettabile (vd. § 5.4). Tenendo conto di queste informazioni, e in funzione del loro variare, possono essere seguite differenti impostazioni. Di seguito si farà cenno ai principali caratteri dei sistemi usati in Italia.

#### *Avvistamento da mezzi aerei*

Questo tipo di avvistamento si fa con mezzi aerei ed è adatto soprattutto dove vi sono vaste zone forestali con scarsi collegamenti viari e con bassa pressione antropica, poiché permette di controllare grandi aree non raggiungibili agevolmente da terra.

Queste condizioni non si presentano sul territorio italiano, tuttavia dove il territorio è molto accidentato e con frequenti incisioni vallive può essere assai efficace.

Si sono diffusi a questo scopo aerei impiegati normalmente per scopo agricolo, con modelli capaci di trasportare piccoli carichi e sostentarsi a velocità bassa: questa caratteristica è necessaria per l'osservazione del territorio sottostante.

Questi aeromobili adatti al lavoro agricolo richiedono strutture assai essenziali sia per il ricovero che per il rifornimento, che può avvenire su aviosuperfici in cui essi possono atterrare in spazi dell'ordine di 100 m; devono inoltre essere dotati di posti in tandem e dell'ala sita nella parte alta della carlinga per consentire all'avvistatore di avere campo visivo su entrambi i lati. Infine, questi aerei devono essere dotati di strumenti di radiocollegamento indipendenti da quelli di navigazione, ed essere sufficientemente confortevoli per garantire buone condizioni di lavoro da parte degli operatori.

Alcuni aeromobili, capaci di trasportare piccoli carichi di acqua o ritardanti, possono estinguere direttamente i focolai avvistati: questa tecnica, che si sta cercando di introdurre in Italia anche se non si è ancora affermata, è detta *avvistamento armato*.

Indipendentemente dal tipo di avvistamento aereo usato, sull'aeromobile è opportuno siano disponibili attrezzature di georeferenziazione tipo GPS, telecamere a circuito chiuso che possono inviare i segnali video a terra, altoparlanti per comunicare direttamente con persone a terra. L'insieme di questi strumenti consente all'aeromobile di avvistamento anche di comunicare messaggi a persone in difficoltà, e soprattutto a provvedere al coordinamento dell'estinzione sia dei focolai che degli incendi. Inoltre, l'aeromobile dotato di appositi sensori di rilevamento di emanazioni infrarosse può fare l'avvistamento di focolai residui e guidare la bonifica.

La varia strumentazione di cui può essere dotato un aereo evidenzia come sia possibile realizzare un avvistamento completo in molte situazioni, partendo da focolai iniziali fino ad assicurare il coordinamento dell'estinzione, bonifica compresa. Questo fatto rimarca la validità dell'avvistamento aereo, che tuttavia può avere il corrispondente aspetto negativo nel costo elevato; questo è anche il fondamentale motivo per il quale non si realizza l'avvistamento con elicotteri.

Proprio a causa del costo elevato e per sfruttare appieno le caratteristiche del mezzo, devono essere stabilite rotte planimetricamente dettagliate per osservare la superficie forestale soggetta a incendi maggiore possibile. Detti percorsi variano in funzione delle esigenze e vengono definiti dal coordinamento operativo sulla base dei risultati della zonizzazione del pericolo di incendio della giornata in corso. Si dovrà, quindi, disporre di strumenti di supporto alle decisioni, capaci di unire

le esigenze di controllo dei boschi, stabilite dal piano AIB, l'attualità del livello di pericolo e la sua previsione. Il percorso da indicare giornalmente al mezzo aereo dovrà tenere conto della dislocazione di aviosuperfici per eventuali atterraggi.

Per il coordinamento operativo dell'avvistamento sono necessarie una sala operativa centralizzata, che disponga dell'informazione relativa al pericolo d'incendio con cadenza almeno quotidiana, e la possibilità di svolgere simulazioni di comportamento del fronte di fiamma. L'aeromobile deve seguire la rotta scelta quotidianamente dalla sala operativa sulla base di: zonizzazione in aree omogenee del piano AIB (vd. § 5.4); necessità di avvistamento delle aree omogenee; indice di pericolo del giorno (vd. § 6.1.7); probabile comportamento del fronte di fiamma.

L'avvistamento con aeromobile può dare buoni risultati se, in caso di segnalazione, la sala operativa può indicare tutti i parametri dell'incendio in tempo reale al servizio di estinzione. L'avvistamento aereo, quindi, deve essere scelto e progettato in rapporto alle dimensioni dell'area considerata e alle zonizzazioni stabilite dal piano AIB.

#### *Avvistamento da terra*

Se la zona da avvistare è facilmente percorribile, dotata di rilievi da cui estendere la visione su grandi aree, si consiglia l'avvistamento svolto da terra con le modalità e i mezzi più svariati. L'avvistamento da terra può essere mobile o fisso.

Nel primo caso si tratta di individuare una zona che viene osservata periodicamente da un osservatore che si sposta: ciò può avvenire a piedi o in auto se la viabilità è sufficiente allo scopo. L'organizzazione ideale dell'avvistamento mobile da terra si concretizza con pattuglie di due persone incaricate anche di fare il primo intervento se il focolaio individuato è in fase iniziale. La pattuglia quindi disporrà di un mezzo leggero, tipo auto utilitaria, dotato di attrezzatura manuale per attacco diretto ai focolai facilmente affrontabili. Se il tentativo di estinzione iniziale non avrà successo, la pattuglia inoltrerà la richiesta di intervento al servizio di estinzione.

Un altro importante compito della pattuglia è l'informazione al pubblico del grado di pericolo di incendio: questa informazione può avvenire attraverso segnali apposti sul mezzo di trasporto, e sarà tanto più efficace quanto maggiormente il mezzo sarà osservato. Pertanto, questo accorgimento può essere valido soprattutto nelle zone a parco nei periodi di massima fruizione, che nella maggioranza dei casi coincidono con il periodo di massima frequenza di incendio. Sarebbe inoltre assai utile che la pattuglia potesse svolgere attività di polizia forestale, anche con atteggiamento repressivo se necessario.

La pattuglia mobile deve percorrere strade particolarmente panoramiche e disporre oltre che di binocoli, anche di documenti cartografici per la georeferenziazione dei focolai avvistati. Quindi dovrà essere in dotazione la cartografia in scala 1:100.000 e 1:50.000 della zona. Dovrà inoltre essere assicurato un collegamento radio.

La seconda possibilità di svolgere l'avvistamento terrestre è da un punto fisso che deve essere necessariamente panoramico. Una parte della zona osservata sarà direttamente visibile. Ad essa si deve aggiungere una parte di visibilità indiretta, che pur essendo defilata all'osservazione diretta per la presenza di ostacoli, può essere controllata individuando la colonna di fumo dei focolai. Nella zona di visibilità indiretta l'avvistamento sarà ovviamente meno tempestivo ed efficace.

Per giudicare la validità di un punto di osservazione fisso ci si basa sulla superficie complessiva delle aree direttamente e indirettamente visibili. Il personale addetto all'avvistamento presidia i punti fissi e segnala la posizione topograficamente precisa del focolaio individuato. Quando possibile, i diversi punti fissi dovrebbero avere una parziale sovrapposizione dei territori posti sotto osservazione, in modo da potere fare un controllo di concordanza dell'avvistamento di uno stesso focolaio e ottimizzarne il processo di georeferenziazione. Il numero e la distribuzione dei punti di avvistamento deriverà dal compromesso tra un'elevata densità unita a costi elevati e la massima distanza possibile tra un punto e l'altro compatibile con una copertura minima del territorio: questa varia tra 8 e 20 km, in funzione dalle caratteristiche di visibilità della zona. In particolare, si

devono considerare le condizioni meteorologiche tipiche nel periodo di massima frequenza, soprattutto in rapporto al vento pericoloso, nonché la posizione relativa del sole in corrispondenza delle ore di massima frequenza: è noto che la visibilità aumenta osservando zone illuminate perpendicolarmente dai raggi solari e per contro diminuisce quanto più questi sono inclinati. Inoltre vi sono, in genere, più limitate possibilità di vista osservando da Nord verso Sud nelle ore centrali della giornata e da Est verso Ovest nel tardo pomeriggio.

Tra i punti di avvistamento fissi, si distinguono i semplici punti di osservazione dalle torri. I primi sono dotati delle strutture adatte a ospitare le persone, rendendo confortevole il loro permanere: si tratta cioè di provvedere a difendere gli operatori dal caldo eccessivo, dal vento oppure dal freddo, ma non vi è l'esigenza di elevare la posizione, poiché il punto scelto ha già di per sé sufficienti caratteristiche di panoramicità. Quando questo carattere non si presenta, come accade nei boschi di pianura o in rilievi poco accentuati, si può provvedere a costruire delle torri. Queste infrastrutture sono però costose e di impatto ambientale talora elevato: vi si deve ricorrere solo nel caso in cui effettivamente la loro realizzazione permetta di aumentare il campo di osservazione in modo significativo. Quando a un incremento minimo di superficie controllata corrisponde un costo molto elevato, questo tipo di struttura deve essere evitata.

Sulla piattaforma di avvistamento deve comunque essere disponibile la cartografia della zona nella scala già indicata per l'avvistamento mobile, la carta della viabilità, le carte della vegetazione e delle pendenze, il collegamento radio. Come strumenti di avvistamento servono binocoli e un cannocchiale dotato di alidada. Inoltre, si è dimostrato assai utile per la localizzazione immediata dei focolai disporre dei profili verticali del terreno osservato tracciati in senso radiale dal punto di avvistamento stesso.

#### *Avvistamento con televisione a circuito chiuso*

I punti fissi possono essere attrezzati con dispositivi che permettono di realizzare l'avvistamento senza la necessità del presidio umano in loco. I dispositivi che trasmettono il segnale dal punto di avvistamento remoto a una stazione ricevente, dove le immagini vengono osservate dagli operatori addetti, si basano su telecamere che operano principalmente nel campo del visibile.

In Italia, il primo impianto di questo tipo fu collocato nella bassa valle di Susa, nel 1979. Lo stimolo a ricorrere a tali impianti fu la difficoltà operativa a permanere in periodo invernale sui punti di avvistamento da parte degli operatori, ai quali era necessario garantire condizioni di lavoro meno difficili. La collocazione di questo impianto di avvistamento assume valore storico per essere stata la prima realizzazione italiana. Questa ha rappresentato un passo evolutivo notevole rispetto agli impianti polacchi: essi infatti avevano la stazione di monitoraggio presso la torre, mentre la necessità da risolvere in Italia era la collocazione della stazione di osservazione remota rispetto a quella di monitoraggio, per unire tutte le attività presso la sede del servizio di estinzione del Corpo Forestale dello Stato. Si realizzò così la trasmissione del segnale via etere che, se pur costosa, consentiva di fare arrivare il segnale in tempo reale. In successive migliorie furono poi fatte delle applicazioni di trasmissione con video lento che, con la tecnologia disponibile all'inizio degli anni '80, permetteva di formare l'immagine di quanto osservato dalla telecamera nella stazione ricevente in tempi dell'ordine di un minuto. La distanza utile di osservazione variava, a seconda delle condizioni atmosferiche e delle stagioni, da 4 a 10 km. La distanza utile di avvistamento è massima con umidità relativa dell'aria compresa tra 40 e 60%, con vento a circa 30 km/ora; le suddette distanze aumentano proporzionalmente con la temperatura dell'aria. L'osservazione avveniva tramite ottica con obiettivo da 10 mm capace di ruotare alla velocità di 360° al minuto, intercettando immagini di differente luminosità.

I numerosi accorgimenti tecnici apportati all'ottica di ripresa, al sistema di brandeggio, alla stabilità fisica e termica dell'apparecchiatura hanno rappresentato un percorso sperimentale che ha consentito di diffondere questo tipo di impianti prima in Piemonte e poi in altre regioni d'Italia. L'attuale progresso tecnico rende questi impianti relativamente semplici, unitamente a costi relati-



vamente contenuti. Pertanto, e a maggiore ragione, possono essere proposti come validi strumenti di osservazione a costi contenuti; mantengono tuttavia il limite di richiedere un operatore che osserva l'immagine dalla stazione ricevente.

La tecnica mise poi a disposizione dispositivi automatici basati su sensori a raggi infrarossi che, consentendo di automatizzare gli allarmi, si diffusero a scapito delle telecamere operanti nel visibile.

#### *Avvistamento con rilevatori a raggi infrarossi*

Gli impianti con telecamere nel campo del visibile non possono essere automatizzati, in quanto l'immagine che riporta l'eventuale focolaio deve essere valutata direttamente da un operatore. Questo comporta la disponibilità continua di personale che non può essere impiegato per altre funzioni.

Impiegando il parametro luminosità non è infatti possibile ottenere l'automatismo degli impianti, che invece si può avere con altri parametri che abbiano una relazione univoca con la combustione, come la temperatura termodinamica. La temperatura può essere controllata da sensori capaci di rilevare l'emanazione infrarossa. Sulla base di questo principio si sono realizzati dei sistemi di individuazione dei focolai basati sulla capacità di individuare raggi infrarossi emanati da corpi caldi.

Detti sistemi possono essere usati anche di notte e funzionare anche in presenza di fumo che non opacizza il segnale. Il sensore è influenzato da una precisa banda infrarossa e quando viene stimolato da sufficiente energia radiometrica scatta il meccanismo di allarme; quindi, il sistema è automatico e può evidenziare focolai di alcuni m<sup>2</sup> fino a 10 km di distanza. Ciò significa che il segnale di allarme può essere lanciato anche se la postazione non è presidiata, quindi il personale può essere destinato ad altre funzioni e fatto intervenire solo al momento della necessità.

Questa impostazione porta con sé la necessità di evitare i falsi allarmi che potrebbero originarsi da emanazioni accidentali di infrarossi, derivate da motori, riflessi, ecc. I sistemi di avvistamento moderni hanno vari dispositivi per opporsi ai falsi allarmi, basati ad esempio sulla memorizzazione dell'origine del segnale: questo, quando viene rilevato la prima volta, non viene utilizzato per l'allarme ma georeferenziato e memorizzato. Alla scansione successiva del sensore il nuovo segnale viene confrontato con quello memorizzato precedentemente e solo in caso di incremento il dispositivo innesca l'allarme. Poiché le scansioni del sensore avvengono a velocità dell'ordine di 360°/minuto, il controllo di emanazioni successive può essere comunque fatto in tempo utile anche se poi si rivelasse effettivamente un incendio.

Come per la visione ottica, il sensore ad infrarosso può funzionare solo se tra l'emittente e il sensore stesso non vi sono corpi che possono attenuare il segnale: questo può essere opacizzato dalla stessa vegetazione arborea di un bosco in cui un focolaio stia sviluppandosi sulla lettiera, come può accadere in cedui o in fustaie, soprattutto se di densità ottimale. In questi casi, l'intensità del fronte dell'incendio è relativamente bassa e la colonna di convezione che ha un rapido decadimento termico, allontanandosi dalla fiamma, non viene rilevata da sensori a infrarosso tarati per evidenziare la temperatura di combustione; pertanto, può accadere che l'incendio si diffonda sotto copertura senza essere rilevato, fino a raggiungere luoghi scoperti.

Gli impianti attualmente utilizzati dispongono di sistemi informativi geografici (GIS) che contengono le variabili che descrivono il territorio sottoposto ad avvistamento. In tal modo, a ogni punto in cui si evidenziasse un focolaio possono essere abbinate sia le informazioni per la georeferenziazione, che quelle per la descrizione del soprassuolo. A queste informazioni possono inoltre essere abbinati dei modelli di previsione di comportamento del fronte di fiamma, impiegabili immediatamente dopo avere avvisato un focolaio per prevederne lo sviluppo, avvantaggiando notevolmente il coordinamento dell'estinzione. Per questa finalità le postazioni di avvistamento sono dotate anche di sensori per il rilievo dei dati meteorologici. L'insieme di tutte queste strumentazioni rende l'impianto di avvistamento così concepito assai sofisticato: per questo, talvolta si sono

evidenziate delle difficoltà nella gestione pratica, poiché l'uso completo e appropriato di queste apparecchiature richiede la disponibilità di specialisti e il sostenere costi di manutenzione elevati.

### **6.2.2. Caratteristiche minime del sistema di avvistamento**

Le esigenze di avvistamento dipendono dalle caratteristiche ambientali, poiché cambiano frequenza e distribuzione spaziale degli incendi, velocità di propagazione, organizzazione di estinzione, disponibilità di indice di pericolo. Se quest'ultimo è previsto in modo efficace, l'avvistamento può essere attivato solo in precisi periodi e quindi l'impianto può essere posto in stato di riposo totale per tempi anche molto lunghi: è pertanto opportuno che l'apparecchiatura possa permanere nella situazione di attesa senza alcun intervento. Inoltre, è essenziale che l'entrata in attività del sistema di avvistamento, avvenga senza la necessità di manovre impegnative quando l'indice di pericolo allerta tutte le forze che concorrono alla lotta al fuoco.

La determinazione dell'indice di pericolo può essere realizzata per la sola zona controllata da un impianto, all'unico scopo di mettere o meno in funzione l'impianto stesso; tuttavia, questo sarebbe un impiego riduttivo con utilità limitata, mentre ci si deve rivolgere a tutto il territorio in cui gli incendi possono produrre dei danni.

Se gli impianti di monitoraggio dei focolai fossero estesi su tutto il territorio, i punti di avvistamento potrebbero anche essere il luogo in cui si fa il rilevamento dei dati meteorologici per il calcolo dell'indice di pericolo: ciò sarebbe auspicabile se i costi degli impianti fossero limitati e tali da permettere la loro realizzazione in grande numero. Queste considerazioni consigliano di caratterizzare gli impianti nel modo più semplice possibile e di limitarli alla sola funzione di avvistamento.

Il rilevamento dei dati meteorologici aumenta considerevolmente i costi, però se le informazioni meteorologiche o lo stesso indice di pericolo calcolato direttamente presso l'impianto di avvistamento, fossero trasmessi a una sala operativa centrale, fornirebbero un'informazione utile purché abbinata alla previsione del probabile comportamento del fronte di fiamma.

La previsione del comportamento avrebbe una notevole utilità qualora gran parte del territorio fosse coperta da impianti di avvistamento; in tale caso si giustificerebbe, nell'ambito di una sala operativa centrale, un'apposita struttura con specialisti per la valutazione del comportamento del fuoco e la scelta delle priorità di intervento. Quindi, la previsione del comportamento del fronte di fiamma è importante nel caso di grande diffusione di impianti di avvistamento, mentre non aggiunge informazioni effettivamente utili se viene realizzata solo in zone ristrette.

Il sistema deve avere le caratteristiche minime per: individuare automaticamente un focolaio definendone la localizzazione topografica; osservare l'area maggiore possibile; trasmettere a distanza il segnale che evidenzia la presenza di un focolaio. Teoricamente, se sono osservabili focolai fino alla distanza di 10 km, l'area controllabile sarebbe di circa 31.400 ha (sempre se tutto il territorio fosse direttamente osservabile, piano e coperto da vegetazione con biomassa bruciabile uniforme). Nella realtà, il territorio è caratterizzato da un'orografia più o meno complessa e la copertura forestale ricopre solo una frazione della superficie totale. Inoltre, le caratteristiche della vegetazione sono differenti, quindi differente sarà la velocità di propagazione dell'eventuale incendio e differenti i danni: per questo motivo la collocazione dei punti di avvistamento deve essere particolarmente curata. Il reale ammontare del costo di un impianto si deve esprimere per superficie boscata coperta da vegetazione meritevole di essere sottoposta ad avvistamento: assumendo che almeno il 25% dell'area teoricamente avvistabile (di raggio pari a 10 km) sia coperto da vegetazione forestale direttamente visibile da sottoposte ad avvistamento ed ipotizzando un costo per impianto di circa 250.000 euro, si ottiene un costo unitario orientativo di circa 30 euro/ha. Nell'ambito dei costi deve poi essere considerata la manutenzione, ordinaria e straordinaria, che per questo tipo di impianti è irrinunciabile al fine di evitare che in poco tempo divengano inefficienti. Sarebbe opportuno prevedere non solo l'entità della manutenzione, ma anche definire la manutenzione e i relativi costi.

### **6.2.3. Collocazione dei punti di avvistamento**

Un aspetto fondamentale per ottenere un avvistamento efficace è la collocazione dei punti di avvistamento: indipendentemente dalla tecnica impiegata, essi devono essere posti in modo da coprire la massima area avvistabile. Detta area è normalmente inferiore a quella di massima pericolosità, che deve essere sottoposta prioritariamente ad avvistamento.

Per esprimere una situazione concreta si è indagato sulla realtà della regione Lombardia, dove è stata determinata la superficie su cui necessariamente si deve svolgere l'attività di avvistamento definendo una zona di quasi 900 km<sup>2</sup>. Se ipotizziamo che di essa il 25% sia coperto da vegetazione meritevole di avvistamento, deriva che si devono controllare 225 km<sup>2</sup> di bosco. Nell'ipotesi teorica che le superfici forestali da sottoporre ad avvistamento fossero accorpate e tutte direttamente visibili dal punto di osservazione, sarebbero sufficienti tre impianti, essendo in questa condizione teorica osservabili circa 30.000 ha per impianto; tuttavia, in realtà, le aree da avvistare sono collocate in località non contigue e talvolta distanti tra loro. Dall'analisi della concreta realtà della Lombardia si possono individuare oltre 20 aree da sottoporre a osservazione e quindi, se pur con differente priorità, potrebbe essere necessario installare tale numero di impianti, che avrebbero un costo elevato e non coprirebbero comunque tutta la superficie boscata regionale, che è di 5.985 km<sup>2</sup>.

Pertanto, nell'ipotesi formulata a titolo esemplificativo, si prevede un avvistamento esteso solo alle aree più colpite, senza però considerare le esigenze minori, che sono comunque sempre presenti di tutto il restante territorio boscato. Inoltre, in considerazione dei costi elevati, si deve aggiungere che, se venissero ad affermarsi pochi impianti molto sofisticati, si presenterebbero i seguenti inconvenienti:

- necessità di personale specializzato per impiegare le indicazioni sulla previsione del pericolo e della diffusione dell'incendio solo nella zona di osservazione dell'impianto;
- inversione della tendenza del flusso ascendente di notizie dal luogo dell'incendio alla sala operativa che deve essere strutturata per inviare informazioni elaborate e non per riceverle;
- considerazione della zona presidiata da impianti molto sofisticati come area estremamente difesa poiché più importante delle altre, anche se ciò non corrisponde alla realtà.

Se il numero degli impianti dovesse aumentare di poche unità si vedrebbero parallelamente aumentati gli inconvenienti, senza però giungere a un coordinamento completo di tutto l'avvistamento svolto sul territorio regionale. Pertanto, tutti gli impianti messi in opera non dovrebbero essere concepiti con la logica di realizzare un punto autonomo di lotta antincendi, ma, al contrario, con quella di essere parte di una sola pianificazione che pone sul territorio dei presidi di avvistamento e li coordina.

Con questa impostazione, se tutti gli impianti fossero considerati esclusivamente come strumento per avvistare, avrebbero la possibilità di diminuire il costo unitario, non essendo più dotati di attrezzature finalizzate alla previsione del pericolo e di diffusione del fronte di fiamma.

Si deve però considerare che la copertura dell'avvistamento deve essere estesa su gran parte del territorio e quindi, specialmente con orografia accidentata, per assicurare la copertura minima delle aree più colpite, si rende necessario un numero di punti di avvistamento elevato. Questa considerazione evidenzia che anche in queste realtà deve essere perseguita la politica di proporre impianti di costo più contenuto, al fine di assicurare la massima distribuzione possibile dei punti di avvistamento fissi.

Tuttavia, non si dovrà tener presente solo il limite di costo, ma soprattutto il limite organizzativo della realtà amministrativa che deve impiegare la strumentazione proposta: infatti, in una realtà di pianificazione avanzata, potrà essere correttamente proposto e sopportato un costo maggiore, cui corrisponderà l'uso efficace dell'impianto.

Per contro, in casi di mancanza o carenza di pianificazione, a parità di costo, o al limite con costi inferiori di impianto, la sperimentazione sarebbe fallimentare, non certo per il carattere intrinseco dell'impianto stesso, ma per l'uso molto limitato che ne potrebbe venire fatto. Queste consi-

derazioni sottolineano l'esigenza di assicurarsi che la fase dell'avvistamento sia effettivamente uno dei tasselli del mosaico che compone il piano AIB, e che pertanto si inizi da un corretto collocamento spaziale del punto di avvistamento. Successivamente si dovrà assicurare il collegamento con una sala operativa efficace e predisporre un efficace servizio di estinzione.

Sovente la pianificazione stessa definisce le caratteristiche che devono essere presenti in un sistema di avvistamento: in assenza di queste indicazioni, la caratteristica minima che il sistema di avvistamento deve avere è la capacità di individuazione e trasmissione del segnale che evidenzia la presenza di un focolaio, senza occuparsi della previsione del pericolo e della propagazione attesa dell'incendio. Queste ultime caratteristiche dovrebbero però essere potenzialmente sviluppabili in un secondo tempo, dopo la messa in operatività degli impianti. In ogni caso, la reale possibilità di diffusione dell'avvistamento realizzato con la tecnica dei sensori ad infrarosso è basata sull'affermarsi e sul diffondersi di tecnologie e strutture semplici, meno costose possibile.

## 6.3. Opere e infrastrutture

A. Camia

Le attività di prevenzione sono mirate a diminuire le occasioni di incendio e a mitigarne l'azione dannosa, sia diminuendo l'intensità e quindi la forza distruttiva potenziale del fuoco, sia garantendo le condizioni migliori per la lotta attiva. Le opere e le infrastrutture di prevenzione fanno riferimento, in particolare, a interventi progettati e realizzati puntualmente sul territorio, quali viabilità di servizio, viali tagliafuoco, sistema di approvvigionamento idrico, basi per gli elicotteri.

### 6.3.1. Viabilità di servizio

L'importante funzione della viabilità nell'attività di prevenzione e repressione degli incendi boschivi è stata frequentemente sottolineata negli ultimi anni.

La presenza di una buona rete viabile svolge ruoli molteplici in quanto:

- rende più agevole le operazioni di sorveglianza, indispensabili sia come deterrente nei confronti di malintenzionati, sia come attività di avvistamento;
- garantisce, in presenza di strutture operative ben organizzate, quella rapidità d'intervento necessaria all'attacco dell'incendio nella sua fase iniziale ed al suo rapido spegnimento;
- permette un veloce intervento dei mezzi di soccorso, in caso di infortunio del personale AIB;
- in caso di pericolo rappresenta una possibile via di fuga per persone (escursionisti, gitanti, ecc.) presenti nell'area interessata dal fuoco;
- agevola, sotto l'aspetto operativo, sia l'attacco al fronte di fuoco che la successiva bonifica, poiché i tracciati che attraversano il bosco possono rappresentare anche le linee di sicurezza alle quali attestarsi per eventuali operazioni di controfuoco e costituiscono, in particolari situazioni, un'interruzione della superficie boscata, rappresentando un ostacolo all'avanzamento del fuoco e consentendo di isolare i comprensori, con conseguente riduzione dei danni;
- garantisce l'accesso e la funzionalità delle opere AIB (invasi, torrette, ripetitori, ecc.) e ne agevola la manutenzione.

Una proposta di classificazione della viabilità forestale ai fini della lotta agli incendi boschivi porta a distinguere tre tipi di tracciato (Tabella 6.1):

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

Per le finalità antincendio, la viabilità deve rispettare alcuni criteri generali di seguito sintetizzati.

#### *Caratteristiche in relazione all'accessibilità*

Le limitazioni della velocità o della possibilità di accesso di alcune classi di automezzi AIB riducono il potenziale repressivo dell'apparato di difesa. Per questo motivo è opportuno dimensionare e caratterizzare i tracciati (strade e piste) soprattutto in funzione della distanza tra le aree di intervento, i punti di rifornimento idrico ed i punti di stazionamento delle squadre operative.

Maggiori sono queste distanze, migliore deve essere lo stato del fondo, così come maggiore deve essere la larghezza dei tracciati e il raggio minimo delle curve, al fine di consentire il transito veloce di mezzi in grado di trasportare maggiori quantità di estinguente.

Le altre caratteristiche geometriche, come la pendenza ottimale, la pendenza minima e la contropendenza, dovrebbero essere rispondenti ai valori normali proposti per la principale classificazione.

ne delle strade forestali adottata in Italia (Tabella 6.2).

Sotto l'aspetto della sicurezza degli automezzi e degli operatori sono di primaria importanza i tracciati a duplice sbocco, che consentono di avere maggiori possibilità di fuga in caso di emergenza. Altri fattori che possono limitare la velocità di accesso sono lo stato di manutenzione dei tracciati e la presenza di altri veicoli. La scarsa manutenzione dei tracciati viene talvolta utilizzata come deterrente al transito di veicoli privati che, a scopo turistico-ricreativo, possono penetrare nei territori boscati e ostacolare le attività AIB. Tuttavia, il risultato è spesso solo quello di limitare la velocità degli automezzi impiegati nelle attività forestali e antincendio.

La limitazione al transito di veicoli privati deve essere ottenuta attraverso l'istituzione di divieti e la conseguente attività di sorveglianza, evitando se possibile l'apposizione di sbarre, cancelli o catene, la cui apertura durante le emergenze può talvolta compromettere l'efficacia dell'intervento.

#### *Caratteristiche in relazione all'operatività*

Strade e piste devono consentire agli automezzi antincendio di esprimere la loro massima capacità operativa al fine di ridurre il *tempo d'arresto*, quello, cioè, che intercorre dall'inizio delle operazioni di spegnimento all'arresto del fronte di fiamma. Ai fini antincendio assumono, inoltre, rilevante importanza i piazzali, le piazzole di scambio e i punti di inversione che garantiscono, anche in presenza di più automezzi, l'agevole transito dei veicoli che fanno la spola tra il fronte di fuoco ed i punti di rifornimento idrico.

La presenza di allargamenti lungo i tracciati (piazzali e piazzole), oltre che per agevolare l'accesso, è di fondamentale importanza per l'eventuale necessità di utilizzare vasche mobili che permettano di ridurre i tempi di rifornimento degli automezzi.

Il potenziale repressivo viene notevolmente ridotto dall'impossibilità degli automezzi di incrociarsi lungo lo stesso tracciato, poiché in tal caso il rifornimento di un veicolo è vincolato alla presenza degli altri e l'obbligo di un rifornimento quasi contemporaneo può portare, in situazioni di difficile coordinamento, al temporaneo abbandono totale del fronte di fuoco. All'assenza di piazzali o piazzole di scambio può talvolta sopperire la larghezza del tracciato, che può essere sufficiente al passaggio contemporaneo di due veicoli per la presenza di banchine transitabili, aspetto molto influenzato dalle caratteristiche della vegetazione ai lati dello stesso.

In particolari aree a rischio, dove sono presenti soprassuoli di pini mediterranei e/o formazioni a macchia, ai lati della viabilità possono essere realizzate fasce a minor densità di vegetazione, secondo quanto illustrato nel § 6.3.2.

#### *Caratteristiche in relazione all'accessibilità delle opere AIB*

Per consentire l'accesso a strutture per la prevenzione (ripetitori per le comunicazioni radio, impianti per il telecontrollo e il monitoraggio elettronico degli incendi, torrette di avvistamento e controllo degli incendi, vd. § 6.2) è sufficiente una viabilità AIB di classe 1, mentre per strutture utili nella fase di repressione (punti di approvvigionamento idrico) devono essere prioritariamente valutate sia la capacità che i sistemi di adduzione.

Se l'invaso ha capacità limitata e/o sistemi di adduzione che non consentono un suo rapido riempimento, occorre una viabilità costituita da tracciati di classe 3, che permettano il transito agli automezzi pesanti, quali autobotti con capacità oltre 5000 litri e automezzi con cisterne a traino. Se l'invaso è alimentato sufficientemente in modo naturale e dispone di una capacità tale da garantire il rifornimento continuo dei mezzi aerei e terrestri, anche in incendi di vaste proporzioni, la viabilità di servizio alla struttura può essere costituita anche da tracciati di classe 2 o 1.

### **6.3.2. Viali tagliafuoco**

I viali tagliafuoco, da alcuni autori chiamati anche *viali parafuoco*, sono previsti dall'art. 3, comma 3, punto i) della legge 353/2000 e possono essere messi in opera secondo diverse tipologie realizza-

tive.

Il progetto del viale deve tenere conto del contesto generale di pianificazione antincendio nel quale si colloca il viale stesso, delle caratteristiche del territorio, dell'organizzazione e dei mezzi del servizio di estinzione, del tipo di incendi prevedibili, dei venti prevalenti. Sui viali occorre inoltre prevedere un adeguato rifornimento idrico, progettare delle piazzole di sosta per l'elicottero e la viabilità di collegamento. Su questo tema è comunque essenziale tenere in considerazione problematiche connesse con la facilità di penetrazione di specie pioniere, esotiche invasive e, più in generale, connesse con la conservazione della biodiversità e della connettività ecologica tra popolazioni e comunità.

Le tipologie di viali sono: viali tagliafuoco passivi; viali tagliafuoco attivi; viali tagliafuoco attivi verdi.

#### *Viali tagliafuoco passivi*

Il viale tagliafuoco passivo ha la funzione di fermare l'incendio che procede perpendicolarmente a esso, senza alcun intervento da parte delle forze di estinzione. Viene realizzato eliminando completamente una fascia di vegetazione molto larga, poiché tale tipologia di viale non solo deve opporsi e bloccare fronti di fiamma di diversa intensità, ma deve avere una larghezza tale da impedire salti di faville capaci di trasmettere inneschi da una lato all'altro del viale stesso. Per garantire questi obiettivi di funzionalità, la larghezza della fascia completamente priva di vegetazione dovrà essere compresa tra 100 m e 200 m, potendo variare in funzione dell'intensità massima prevista del fronte di fiamma, della biomassa presente, della pendenza e della distanza che si prevede raggiungibile dalle faville che possono causare accensioni secondarie.

Gli interventi di realizzazione dei viali tagliafuoco passivi hanno un impatto paesistico ed ecologico elevato, inoltre la manutenzione per una funzionalità ottimale è assai onerosa, poiché si deve garantire la totale assenza di vegetazione durante la stagione degli incendi.

Aperture di questo genere nel sistema forestale possono determinare una frammentazione molto dannosa in termini di connettività e rete ecologica territoriale. In generale, i viali passivi sono adatti solo in zone con scarsa viabilità o dove il servizio di estinzione possiede risorse limitate, a condizione che le pendenze non siano molto pronunciate e che comunque non vi siano significativi problemi di erosione. Sono evidentemente sconsigliabili nelle aree di particolare pregio paesistico o ambientale, e quindi anche nei parchi naturali, salvo che vi siano particolari condizioni di intensità di fiamma prevista e che possano essere localmente accettati gli aspetti negativi citati. Da prendere in considerazione anche l'aumento di specie esotiche invasive connesso con l'apertura del sistema forestale.

#### *Viali tagliafuoco attivi*

I viali tagliafuoco attivi hanno lo scopo di rallentare l'incendio e facilitare il lavoro delle squadre di estinzione. Il viale attivo non è quindi progettato per fermare il fuoco, ma solo per rallentarlo e contenerne l'intensità entro limiti definiti dalla possibilità per le squadre a terra di svolgere l'attacco diretto sul fronte di fiamma. Pertanto, il viale attivo richiede l'intervento attivo delle squadre di estinzione, da cui il suo nome. Se l'incendio si propaga in chioma raggiungendo il viale, il fronte di fiamma si deve trasformare in radente e transitare con un comportamento, in termini di intensità lineare, velocità di propagazione, lunghezza di fiamma, affrontabile con l'attacco diretto realizzato con attrezzi manuali. Anche se l'incendio si propaga radente, giunto sul viale dovrà comunque assumere i parametri di comportamento contenuti entro valori massimi, che dovranno dettare le caratteristiche progettuali del viale stesso.

Per come il viale attivo è concepito, il suo corretto inserimento comporta necessariamente il collegamento con il servizio di estinzione e quindi con le infrastrutture necessarie alle attività correlate.

Pertanto, per facilitarne l'accesso, questa tipologia di viale viene spesso utilizzata ai margini della



viabilità forestale esistente, realizzando fasce di rispetto di ampiezza variabile in funzione della vegetazione presente e della orografia.

Lungo tali fasce vengono quindi eseguiti a carico del soprassuolo arboreo diradamenti forti, spalcature e potature, mentre a carico del sottobosco si esegue l'eliminazione totale degli arbusti e della vegetazione erbacea eventualmente presenti. La vegetazione erbacea talvolta viene lasciata, mentre molto spesso viene eliminata anche la cotica erbosa. Alcuni individui arborei possono poi venire rilasciati con funzione frangivento.

Per consentire l'attacco diretto devono essere rispettati dei limiti di intensità lineare massima del fronte di fiamma sul viale. Benché non possano essere definiti a priori dei valori precisi a tale riguardo, anche perché i fattori meteorologici concorrono fortemente alla variazione del comportamento del fuoco, si ritiene di poter fornire un valore indicativo compreso tra 50 e 100 kcal·m<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup> per un viale in buone condizioni di manutenzione. Tali valori possono anche variare in funzione delle esigenze locali, del collegamento con il servizio di estinzione e dei mezzi di cui il servizio stesso dispone.

La larghezza da imporre al viale è molto variabile, potendo oscillare tra 15 m e 60 m. In effetti, nell'ambito della determinazione del limite massimo di intensità sul viale, bisogna tenere conto delle condizioni circostanti e dell'intensità prevedibile del fronte che sopraggiunge in prossimità del viale stesso. Maggiore è tale intensità, maggiore dovrà essere la larghezza del viale per garantire uno spazio sufficiente a portare l'intensità entro i limiti di progetto al momento del transito sul viale stesso.

I costi di realizzazione e manutenzione del viale attivo sono minori dei corrispondenti del viale passivo, inoltre il viale attivo ha un impatto più contenuto sul paesaggio e garantisce una maggiore protezione del suolo.

#### *Viali tagliafuoco attivi verdi*

I viali tagliafuoco verdi sono una tipologia di viale che appartiene alla categoria dei viali attivi, essendo concepiti con le medesime caratteristiche funzionali. La differenza principale sta nelle modalità realizzative e in particolare nel fatto che in questo caso non viene eliminata completamente la vegetazione arborea sul viale, e la diminuzione della biomassa avviene principalmente a carico della copertura arbustiva. La componente arborea viene quindi interessata molto più marginalmente, con diradamenti e spalcature energiche lungo tutto il viale per diminuire la possibilità di passaggio in chioma dell'incendio, ma con un approccio molto più conservativo del viale tagliafuoco attivo tradizionale.

Il mantenimento di buona parte del soprassuolo, se da un lato presenta lo svantaggio di garantire meno il contenimento del fronte di fiamma dal punto di vista della possibilità di passaggio in chioma in caso di condizioni meteorologiche particolari, e quindi lo sviluppo di un incendio di chioma indipendente, dall'altro consente di ridurre considerevolmente la forza del vento nel viale stesso. Infatti, spesso all'interno dei viali privi di alberi si creano le condizioni per la circolazione di venti pericolosi, in modo particolare quando il viale non viene collocato in modo corretto nel territorio.

Un altro effetto positivo del rilascio di parte della componente arborea è l'azione di ombreggiamento esercitata dalle piante e il conseguente contenimento alla diffusione della vegetazione di invasione. Questo diminuisce i costi di manutenzione e garantisce più a lungo la corretta funzionalità del viale. Il mantenimento della copertura arborea consente inoltre il mantenimento della funzione protettiva del suolo e la mitigazione degli impatti di natura floristica ed ecologica, rendendo questa tipologia di viale preferibile nei parchi naturali.

Per quanto riguarda gli aspetti funzionali vale quanto illustrato a proposito dei viali tagliafuoco attivi: pertanto, valgono anche in questo caso le considerazioni relative al collegamento con la rete viaria e più in generale con il servizio di estinzione.

Per diminuire le possibilità di passaggio in chioma del fronte di fiamma, rispetto al viale attivo tra-

dizionale l'altezza delle spalcatore deve essere aumentata e il diradamento lungo le fasce deve essere di maggiore intensità.

#### *Localizzazione dei viali*

Oltre alla scelta della tipologia di viale da realizzare, molto importante è la corretta localizzazione dei viali tagliafuoco in sede di progetto. Lo sviluppo del viale deve, infatti, seguire una direzione tendenzialmente perpendicolare alla direzione del vento pericoloso, cioè del vento dominante nei periodi di elevata pericolosità di incendio. Inoltre, sia per un migliore inserimento nel paesaggio, sia per motivi funzionali, spesso è opportuno che il viale non segua un andamento rettilineo.

In particolare, se nell'area vi sono venti dominanti che possono assumere direzioni differenti, o nel caso in cui la direzione del viale sia vincolata dalla presenza di infrastrutture, come ad esempio linee per il trasporto di energia elettrica, nei tratti paralleli alla direzione di alcuni venti dominanti, il margine del viale non deve essere rettilineo. Eventualmente, indipendentemente dal tipo di viale, in casi particolari può essere previsto il rilascio di gruppi di alberi con funzione frangivento.

In generale, si deve evitare di collocare i viali in corrispondenza dei crinali, dove la forza del vento è solitamente maggiore, e dove quindi l'eliminazione o la riduzione della copertura arborea aggrava la situazione. In questi casi, se si intende realizzare un viale a protezione dei popolamenti nei diversi versanti, è pertanto preferibile localizzare l'infrastruttura di protezione immediatamente sotto la linea di cresta.

Per motivi legati alla circolazione dei venti e alle direzioni preferenziali di avanzamento del fronte di fiamma, nonché per evidenti motivi di protezione del suolo, si dovrà, in genere, evitare di disporre il viale, se non per eventuali brevi tratti, lungo la massima pendenza. Nelle aree protette l'ubicazione dei viali deve tenere conto delle emergenze floristiche, faunistiche e della complessità sistemica degli habitat coinvolti nella realizzazione della rete.

#### *Manutenzione dei viali*

Per svolgere la loro funzione i viali devono mantenere nel tempo le caratteristiche previste dal progetto, e quindi in particolare mantenere il livello di biomassa entro limiti che ne consentano la corretta funzionalità. Ciò comporta una manutenzione continua, capace di limitare entro valori stabiliti la vegetazione erbacea ed arbustiva, che è costituita da biomassa con caratteristiche e proprietà fisiche normalmente favorevoli la propagazione del fuoco.

Si deve prevedere una periodicità degli interventi di manutenzione con una cadenza legata ai ritmi della vegetazione, alla necessità di protezione e alle esigenze dell'ambiente. Il modo di operare può essere molto diverso da caso a caso.

Nei viali passivi, dove si deve asportare tutta la biomassa, il modo più efficace è togliere la cotica erbosa con macchine per movimento terra, tuttavia questo modo di procedere presenta l'aspetto negativo di aumentare l'erosione e il trasporto solido.

Sia nei viali passivi che attivi si possono usare decespugliatori e falciatrici che possono svolgere un ottimo lavoro, a condizione di fare interventi di manutenzione frequenti per contrastare la crescita degli arbusti. Le macchine operatrici sono ovviamente adatte solo se la pendenza non è molto accentuata.

Possono essere usati diserbanti totali che disseccano tutta la vegetazione, che però rimane presente e può condurre il fuoco. L'uso dei diserbanti rimane comunque l'ultima scelta applicabile solo in casi particolari (ad esempio, per la protezione delle scarpate ferroviarie), a causa dell'impatto negativo che comportano ancorché utilizzati su un'area limitata.

Altri metodi di manutenzione sono il pascolamento (§ 6.4.2) e il fuoco prescritto (§ 6.5). Nel § 6.4.2 verranno approfonditi gli argomenti relativi ai diradamenti e alle potature.

E' evidente che anche la manutenzione dei viali deve essere pianificata in accordo con esperti del settore naturalistico ed ecologico.

### 6.3.3. Approvvigionamento idrico

L'approvvigionamento idrico è previsto dall'art. 3, comma 3, lettera *i*) della legge 353/2000. Viene realizzato attraverso una rete di punti di rifornimento, fissi o mobili, che devono essere messi in relazione con tutti gli altri interventi di prevenzione diretta e in particolare con i viali tagliafuoco, la prevenzione selvicolturale, la viabilità, le basi per elicotteri, nonché con le componenti e l'organizzazione del servizio di estinzione.

La capacità e le caratteristiche degli invasi sono funzione della struttura e delle esigenze di estinzione, da cui discende la distribuzione sul territorio dei punti di rifornimento. A seconda dell'impiego prevalente del punto di rifornimento idrico si possono individuare diverse caratteristiche, potendo in prima approssimazione distinguere se si tratti di esigenze di rifornimento degli elicotteri di tipo leggero o di rifornimento dei mezzi a terra.

I punti di rifornimento idrico possono inoltre essere fissi o mobili e possono essere di diversa tipologia costruttiva, che deve essere scelta in funzione delle esigenze specifiche. La posizione dei punti di rifornimento idrico dovrebbe poter variare nel tempo, per questo gli invasi mobili sono preferibili a quelli fissi.

Le tipologie di invaso artificiale più utilizzate nella lotta agli incendi boschivi sono le vasche prefabbricate smontabili, le vasche in calcestruzzo e, limitatamente alle aree ove le condizioni lo consentono, i bacini di raccolta dell'acqua piovana opportunamente impermeabilizzati.

Nella costruzione di punti di rifornimento idrico fissi, è opportuno evitare il più possibile il ricorso alla muratura, in quanto determina sempre un impatto negativo sull'ambiente forestale. Le vasche smontabili presentano il vantaggio di poter essere impiegate senza dover ricorrere alla muratura, che ha un maggiore impatto ambientale sia in fase costruttiva, sia in fase di utilizzo, sia quando l'invaso non venisse più utilizzato. Dal punto di vista della protezione dagli incendi, le vasche smontabili consentono inoltre un impiego più flessibile della risorsa acqua, e possono comunque permanere sul terreno alcuni anni poiché sono normalmente costruiti in materiali resistenti alle intemperie. A queste considerazioni si aggiungono motivi di maggiore sicurezza nelle operazioni di riempimento della benna al gancio con l'elicottero, che negli invasi in muratura può essere più facilmente danneggiata.

Gli invasi devono essere collegati al resto della struttura di protezione ed in particolare ai viali tagliafuoco. Nel realizzare gli invasi lungo il viale si dovrà limitare al massimo l'impatto sull'ambiente. Le vasche utilizzate in questi ambiti sono preferibilmente trasportabili e smontabili, della capacità di 20-30 m<sup>3</sup>.

Dove ci sono problemi di alimentazione delle vasche, e dove le condizioni climatiche lo consentono, possono essere messi in opera piccoli bacini di captazione dell'acqua piovana. Questi si realizzano impermeabilizzando il terreno per un'area di dimensioni proporzionali all'entità delle precipitazioni della zona, con particolare riferimento alle precipitazioni del periodo che precede la stagione di massima pericolosità di incendio. Per limitare l'impatto dell'infrastruttura, si può procedere alla captazione ipodermica dell'acqua realizzando lo strato impermeabile sotto il cotico erboso, che viene rimosso in fase di realizzazione e quindi riposto sul materiale impermeabilizzante.

Per quantificare l'entità del rifornimento idrico è necessario considerare la dimensione delle forze di estinzione e dei mezzi impiegati, e ad esempio individuare se ci si dovrà avvalere prevalentemente di mezzi terrestri o aerei o di entrambi.

Per i mezzi aerei si deve considerare se opereranno con attrezzature integrate (ad esempio, serbatoio ventrale) o al gancio. Impiegando la benna al gancio, con riempimento per affondamento, si deve poter contare su una profondità dell'invaso almeno pari a 1,2 m e considerare che le benne hanno una capacità variabile ma che in pochi casi supera 1000 litri.

Inoltre, si deve considerare che per un impiego efficiente dell'aeromobile si deve assicurare una cadenza di lancio almeno pari a 15 lanci/ora. Pertanto bisogna dimensionare l'invaso consideran-

do che potrebbe essere necessario un intervento di diverse ore con un fabbisogno di alcune decine di m<sup>3</sup> di acqua e tenendo conto delle possibilità di alimentazione dell'invaso.

Per quanto riguarda i mezzi a terra, questi possono avere serbatoi di diverse dimensioni, dalle autobotti ai mezzi fuoristrada con allestimenti antincendio. In ogni caso dovrà essere garantito un buon collegamento viario.

A titolo di esempio si indica una disponibilità di acqua prevedibile per l'uso dell'autobotte fuoristrada pari a 8.000 l/ora. Dovendo alimentare anche un elicottero con benna al gancio, a questi si devono sommare 10.000 l/ora. Ipotizzando un intervento di circa 4 ore, si deve poter garantire un'alimentazione dell'invaso pari a circa 20.000 l/ora pari a 5,5 l/sec per tutto il tempo dell'intervento. Nel caso non si disponga di una tale portata nel punto di interesse, o si aumenta la capacità dell'invaso o si rinuncia ad un invasore che possa alimentare sia mezzi aerei che terrestri, limitando tali invasi solo ai punti che possono essere alimentati in modo sufficiente nel periodo di massima pericolosità di incendio.

Il rifornimento dei mezzi manuali quali pompe e atomizzatori spalleggiati pone meno problemi di capacità, ma deve essere più attento alla distribuzione capillare sul territorio dei punti di rifornimento, ovvero ricorrere di più a invasi di piccole dimensioni (2-3 m<sup>3</sup>), velocemente smontabili e trasportabili. Infatti, si deve considerare che anche un singolo incendio può interessare aree relativamente distanti, che il fronte di fiamma si sposta con velocità variabile e che tale velocità è, con una certa approssimazione, prevedibile.

In generale, la distanza dell'invaso dal fronte di fiamma dovrà essere tale da garantire una sufficiente cadenza oraria di rotazione per tutti i mezzi che necessitano di approvvigionamento. Pertanto, bisognerà configurare una densità dei punti di rifornimento idrico sufficiente a tale scopo, anche in base all'orografia ed alle caratteristiche prevedibili del fronte di fiamma.

#### **6.3.4. Piazzole per elicotteri**

L'uso dell'elicottero si sta affermando sempre più nella protezione dagli incendi boschivi, e in particolare nelle attività di estinzione.

L'elicottero necessita di piazzole per i rifornimenti di carburante e di acqua che devono, per un impiego proficuo del mezzo, essere ben distribuite sul territorio. Per un impiego ottimale, infatti, gli elicotteri devono essere in grado di raggiungere la zona da proteggere nel tempo massimo di 15 minuti di volo (10 minuti nel caso di aree protette).

Si devono quindi identificare delle basi principali e delle semplici piazzole di atterraggio secondarie dove l'aeromobile si può rifornire. Queste ultime in particolare sono importanti nel contesto della pianificazione antincendio, perché devono essere correttamente inserite negli ambienti forestali.

La piazzola di atterraggio è un'area piana, orizzontale o leggermente inclinata, di area circolare o quadrata di lato di circa 20 m, senza ostacoli nelle immediate vicinanze e possibilmente con profilo a sbalzo per facilitare il decollo traslazionale del mezzo.

Le piazzole devono inoltre avere un collegamento viario che consenta l'accesso di un'autobotte leggera per il trasporto del carburante ed eventuali attrezzature trasportabili dall'elicottero per le squadre nella zona di intervento. Inoltre, alla piazzola viene preferibilmente abbinato un punto di rifornimento idrico di idonee caratteristiche per il rifornimento dell'aeromobile.

La piazzola per elicotteri è dunque un elemento fondamentale da prevedere e progettare attentamente nell'ambito della pianificazione antincendi boschivi.

## 6.4. Interventi selvicolturali

P. Corona

Nell'ambito delle attività di prevenzione assumono specifica rilevanza le azioni esercitate nei confronti dei fattori predisponenti attraverso "idonei interventi colturali volti a migliorare l'assetto vegetazionale degli ambienti forestali" (art. 4, comma 2, legge 353/2000) (vd. § 5.1.1).

Con riferimento all'obiettivo di contenere il fronte di fiamma entro limiti di intensità lineari accettabili e di ridurre la probabilità di trasformazione degli incendi radenti in incendi di chioma, gli interventi selvicolturali di prevenzione mirano a sottrarre al complesso di potenziale combustibile vegetale la quota parte di carico non assorbibile con l'estinzione: ciò significa creare condizioni di minor combustibilità della vegetazione, in modo da mantenere le intensità attese al di sotto di limiti prefissati.

Da quanto sopra deriva che, sebbene essenziali, gli interventi di tipo selvicolturale non sono in grado, da soli, di prevenire in assoluto gli eventi di incendio, e debbono pertanto essere inquadrati in un contesto complessivo di pianificazione e gestione antincendio. Tutto ciò anche in relazione al fatto che per una buona parte dei boschi non sono previsti interventi selvicolturali e che nelle aree protette si sta cercando di realizzare una efficace rete di "boschi vetusti".

### 6.4.1. Basi concettuali

La fisionomia e la struttura dei boschi italiani sono la risultante della rete di interrelazioni intessuta dall'uomo con l'ambiente, fin dai tempi preistorici. I sistemi forestali sono caratterizzati da complessità e lunghezza dei cicli biologici, di cui eventi quali gli incendi possono significativamente e subitaneamente alterare la funzionalità.

L'attuale prassi forestale è generalmente basata su modelli di gestione le cui finalità sono perlopiù improntate al realismo economico. Nel supposto intento di migliorarne la funzionalità in tale direzione, sono state ricercate la semplificazione e la regolarità strutturale delle biocenosi. In linea di principio, per una gestione ecologicamente sostenibile occorre invece affrancarsi da schemi di normalità e regolarità basati sulla costruzione di un ordine artificiale. Il supposto disordine naturale della foresta è un ordine non compreso: le biocenosi forestali sono in costante dinamismo; le turbative, intrinseche o estrinseche, provocano modificazioni strutturali; a queste le biocenosi si adattano, ripristinando autonomamente nuove forme di equilibrio. In sintesi: la realtà naturale non è statica e immutabile, ma in continuo, lento e costante divenire (CIANCIO e NOCENTINI, 1996).

In questa ottica, le tecniche selvicolturali possono essere orientate a "mimare", entro limiti ecologicamente compatibili e operativamente sostenibili, le funzioni di disturbo create da fattori quali il fuoco. In questa stessa ottica, "la gestione della foresta diviene forma di prevenzione degli incendi a una condizione: non prelevare, ma immettere energia, lavoro e capitali" (CIANCIO *et al.*, 1996), attraverso interventi cauti, continui e capillari (*selvicoltura sistemica*).

La scelta del tipo e del grado di gestione varia con il contesto ambientale e umano. Ma gli interventi colturali devono essere sempre e comunque in favore e nell'interesse della foresta. È del resto dimostrato come interventi selvicolturali intensivi, univocamente volti a minimizzare il rischio di incendio e che non consentono alle cenosi di mantenersi ed evolvere secondo le dinamiche naturali, possano comunque confliggere, nel medio termine, con altri obiettivi di salvaguardia ambientale: ad esempio, conservazione del suolo e tutela della qualità delle acque. L'uso del bosco, molteplice e mutevole nel tempo e nello spazio, è connesso a un dato irrinunciabile: salvaguardare, difendere, promuovere con saggezza gli equilibri ecosistemici della foresta nel loro complesso (CIANCIO *et al.*, 1996).

Di qui la necessità di moduli colturali vicini alle forme naturali. In pratica, si escludono trattamenti selvicolturali specifici per conseguire strutture cosiddette normali, siano esse coetanee o disetanee. Si tende, invece, ad esaltare la funzionalità intrinseca degli ecosistemi con interventi *a sostegno*.

La verifica degli effetti provocati da tali interventi costituisce un impegno costante per il forestale, il fitosociologo e l'ecologo che attraverso la lettura delle reazioni della foresta potrà seguire e assecondare il processo evolutivo. Ciò che va sottolineato è la fiducia nell'autorganizzazione, nell'autopoiesi del sistema.

Il recupero ambientale della foresta coltivata secondo i principi della selvicoltura sistemica, della sinfitosociologia e dell'ecologia del paesaggio, rappresenta la strada da percorrere per favorire una maggiore efficienza complessiva e, quindi, una più elevata resistenza e resilienza anche nei confronti del fuoco. Ciò al di là della maggiore o minore valenza che ad esse si vuole dare rispetto ad altri aspetti. La rinaturalizzazione si pone l'obiettivo di favorire l'evoluzione dei soprassuoli verso sistemi in cui i meccanismi di organizzazione relazionale tra tutte le componenti (non solo tra gli alberi), e tra queste e l'ambiente fisico, raggiungono un elevato livello.

In questa prospettiva, un cenno particolare meritano i rimboschimenti e le piantagioni da legno. Per far fronte alle gravi condizioni di degrado delle foreste, a partire dal primo dopoguerra nel nostro Paese è stato dato forte impulso all'attività di ampliamento della superficie forestale. Inizialmente, la realizzazione di nuovi rimboschimenti è avvenuta con scopi protettivi, successivamente con finalità produttive. Nell'uno e nell'altro caso sono stati creati sistemi semplificati, altamente suscettibili all'innesco e al propagarsi di incendi. Nei rimboschimenti, la rinaturalizzazione tende a favorire l'affermazione delle specie autoctone, che nella maggior parte del nostro paese sono rappresentate da latifoglie naturalmente adattate all'ambiente e spesso anche al ripetersi degli incendi, almeno in termini relativi (CIANCIO *et al.*, 1996).

#### **6.4.2. Modalità operative**

Le azioni selvicolturali per la prevenzione degli incendi boschivi possono essere classificate in riferimento a due categorie di interventi:

- favorire, o piantare in sede di rimboschimento, specie e soprassuoli forestali che riescano a resistere all'incendio;
- ridurre la quantità dei combustibili.

##### *Specie e soprassuoli forestali resistenti agli incendi*

Non esistono specie arboree che siano davvero incombustibili. La suscettibilità al danno da incendio è influenzata da vari fattori (vd. § 2.3), quali la temperatura iniziale della vegetazione, la morfologia e la struttura degli organi delle singole piante, la stagione e l'attività vegetativa. A parità di condizioni, il danno può essere più o meno rilevante secondo le caratteristiche del singolo incendio, aumentando con la sua intensità, durata e tempo di residenza.

Analogamente, non esistono formazioni forestali incombustibili, sebbene la comune esperienza porti a credere che formazioni a dominanza di certe specie arboree brucino più facilmente di altre: ad esempio, a parità di altre condizioni, le pinete più dei castagneti e delle faggete. In realtà, dalla variabilità di dominanza e diversità delle specie arboree e arbustive presenti conseguono formazioni forestali caratterizzate da *pattern* di accumulazione del combustibile differenti tra loro, in termini sia quantitativi che qualitativi, anche in brevi spazi. Così, si osserva che il fuoco non percorre nella stessa maniera tutto uno stesso bosco: spesso, infatti, lascia gruppi di piante non bruciati; a parità di altre condizioni (meteorologiche, geomorfologiche, ecc.), la diversità di comportamento dipende dalla composizione e struttura dei combustibili, dalla loro massa, compattezza e continuità, in senso orizzontale e verticale, e dal contenuto d'acqua.

In linea di principio, potrebbe essere utile, come misura di prevenzione, favorire a livello selvicolturale, o piantare in sede di rimboschimento, specie forestali che meglio riescano a resistere agli incendi, scelte tra quelle di cui sopra, in funzione delle specifiche condizioni ambientali e operative. In realtà, in un corretto contesto selvicolturale, non ha senso, su larga scala, proporre la sostituzione di specie, sia per ragioni di carattere concettuale (vd. § 6.4.1) sia per ragioni operative e

finanziarie, sia per ragione comune con la conservazione della biodiversità livello di specie sia infine perché, come accennato, non esistono specie che siano davvero incombustibili. E quest'ultima osservazione è tanto più significativa quando si opera in aree eumediterranee, generalmente caratterizzate da alta probabilità di fronti di fiamma a elevata intensità lineare.

A livello operativo, può comunque essere utile tentare di favorire l'attivazione di un certo grado di resistenza intrinseca nei popolamenti esistenti, oltre che attraverso la creazione di spazi aperti e viali tagliafuoco (vd. § 6.3.2) e mediante interventi di riduzione del combustibile, anche con accorgimenti di carattere generale, utili in particolare nella gestione dei rimboschimenti e delle piantagioni da legno, favorendo:

- la costituzione di popolamenti plurispecifici e a prevalenza di latifoglie coerenti con la serie di vegetazione locale;
- la riqualificazione e il recupero strutturale delle formazioni più semplificate, con la realizzazione di popolamenti meno omogenei ed ecologicamente più stabili (un esempio in tal senso è il trattamento in forma di *fustaia chiara*, idoneo per molti popolamenti ad altofusto di latifoglie decidue nell'orizzonte termomediterraneo superiore).

#### *Regolazione del combustibile*

Una misura particolarmente utile per prevenire gli incendi boschivi è la regolazione della distribuzione nello spazio dei diversi tipi di combustibili, ottenibile riducendo l'accumulazione di quelli più pericolosi (materiale morto minuto, *dead fine fuels*) e creando soluzioni di continuità sia in senso orizzontale sia in senso verticale. Si tratta, in particolare, di interventi mirati all'ottenimento di condizioni di estinzione più facilmente gestibili e di riduzione programmata della possibilità della copertura vegetale di essere bruciata (Tabella 6.3).

I possibili interventi si dividono in tre categorie:

- interventi selvicolturali (ripuliture, diradamenti, potature);
- pascolamento;
- fuoco prescritto (vd. § 6.5).

Di seguito vengono dettagliate, a fini di completezza espositiva e chiarezza didascalica, tutti i vari tipi di intervento riferibili ai primi due punti del suddetto elenco. La loro applicazione deve comunque essere sempre opportunamente calibrata entro moduli colturali tendenti a esaltare la funzionalità intrinseca degli ecosistemi, nell'ottica di una selvicoltura sistemica, caratterizzata da interventi cauti, continui e capillari (vd. § 6.4.1). È utile inoltre ricordare che tali interventi dovranno tenere conto della vicinanza di città ed infrastrutture lineari. Andranno via diminuendo in relazione alle condizioni di maggiore naturalità strutturale e funzionale.

#### *Ripuliture*

Quasi tutti gli incendi cominciano e si diffondono al livello del suolo (incendi radenti): a parità di altri fattori, la suscettività agli incendi in termini assoluti e la probabilità che incendi radenti si trasformino in incendi di chioma dipende significativamente dalla presenza, consistenza e struttura dello strato inferiore della vegetazione. In tal senso, può essere utile prescrivere il controllo con ripuliture non solamente lungo le strade (eliminazione degli strati erbacei secchi e degli arbusti), ma, in taluni casi, anche all'interno del bosco ove sia evidente l'impatto antropico. Ove opportune e possibili, le ripuliture, per essere utili, devono essere estese a una superficie significativa, a partire dalle strade e dai viali tagliafuoco. Vanno possibilmente evitate le ripuliture estive, e nelle stazioni più siccitose anche quelle primaverili.

Il costo delle ripuliture è sempre elevato, e fortemente variabile in funzione di condizioni stazionali, struttura del soprassuolo e dello strato arbustivo e modalità operative. I sistemi che contemplano la triturazione della parte epigea degli arbusti rilasciano i residui in sito e arricchiscono il terreno in sostanza organica, potendone conservare o migliorare alcune proprietà chimiche e fisiche. Esistono svariati tipi e modelli di decespugliatori, adatti a vegetazione di diversa densità e consi-

stenza. Quando la vegetazione da ripulire è sparsa si può procedere con decespugliatori spalleggiati con lama a disco (potenza del motore pari a circa 1-1,5 kW), caratterizzati da produttività di lavoro per operatore di circa 0,1-0,2 ha/gg. Nel caso di ripuliture su aree vaste, in soprassuoli percorribili con trattori, sono proficuamente utilizzabili i decespugliatori forestali. Si tratta di attrezzi portati (più raramente trainati), applicati al sollevatore idraulico posteriormente o, meglio, anteriormente al trattore, ad asse di rotazione verticale o orizzontale: nei primi l'attrezzo tagliente è costituito da catene o lame (rigide, oscillanti, ecc.), mentre in quelli ad asse orizzontale la triturazione viene eseguita da coltelli o martelli di svariati pesi e forme. I decespugliatori a catene possono operare anche in presenza di un certo grado di pietrosità, mentre quelli a martelli possono subire forti danni in presenza di pietre provenienti da rocce particolarmente dure (igneie, ecc.), ma arrivano a triturare fusti di diametro anche fino a 15 cm. Con queste attrezzature, la produttività di lavoro in bosco è generalmente compresa tra 0,5 e 1,5 ha/gg.

Va peraltro sfatata l'idea di un bosco incombustibile se con sottobosco ripulito. Anzi, secondo alcuni autori, in varie situazioni, un sottobosco denso ritarderebbe la diffusione del fuoco, e in ogni caso la permanenza degli apparati radicali nel suolo dopo la ripulitura non elimina il problema del riscoppio della vegetazione arbustiva. Soprattutto, va tenuto conto che lo strato inferiore della vegetazione forestale svolge un rilevante ruolo ecologico, in quanto contribuisce a un più veloce riciclo dei nutrienti. Gli arbusti tendono a invadere soprattutto i popolamenti arborei più semplificati, come quelli artificiali. Nelle piantagioni e nei rimboschimenti la soppressione degli arbusti spesso elimina proprio la maggiore possibilità di arricchire il suolo di humus e di far evolvere naturalmente quelle formazioni verso boschi più coerenti con l'ambiente, e dunque intrinsecamente meno combustibili. Tutto ciò deve far riflettere sulla necessità di integrazione dei saperi: la stessa ripulitura dovrà essere pianificata e realizzata come qualsiasi intervento che si ispiri alla prassi della progettazione ambientale.

### *Diradamenti*

I diradamenti costituiscono senza dubbio gli interventi colturali di maggior interesse per ridurre la probabilità di sviluppo degli incendi nei popolamenti più vulnerabili (giovani formazioni di conifere a distribuzione verticale monoplana, impianti artificiali a elevata densità). In genere, la sola rimozione degli individui morti in piedi non è efficace ai fini della prevenzione antincendio, ed è opportuno procedere con una vera e propria operazione colturale, le cui modalità di esecuzione e la cui stessa opportunità di esecuzione rappresentano la conseguenza dell'indirizzo gestionale e delle operazioni selvicolturali precedentemente condotte.

I potenziali positivi effetti del diradamento sono molteplici: riduzione della quantità di chioma secca, riduzione della quantità di alberi secchi o deperienti, aumento della stabilità meccanica degli alberi con conseguente riduzione di schianti e quindi di biomassa bruciabile a terra, aumento della presenza di biomassa verde nello strato erbaceo grazie alla maggiore illuminazione, riduzione della quantità di lettiera indecomposta dal momento che i processi di mineralizzazione si riattivano per il maggior apporto di luce e calore, ecc. Inoltre, diradamenti, in particolare quelli selettivi dal basso, determinano un aumento della distanza media tra chioma e terreno, riducendo il pericolo del passaggio di un incendio di superficie a incendio di chioma. Infine, il diradamento, nella maggior parte dei casi applicativi, determina una riduzione numerica a carico dei soggetti di diametro minore, con conseguente incremento di diametro medio: ciò si traduce in una maggiore resistenza individuale, poiché al diametro è strettamente collegato lo spessore della corteccia delle piante.

I criteri di opportunità tecnica del diradamento a fini antincendio possono essere definiti in funzione di tre fattori, tra loro correlati: la differenziazione sociale nell'ambito del popolamento; le esigenze di spazio dei singoli individui in relazione al loro sviluppo; la stabilità del soprassuolo.

La differenziazione sociale nell'ambito di un soprassuolo è determinata dai fenomeni di competizione tra i singoli soggetti: a parità di altri fattori, in giovani popolamenti una forte differenziazione prelude alla mortalità per autodiradamento, e al conseguente accumulo di necromassa più facil-



mente combustibile. In soprassuoli coetaneiformi, utili indicatori di tale differenziazione sono rappresentati dalla variabilità diametrica e dalla presenza di asimmetria nella distribuzione numerica in funzione del diametro delle piante vive. È stato riscontrato che, in giovani piantagioni di conifere, la mortalità per autodiradamento tende ad assumere una certa consistenza, quando, nell'ambito di aree omogenee per fertilità ed età, il coefficiente di variazione del diametro a petto d'uomo presenta valori superiori a 20%. Analogamente, in corrispondenza di un certo grado di mortalità per autodiradamento, si tende ad avere una presenza significativa di asimmetria negativa (coda di sinistra < coda di destra) nella distribuzione gaussiana del numero di fusti in funzione dei loro diametro.

Quanto maggiore è lo sviluppo dei popolamenti, tanto maggiore tende ad essere la zona d'influenza dei singoli individui (*growing space*) e, quindi, tanto minore deve risultare la densità di coltivazione: esiste un rapporto ottimale tra densità e sviluppo, che consente di realizzare le condizioni colturali ottimali nell'ambito di un soprassuolo. In linea di massima, il rapporto percentuale tra l'interdistanza media tra i singoli individui e l'altezza dominante del popolamento dovrebbe essere mantenuto intorno a 25-28 per specie a temperamento tendenzialmente eliofilo e intorno a 18-20 per specie a temperamento tendenzialmente sciafilo.

La stabilità dei soprassuolo è un altro fattore di una certa importanza, in particolare nel caso di popolamenti in stazioni molto ventose. A parità di condizioni stazionali, la stabilità è strettamente correlata alle caratteristiche morfometriche delle singole piante e alla struttura dell'intero soprassuolo. Un utile indicatore di stabilità è dato dal *rapporto di snellezza* (altezza totale/diametro a petto d'uomo). A livello di singoli fusti, il valore critico, oltre il quale si ha un'alta probabilità di curvatura e stroncamento, si aggira intorno a 70-80 per il pino marittimo, a 80-90 per la douglasia e il pino strobo, a 105-115 per le querce caducifoglie, a 110-120 per il castagno, a 120-130 per i frassini maggiore e ossifillo.

Analogamente, con riferimento alle piantagioni di conifere, quando il rapporto di snellezza medio delle 200 piante di maggior diametro a ettaro supera i suddetti valori critici, si ha un'alta probabilità di forti danni a livello di intero soprassuolo.

Il momento migliore per l'esecuzione del diradamento è individuabile, caso per caso, sulla base dei criteri sopra indicati. Va, ovviamente, considerata l'opportunità che i soggetti da asportare abbiano raggiunto dimensioni unitarie in grado di fornire assortimenti commerciabili. Comunque, quando il soprassuolo si trova nelle condizioni colturali di essere diradato a fini antincendio, è necessario che si proceda tempestivamente all'intervento, pure se a macchiatico negativo, pena un sensibile incremento del potenziale pirologico.

Sotto il profilo colturale, il sistema di diradamento preferibile a fini antincendio è in genere quello selettivo, perché consente di regolare meglio la distribuzione individuale degli alberi e la mescolanza tra specie diverse. Il tipo di diradamento è, generalmente, dal basso, con asportazione prevalente di soggetti appartenenti al piano dominato e intermedio, oltre a quelli danneggiati o in cattive condizioni sanitarie. Va peraltro osservato che, in alcune situazioni (vd., ad esempio, § 8.5.3), questo tipo di diradamento, se esteso indiscriminatamente a tutte le specie arboree presenti, può rischiare di penalizzare la rinnovazione affermata di latifoglie e di destrutturare il popolamento. L'intensità di diradamento va definita in funzione delle esigenze di spazio delle singole piante in rapporto al loro sviluppo: utile è, a tal fine, il riferimento al rapporto percentuale ottimale tra interdistanza media tra i singoli individui e altezza dominante del popolamento. L'intensità di diradamento deve anche tenere conto della variabilità dimensionale tra i singoli soggetti presenti nell'ambito dei soprassuolo prima dell'intervento: a tal fine, utili indicazioni sono date dal rapporto tra la differenza tra il diametro medio delle piante rilasciate e di quelle asportate e la deviazione standard dei diametri delle piante in piedi prima dell'intervento.

Il costo delle operazioni di diradamento a fini antincendio è, in genere, relativamente elevato. A prescindere dal valore quasi sempre modesto del materiale ritraibile (perlopiù si ha a che fare con primi diradamenti selettivi condotti dal basso), raramente si riescono a ottenere produttività di

lavoro elevate: in soprassuoli giovani di conifere, con fusti di diametro inferiore a 20 cm, si possono avere, in genere, non più di 4-8 m<sup>3</sup> abbattuti e allestiti giornalmente da un operaio. Peraltro, con opportuni accorgimenti e innovazioni tecniche, si può conseguire un certo miglioramento della produttività del lavoro. Un esempio è evidenziato dalla Tabella 6.4 che riporta i risultati di un'esperienza di diradamento selettivo condotta su un popolamento di pino marittimo originatosi da incendio: i cantieri di lavoro n. 1 e 2 sono stati progettati per l'impiego di attrezzature convenzionali (rispettivamente, in terreno pianeggiante e pendente) mentre nel cantiere n. 3 sono state impiegate attrezzature specializzate caratterizzate da bassi costi operativi. In tutti i tre cantieri, le operazioni sono risultate a macchiatico negativo: è risultato però interessante il paragone tra i cantieri n. 1 e 2, che evidenzia come una buona organizzazione possa compensare le condizioni di terreno sfavorevoli, e il sistema impiegato nel cantiere n. 3, che costa circa la metà degli altri, a dimostrazione che anche semplici innovazioni possono produrre benefici sostanziali.

#### *Spalcatura e potatura*

Oltre a migliori condizioni di accesso all'interno del soprassuolo, una potatura generalizzata dei rami fino a circa 2 m di altezza può garantire un certo grado di prevenzione antincendio, almeno nel caso di soprassuoli a prevalenza di conifere, riducendo in particolare la probabilità di trasformazione degli incendi radenti in incendi di chioma. Infatti, l'intensità critica oltre la quale tale fenomeno si verifica è funzione appunto di questa distanza:

$$I_c = 0.010CBH (460 + 25,9FMC) j^{3/2}$$

dove:  $I$  = intensità critica, in kW/m;  $CBH$  = distanza media tra base delle chiome e terreno;  $FMC$  = contenuto di umidità del fogliame (SCOTT, 1998).

Le specie a ramificazione monopodiale, quali gran parte delle conifere, e/o con una forte dominanza dell'apice principale, vengono, in genere, sottoposte al graduale innalzamento della chioma, mediante potatura progressiva dei rami più bassi. Vanno sottolineate:

- l'importanza della precocità degli interventi, che dovrebbero possibilmente interessare rami di piccolo diametro (inferiore a 5 cm), in modo da ridurre al minimo la dimensione delle ferite, oltre che i nodi nel legno;
- l'opportunità di non asportare a ogni intervento più di un terzo della chioma verde, per non rallentare la crescita della pianta e non creare inconvenienti di natura fisiologica, come ad esempio l'emissione di rami epicormici.

Per quanto riguarda l'epoca di potatura, si consiglia di agire durante il riposo vegetativo, verso la fine dell'inverno, escludendo i periodi di gelo. L'asportazione dei rami secchi, indispensabile sia per le conifere che per le latifoglie, può essere effettuata in qualsiasi periodo dell'anno senza alcuna limitazione (tranne i periodi a massimo rischio di incendio).

L'opportunità di dotarsi di dispositivi più o meno sofisticati per l'effettuazione della potatura (dai seghetti manuali alle cesoie pneumatiche o idrauliche) dipende dalle condizioni operative e, ovviamente, dall'importanza contestuale che la funzione di produzione di legno assume nell'azienda/proprietà interessata. In genere, si opta per motoseghe superleggere monoimpugnatura (barra = 16-22 cm; peso < 3,5 kg) o per seghetti manuali con lama tagliente nei due sensi. In giovani soprassuoli di conifere e in condizioni stagionali non difficili, con motoseghe superleggere si arriva a produttività di lavoro per operaio non inferiori a 400 fusti/gg. Con qualunque strumento si operi, deve sempre essere posta particolare cura nell'esecuzione del taglio: per assicurare la più rapida rimarginazione della ferita, è necessario ottenere una superficie di taglio esente da slabbrature e sfilacciate (in realtà, questa condizione è difficilmente rispettabile con l'impiego delle motoseghe) e che non permetta il ristagno d'acqua; non vanno rilasciati monconi (pratica purtroppo talora ancora seguita), ma, al tempo stesso, va evitato un taglio troppo rasente al fusto.

#### *Pascolamento in bosco a fini antincendio*

Storicamente, nelle regioni mediterranee le condizioni socioeconomiche hanno favorito lo sfruttamento del patrimonio forestale come risorsa foraggiera prima ancora che come fonte di legname, creando, in molti casi, situazioni di degrado floristico e vegetazionale.

Nonostante ciò, forme razionali di pascolamento sono teoricamente riconosciute come un ottimo mezzo per ridurre l'accumulo del combustibile negli ecosistemi boschivi, soprattutto al fine di contenere la vegetazione erbacea primaverile, che in estate costituisce un facile substrato per la propagazione delle fiamme. La stessa legge 47/1975 si era posta in tale prospettiva, prevedendo espressamente, tra le opere e i mezzi per la prevenzione ed estinzione degli incendi, "l'autorizzazione, secondo le indicazioni dei piani, dell'immissione del bestiame bovino, ovino e suino nei boschi, al fine di utilizzare le risorse foraggere e di conseguire la spontanea ripulitura dei boschi". Questa norma ha avuto, di per sé, applicazione in casi del tutto sporadici: più che altro c'è stata una certa tolleranza a favore dell'allevamento condotto per altri scopi. In effetti, il pascolamento in bosco non rende più come imporrebbe la finalità zootecnica, seppure un utile finanziario diretto anche ridotto possa ancora teoricamente rappresentare un valido incentivo alla microeconomia di molti territori boschivi in ambiente mediterraneo.

L'applicazione razionale del pascolamento in bosco non è semplice, e gli aspetti da considerare sono molteplici: tipo di bestiame, carico ottimale, stagione e durata del pascolamento, definizione delle tecniche selvicolturali che aumentino la produzione foraggiera del bosco (ad esempio, avviamento di cedui ad altofusto, diradamenti selettivi, spalature), modalità di controllo del carico. Purtroppo anche in questo contesto la mancanza di specialisti diversi nella pianificazione di questo intervento fa sì che i danni di natura ecosistemica siano spesso maggiori dei benefici in termini di riduzione nella frequenza ed intensità degli incendi.

Le effettive sperimentazioni in questo settore sono sporadiche. In linea generale, bisogna distinguere tra pascolamento diffuso su tutto il bosco e *pascolamento localizzato*. L'introduzione degli animali su vaste superfici raramente risulta ecologicamente ed economicamente ammissibile, né sembrerebbe in grado di produrre apprezzabili effetti di riduzione dei combustibili nello strato inferiore della vegetazione e a livello del suolo, a meno che non abbia una tale intensità diffusa da compromettere la conservazione dell'intero bosco. Invece, nel caso di aree localizzate l'intervento, ove necessario e fattibile, può risultare un'alternativa ai mezzi di ripulitura meccanici purché gestito con carichi elevati (dell'ordine di 3 UBA/ha), per brevi periodi di tempo (non più di 20-30 giorni), due o tre volte l'anno in funzione del grado dei ricacci (cosiddetto *pascolamento intermittente*).

Sono ritenute adatte a questo scopo soprattutto le capre e alcune razze bovine di piccola taglia, capaci di muoversi nei terreni accidentati; in particolare, le capre mangiano un'ampia varietà di piante e preferiscono le piante legnose e i cespugli del primo anno piuttosto che quelli più vecchi. Il pascolo controllato richiede, spesso, l'uso di recinti elettrici e può essere realizzato, con opportune forme di partecipazione finanziaria, coinvolgendo gli operatori locali del settore.

Peraltro, alcuni Autori sostengono che il pascolamento, e segnatamente quello ovino e caprino, renderebbe la vegetazione arbustiva pascolata a configurazione più compatta e quindi, a parità di altri fattori, più infiammabile. Altri Autori ritengono che un pascolo prolungato di bovini possa determinare, a parità di condizioni, una maggiore suscettività a incendi a lenta combustione (*smoldering*).

Aspetti del tutto diversi, in grado di assicurare risultati in genere positivi, riguardano invece la manutenzione dei viali tagliafuoco e delle fasce antincendio sui bordi stradali tramite pascolamento di razze bovine di piccola taglia, ovini e soprattutto caprini: in questi casi, le tecniche sono direttamente assimilabili a quelle classiche del pascolamento su praterie naturali, più o meno arbustate.

## 6.5. Fuoco prescritto

V. Leone

Tra i metodi di modifica dei combustibili che appaiono di qualche interesse vi può essere, con varie limitazioni, il fuoco prescritto, inteso come “applicazione consapevole del fuoco al combustibile naturale in determinate condizioni meteorologiche, di umidità del suolo e del combustibile, che consente di applicarlo in una zona prestabilita e, allo stesso tempo, con una intensità ed una velocità di propagazione tali da permettere di raggiungere gli obiettivi prefissati in sede di pianificazione”.

Il termine *prescritto* è legato alle condizioni (prescrizioni) di temperatura, umidità, velocità del vento in cui si consiglia di operare. Si tratta dell'utilizzazione del fuoco per la riduzione di accumulo di combustibili pericolosi per quantità e tipo (quali fogliame, erba secca, ramaglia sottile, ovverosia del combustibile definito *dead fine fuels*, responsabile della agevole propagazione dei focolai) prima che le condizioni ambientali diventino critiche. Tra le possibili applicazioni, oltre al citato obiettivo della riduzione dei combustibili pericolosi, il fuoco prescritto appare utile anche per:

- preparare nel caso di rimboschimenti aree per la semina e la piantagione, attraverso l'eliminazione di specie indesiderate per capacità di competizione e la riduzione della eccessiva copertura di lettiera indecomposta che interferisce con la germinazione di talune specie; in particolare, la pratica consente di esporre suolo minerale e favorire la germinazione di numerose specie, tra le quali *Eucalyptus regnans*, *E. delegatensis*, *E. diversicolor*, *Pinus pinaster* e altre;
- eliminare o ridurre drasticamente i residui di utilizzazione, che possono rappresentare accumuli pericolosi in caso di incendio;
- migliorare l'habitat della fauna selvatica, aumentando la quantità e la qualità di risorse trofiche costituite da frutti e semi nonché da giovani getti, ricchi in proteine ed elementi nutritivi facilmente utilizzabili, che sostituiscono l'accumulo di necromassa di scarso valore alimentare; ovviamente vanno considerate tutte le conseguenze, compresa la proliferazione momentanea delle specie “fugaci”, che appaiono subito dopo il passaggio del fuoco ma che altrettanto rapidamente scompaiono;
- contenere la vegetazione infestante o invadente, spesso in concomitanza con interventi di tipo chimico con erbicidi: tipico il caso della gestione e manutenzione delle fasce tagliafuoco;
- controllare aspetti fitosanitari, con particolare attenzione per attacchi parassitari e fungini; particolarmente efficace appare la pratica per ridurre gli attacchi di *Fomes annosus*, agente del marciume radicale di molte conifere e di taluni coleotteri che svernano nei coni caduti sul terreno (*Conophthorus coniperda*);
- migliorare le risorse foraggiere per il pascolo, attraverso la accresciuta quantità di sostanze nutritive che vengono liberate nonché per la variazione del regime termico e idrico conseguente al passaggio del fuoco; l'uso del fuoco prescritto ovviamente postula la opportuna rotazione periodica delle aree trattate; esperienze recenti, svolte nei Pirenei, hanno evidenziato l'utilità della pratica per contenere l'eccessiva presenza di specie di scarso o nullo valore pabulare, quali il *Cytisus purgans*;
- migliorare l'aspetto delle superfici boscate, favorendo cambiamenti a livello vegetazionale attraverso un aumento del numero delle specie, rendendo maggiormente visibili le specie annuali e biennali; ciò determina, d'altro canto una più elevata presenza di fauna di ogni tipo.
- migliorare l'accessibilità e quindi la riduzione dei costi di taglio ed esbosco in concomitanza con le operazioni di utilizzazione; la migliore percorribilità avvantaggia anche i fruitori occasionali del bosco e quindi l'uso ricreativo e venatorio delle superficie trattate.
- favorire le specie dipendenti dal fuoco, alcune delle quali strettamente legate all'azione del fuoco in quanto fattore ecologico.
- riciclare i nutrienti laddove la velocità di decomposizione della sostanza organica accumula-

ta è minore dell' accumulo di necromassa, come avviene in condizioni di clima freddo ed umido; si bloccano in tal modo grandi quantità di nutrienti, che vengono quindi sottratti all'ecosistema; il fuoco periodico determina rapida decomposizione della materia organica ed un rapido ritorno in ciclo degli elementi nutritivi; il ragionamento ovviamente vale per le sostanze che non si perdono nell'atmosfera per volatilizzazione, come azoto e zolfo, ma che ritornano in ciclo attraverso le ceneri; l'azione viene anche completata dalla stimolazione dei microrganismi presenti nel terreno e quindi da una amplificazione delle attività di conversione dell'azoto da forme inutilizzabili a forme assimilabili;

- gestire specie minacciate di estinzione: è il caso ad esempio di specie tra cui numerose orchidee oltre che di briofite, per le quali il fuoco ricorrente appare un fattore insostituibile nel ciclo vitale delle specie.

La gestione con il fuoco si attua valutando e programmando opportunamente l'intervallo di ritorno, stagione, intensità, dimensione delle aree trattate, loro distribuzione nello spazio, tecniche di accensione, previsione del comportamento del fuoco in funzione delle variabili ambientali del momento. Secondo questo approccio, che vede nel fuoco uno strumento di gestione e non solo di distruzione, è cruciale quindi sia la conoscenza del comportamento del fuoco, resa possibile dai numerosi strumenti di simulazione oggi disponibili, molti dei quali basati su modelli di combustibile, sia la conoscenza dei processi dinamici della vegetazione in funzione delle frequenze e intensità del fuoco.

La ricerca ha recentemente messo in evidenza oltre che gli innegabili limiti, anche la validità ecologica, economica e tecnica del fuoco prescritto, ma gli addetti ai lavori non ne hanno mai concretamente apprezzato in pieno il potenziale, quale strumento di gestione, esprimendo una evidente e spesso preconcepita ostilità nei suoi riguardi. Per l'Italia, gli ostacoli principali alla diffusione del fuoco prescritto sono risultati: la scarsa conoscenza del ruolo ecologico del fuoco negli ecosistemi forestali; la mancanza di comprensione delle variabili coinvolte negli incendi forestali; la mancata conoscenza del comportamento e della dinamica del fuoco; una notevole confusione concettuale tra fuoco prescritto e controfuoco; la preoccupazione circa la possibilità che un fuoco prescritto possa trasformarsi in incendio, con possibili danni al bosco e alla sua vita; l'impatto visuale sul paesaggio; la preoccupazione circa possibili danni alla incolumità e ai beni; la mancanza di educazione ambientale. I risultati dell'indagine hanno messo in evidenza la scarsa conoscenza della tecnica da parte degli addetti ai lavori e, di conseguenza, la loro ovvia resistenza ad accettarla come strumento di prevenzione. Mentre si tratta di una pratica ampiamente adottata negli USA, con oltre 8.000.000 di acri trattati annualmente, adottata seppur non su larga scala in Spagna, di uso corrente e in espansione in Francia e recentemente anche in Portogallo, in Italia essa appare del tutto improponibile, salvo che nelle regioni Liguria e Piemonte, che ne hanno disciplinato, peraltro solo teoricamente, l'impiego. Vigono tuttora, infatti, i divieti imposti dal regio decreto 3267/1923 che vietano di accendere fuochi all'interno delle foreste. D'altra parte né la legge 47/1975, né la recente legge 353/2000 hanno incluso il fuoco prescritto tra le pratiche di prevenzione (vd. § 5.1.1). Anche in Grecia la pratica risulta inattuabile. Si aggiunge che in taluni paesi, come il Portogallo, l'uso del fuoco prescritto nelle formazioni di *Pinus pinaster* risale addirittura alla prima metà dell'800 e che in Francia verso il 1869 la pratica della bruciatura delle foreste di resinose era considerata una pratica particolarmente efficace per evitare incendi disastrosi.

Circa gli effetti ecologici del fuoco prescritto, essi appaiono controversi e dibattuti, ma in generale si evidenzia che gli aspetti negativi, minimi e temporanei, possono essere evitati o mitigati attraverso opportune prescrizioni operative, soprattutto in termini di accurata pianificazione e controllo dell'intensità. Le esperienze sul terreno, benché riferite soltanto ad ambienti della penisola iberica, hanno evidenziato che la pratica riduce del 98% la probabilità di incendi estivi. Il dato appare di estremo interesse, anche alla luce delle difficoltà operative della lotta contro il fuoco, eseguita con le tecniche tradizionali, la cui efficienza dipende dal numero di eventi multipli contemporanei su cui intervenire e dalla intensità dei focolai.

In tutti i casi, si tratta di identificare nel fuoco prescritto un fattore di gestione dello spazio naturale, di notevole interesse, anche per i costi particolarmente contenuti.

Attualmente, il suo uso appare, comunque, un'opportunità riservata solamente a strutture operative tecnicamente evolute, in grado di assicurare un continuo collegamento con il mondo della ricerca.

## 7. MONITORAGGIO

Il monitoraggio delle superfici boschive percorse dal fuoco ha lo scopo primario di:

- individuare e perimetrare tali aree, in particolare ai fini di accatastamento con georeferenziazione in ambiente GIS;
- valutare i livelli di danno subito dai soprassuoli forestali;
- descrivere la capacità e la velocità di recupero della vegetazione autoctona a seguito del passaggio del fuoco;
- verificare la dinamica di recupero tenendo presente la vegetazione naturale potenziale e l'eventuale presenza di specie esotiche invasive.

Al fine di verificare il livello di danno e la velocità di ricostituzione, il monitoraggio avviene in modalità multitemporale tramite areole campione permanenti a terra e/o tramite telerilevamento.

### 7.1. Aree campione permanenti

*P. Corona*

L'evidenziazione puntuale dei fenomeni di dinamica evolutiva della cenosi forestale consente di poter adeguatamente supportare e calibrare nel tempo le eventuali azioni di recupero.

A tal fine, per valutazioni speditive del grado di rinnovazione naturale (gamica e agamica) post-incendio delle specie arboree forestali, i rilievi inventariali possono essere condotti mediante aree campione temporanee secondo il metodo dei diagrammi sequenziali.

Per poter compiutamente seguire la successione secondaria e, in particolare, la ripresa della vegetazione arborea, è, però, in genere preferibile la predisposizione di una vera e propria rete di *aree campione permanenti georeferenziate*.

È in genere consigliata la realizzazione di molte aree di dimensione unitaria relativamente ridotta (orientativamente, 10-20 m<sup>2</sup>) piuttosto che poche grandi aree, almeno nei primi anni dopo il passaggio del fuoco. Nell'ambito della superficie boschiva da monitorare, le aree campione vanno dislocate con criterio di rappresentatività. La forma migliore delle singole aree sembrerebbe, in molti casi, quella moderatamente rettangolare.

È utile che in ciascuna area campione permanente si conosca la tipologia forestale e la sintassonomia di riferimento e vengano periodicamente rilevati *almeno* i seguenti dati:

- livello di danno residuo per ciascun individuo arboreo vivo (stimato a vista, in termini di larghezza e profondità di chioma danneggiata e di altezza di scottatura dei fusti);
- modello di combustibile, stimato con riferimento a una zona circolare pari ad almeno 1000-2000 m<sup>2</sup> all'intorno dell'area campione;
- rilevamento fitosociologico in stazioni interne all'aria campione;
- altezza e percentuale di copertura dello strato erbaceo eventualmente presente;
- altezza e percentuale di copertura della lettiera eventualmente presente;
- rilievo dei riscoppi vegetativi di ciascuna ceppaia arborea, con la misura dell'altezza e della copertura della chioma mediante rilievo di suoi due diametri ortogonali; per ciascuna ceppaia, va anche rilevata la percentuale di chioma interna all'area campione e se la ceppaia stes-

- sa ha origine all'interno dell'area;
- rilievo della rinnovazione arborea gamica (numero e altezza media dei semenzali, suddivisi per specie).
- campionamento del suolo: si tratta di un campionamento di tipo quantitativo, in quanto i dati andranno riferiti a una unità di suolo (peso o volume).

## 7.2. Contributo del telerilevamento

M. Marchetti, C. Ricotta

Il telerilevamento si basa sulla possibilità di differenziare gli elementi che compongono il paesaggio (suolo, vegetazione, acqua, urbano, ecc.) in base alla diversa intensità di riflessione mostrata da ciascuna superficie, in funzione della lunghezza d'onda della radiazione incidente. La sua importanza nell'ambito del monitoraggio di incendi forestali, soprattutto se di vaste dimensioni, è in continua crescita grazie all'avanzamento di tecnologie a costi sempre più ridotti, in termini relativi.

Negli ultimi anni è rapidamente cresciuto l'impiego del telerilevamento da satellite, per la possibilità di ottenere una restituzione multitemporale sufficientemente affidabile dell'attività fotosintetica, e quindi delle capacità di produzione di biomassa e delle connesse potenzialità di ricostituzione degli ecosistemi forestali percorsi dal fuoco (Figure 7.1, 7.2).

### 7.2.1. Perimetrazione e monitoraggio mediante telerilevamento satellitare

I dati telerilevati da satellite possono essere efficacemente utilizzati per individuare, perimetrare e monitorare le aree colpite da incendio: la presenza di più sensori che registrano particolari intervalli spettrali a bordo dello stesso satellite, consente, infatti, una ripresa multispettrale della stessa scena, restituendo le proprietà spettrali dei corpi secondo la lunghezza d'onda delle diverse bande spettrali indagate. Inoltre, i sistemi di osservazione terrestre dallo spazio vanno configurandosi su modalità operative in grado di fornire informazioni di elevata qualità anche a media e grande scala. Si dispone ormai di immagini da satellite con risoluzione geometrica alta e molto alta (15 m per *Landsat 7*; 6 m per *IRS-1C* e *SPOT 4*; 1-4 m per *Quickbird* e *Ikonos*) e caratterizzate da un sensibile miglioramento sia del rapporto segnale/rumore sia del contenuto informativo del segnale stesso, arricchito della disponibilità di 24 *bit* (rispetto alla generalità di dati a 8 *bit* dei sensori precedenti).

La fase preliminare all'uso dello strumento satellitare per l'analisi delle aree incendiate, prevede quindi di individuare quali proprietà spettrali caratterizzano i terreni incendiati.

Il passaggio del fuoco produce due effetti principali sul paesaggio vegetale: la produzione e l'accumulo di materiale combusto (*char*) e l'alterazione della struttura e della tessitura della vegetazione (*fire scar*). La presenza di materiale combusto rappresenta il segnale inconfondibile dell'azione del fuoco, ma permane al suolo per un breve periodo e tende a essere rimosso quasi completamente da vento e pioggia nel giro di poche settimane o mesi dopo l'incendio. Al contrario, l'alterazione della struttura della vegetazione rappresenta un indicatore più stabile del passaggio del fuoco. Tuttavia, essa non può essere associata al fuoco in maniera inequivocabile: la parziale o totale distruzione della copertura forestale può essere la conseguenza di azioni diverse come il taglio, il pascolo o l'azione di agenti patogeni. Questa distinzione è fondamentale per utilizzare correttamente le tecniche del telerilevamento nel determinare l'ubicazione e l'estensione delle aree bruciate. Per riconoscere le proprietà spettrali delle aree incendiate è importante distinguere tra cenere (cenere bianca, *white ash*) e carbone (cenere nera, *black ash*). La cenere è costituita da residui minerali di colore chiaro, prodotta dalla completa combustione di materiale vegetale, risultato di un incendio molto intenso; al contrario, il carbone indica una combustione incompleta della biomassa provocata da incendi meno severi. Spesso questi due prodotti della combustione vengono defi-

niti in maniera generica *cenere*, complicando la lettura delle informazioni spettrali rilevate proprie delle superfici bruciate.

Sebbene per identificare gli intervalli spettrali più adatti al telerilevamento delle aree bruciate occorra indagare non solo le proprietà spettrali delle superfici incendiate, ma anche quelle della vegetazione circostante non interessata dal passaggio del fuoco, la letteratura scientifica è generalmente concorde nell'indicare le regioni dello spettro elettromagnetico più adatte per lo studio delle aree incendiate.

La regione dell'*infrarosso vicino* (NIR, 0.7-1.3  $\mu\text{m}$ ) è considerata la più opportuna per individuare le superfici incendiate. In questo intervallo spettrale la vegetazione sana mostra una forte riflettività distinguendosi chiaramente dalle superfici incendiate interessate dalla presenza di materiale combusto che, al contrario, assorbono fortemente in questa porzione dello spettro elettromagnetico e appaiono scure nelle immagini satellitari.

Le aree percorse dal fuoco mostrano nella regione dell'infrarosso vicino valori medi inferiori a qualsiasi altro tipo di copertura del suolo, esclusa l'acqua, in contrasto con quanto è stato osservato nella regione del visibile dove le superfici incendiate appaiono simili ai terreni agricoli e ad alcuni tipi di formazioni vegetali.

È stata segnalata una forte riduzione dei valori del NIR a seguito di un incendio in un bosco di conifere, in particolare un decremento dei valori della banda TM4 (0,76–0,90  $\mu\text{m}$ ) dei satelliti LANDSAT. Questo risultato è in accordo con quanti segnalano una decisa caduta della riflettanza nella banda TM4 dovuta al passaggio del fuoco ed un minore e probabilmente non significativo decremento nella banda TM5 (1,55–1,75  $\mu\text{m}$ ).

Si pensa inoltre che la riduzione della riflettanza nella regione del NIR sia proporzionale all'intensità con cui il fuoco agisce sul territorio: questa relazione è considerata sufficientemente affidabile per classificare le diverse aree colpite dal fuoco secondo classi di severità con l'ausilio delle immagini Landsat.

Nella regione del NIR l'accumulo di materiale combusto appare sempre più scuro di tutti gli altri tipi di copertura del suolo, con l'esclusione di fiumi, laghi e corpi idrici. In questo intervallo spettrale, al contrario della regione del visibile, non sono state notate variazioni della luminosità del segnale imputabili ai diversi biomi indagati.

I segni dell'alterazione della struttura e della tessitura della vegetazione in seguito al passaggio del fuoco persistono per un periodo variabile da circa un anno negli ecosistemi forestali temperati e boreali alle due settimane delle praterie. Questa variabilità probabilmente deriva dalle dimensioni delle particelle di carbone che dipendono dalle dimensioni del materiale che ha subito la combustione. Nei boschi e nella macchia mediterranea il materiale infiammabile è costituito da una grande variabilità di dimensioni, inclusi grossi tronchi e rami che vengono carbonizzati dal fuoco; negli ecosistemi delle praterie ed in tutti gli altri ambienti in cui il fuoco brucia essenzialmente uno strato erbaceo, il combustibile è rappresentato da sottili foglie d'erba e le particelle carbonizzate sono piccole e leggere e si disperdono facilmente a causa della pioggia e del vento.

Come già accennato, diversi autori hanno dimostrato che l'intervallo del *visibile* (0,4–0,7  $\mu\text{m}$ ) non è affidabile per un'accurata discriminazione degli incendi. Sono state suggerite alcune spiegazioni per tale inadeguatezza:

- alcune tipologie di copertura del suolo molto comuni come corpi idrici, zone paludose, alcuni tipi di foreste (specialmente le dense formazioni di conifere) e molti tipi di suolo appaiono scuri nella regione del visibile, come gli incendi recenti;
- i satelliti per l'osservazione della Terra sono stati progettati per rappresentare un'ampia serie di caratteristiche spettrali della superficie terrestre: da oggetti molto brillanti come le nuvole, la neve e i deserti, fino a elementi fortemente assorbenti, come a esempio l'acqua, che per questo motivo appaiono scuri; nello spettro del visibile è quindi disponibile un intervallo dinamico piuttosto ridotto, insufficiente per discriminare un'ampia varietà di tipologie di copertura del suolo;



- nella regione del visibile, il disturbo provocato dalla diffusione atmosferica è considerevole, specialmente per le superfici scure, causando una perdita del contrasto che differenzia i vari tipi di copertura del suolo.

Analogamente alla regione del visibile, non esiste un comportamento specifico nella regione dell'*infrarosso medio* (MIR, 1,3–8,0  $\mu\text{m}$ ) che permetta di individuare le aree incendiate. I dati telerilevati a questa lunghezza d'onda, per essere utilizzati in maniera corretta, devono essere collegati all'ecosistema che si sta studiando.

Recentemente, alcuni Autori hanno indicato anche la regione dell'infrarosso medio, sensibile al contenuto idrico delle superfici rilevate come potenzialmente utile per discriminare le aree percorse dal fuoco. La vegetazione combusta e il generale inaridimento del suolo dopo il passaggio del fuoco determinano infatti un aumento della riflettanza nella regione dell'infrarosso medio, rispetto alla vegetazione sana che appare più scura (meno riflettente) a causa del maggior contenuto idrico. Rispetto all'intervallo del visibile, le superfici naturali mostrano nel MIR un intervallo dinamico più ampio che facilita il riconoscimento delle diverse coperture del suolo che compongono il paesaggio; l'interferenza atmosferica in questa finestra spettrale è ridotta e non disturba l'interpretazione delle informazioni spettrali. I sensori del satellite LANDSAT TM (*Thematic Mapper*) e il canale 3 del sensore AVHRR mostrano in quest'intervallo, all'interno delle aree riconoscibili come bruciate, risposte spettrali eterogenee e diversificate. Questo suggerisce la possibilità di poter utilizzare la banda del MIR per caratterizzare la variabilità interna delle superfici bruciate, correlandola con il grado di severità degli effetti provocati dall'incendio e l'evoluzione spaziale dell'intensità del fuoco. In ogni caso si pensa anche che non sia corretto utilizzare le informazioni ottenute in un determinato intervallo spettrale (ad esempio, MIR) per individuare le aree bruciate e per caratterizzarne la variabilità interna, poiché i due obiettivi sono intrinsecamente in conflitto.

La migliore capacità discriminante dell'infrarosso medio rispetto alla regione del visibile è in ogni caso confermata da una serie di studi che avvalorano l'efficacia dell'analisi multispettrale MIR-NIR per l'identificazione e la perimetrazione delle aree incendiate.

Uno dei principali cambiamenti indotti dal fuoco sull'ambiente fisico consiste nel surriscaldamento della superficie bruciata, causato dalla ridotta evapotraspirazione e dal contemporaneo aumento della radiazione solare assorbita dal suolo. L'emissività della superficie terrestre, rilevabile nell'intervallo spettrale dell'*infrarosso termico* (TIR, 8,0–14,0  $\mu\text{m}$ ), può così rappresentare un utile strumento per il monitoraggio dello stato di salute della vegetazione e la localizzazione delle superfici bruciate. Si è notato infatti che la cenere ed il carbone formano uno strato asciutto che non consente il processo di raffreddamento, aumentando la temperatura superficiale di 7-8° K durante il giorno.

Nell'intervallo spettrale delle *microonde* (>1mm), le immagini radar SAR (*Synthetic Aperture Radar*) sono state utilizzate in larga misura per la perimetrazione degli incendi boreali. Tuttavia, a causa dell'elevata sensibilità dei sensori radar al disturbo topografico ed al contenuto idrico dei suoli, tali metodologie non sono applicabili in aree montuose né in regioni dove sono presenti zone umide. Molti Autori hanno affrontato il problema del monitoraggio degli incendi per mezzo di sensori remoti con diverse finalità e obiettivi, quali la perimetrazione delle aree incendiate, la valutazione dell'intensità del danno subito o il monitoraggio del recupero post-incendio della vegetazione.

In tutti questi studi le metodologie adottate si adeguano necessariamente alle finalità prescelte. Tuttavia, l'impiego degli indici di verde rappresenta uno strumento d'indagine comune. Gli indici di verde derivano da una serie di rapporti tra bande spettrali specifiche in cui si registrano le maggiori differenze di comportamento spettrale tra la vegetazione e le altre tipologie di copertura del suolo. E' stato empiricamente dimostrato come gli indici di verde siano correlati ad alcuni parametri fisiologici della vegetazione, quali l'indice di area fogliare (LAI), biomassa, attività fotosintetica o produttività. A causa della loro valenza ecofisiologica, gli indici di verde sono quindi comunemente impiegati per la perimetrazione degli incendi e per il monitoraggio della dinamica della ricostituzione della copertura vegetale in seguito al passaggio del fuoco.

I risultati più interessanti sono stati ottenuti con l'*indice di verde normalizzato* (NDVI), e l'*indice infrarosso* (II), nel quale, rispetto al precedente, la banda TM3 del rosso (0,63–0,69  $\mu\text{m}$ ) viene sostituita dalla banda TM5 dell'infrarosso medio.

Per individuare le aree percorse da incendi recenti o più distanti nel tempo, si usano principalmente indagini di tipo multitemporale di immagini acquisite prima e dopo l'incendio. Come abbiamo già ricordato, le caratteristiche spettrali della superficie terrestre cambiano in maniera netta a seguito di un incendio, specialmente nella regione dell'infrarosso vicino (NIR). Per questo motivo, le analisi multitemporali degli *indici di verde* (VI), che considerano il contrasto tra la regione del NIR e la banda del visibile, sono molto adatte per discriminare le aree incendiate.

Diversi Autori propongono diverse metodologie per la stima del processo rigenerativo che interessa la vegetazione delle aree percorse dal fuoco usando immagini LANDSAT TM. Si è dimostrato come la descrizione dei processi dinamici post-incendio della vegetazione sia utile per quantificare, in un'ottica multitemporale, gli effetti del passaggio del fuoco sull'ecosistema. L'indagine multitemporale consente di osservare i cambiamenti che interessano le singole tipologie vegetazionali in seguito al passaggio del fuoco. In alcuni casi la fase di ricolonizzazione è molto rapida e il paesaggio incendiato assume in pochi anni un aspetto analogo a quello antecedente l'incendio. Altre formazioni vegetali, in mancanza di appositi interventi mirati, sono destinate a scomparire, sostituite da specie con capacità di rigenerazione più elevata.

In uno studio multitemporale basato su tre immagini, una precedente e due successive ad un incendio avvenuto in Gallura (Sardegna) nel 1989, integrato con altre informazioni, quali carte della vegetazione e dell'uso del suolo in scala 1:50.000 si sono dimostrate le potenzialità dell'indice II nel discriminare le diverse fasi nell'evoluzione degli arbusteti mediterranei caratterizzandoli in base alla diversa quantità di biomassa telerilevata.

Con un'analisi multitemporale della dinamica post-incendio di due incendi di grandi dimensioni avvenuti nell'isola d'Elba nell'estate del 1993 e 1994: si è evidenziato che l'indice II dimostra di essere il più adatto al monitoraggio degli incendi e della successiva ripresa della vegetazione mediterranea.

Con un lavoro condotto nella regione di Alicante, Spagna, si è proposta, per analizzare i processi rigenerativi della vegetazione della macchia mediterranea, una relazione empirica tra il valore dell'indice NDVI e l'intervallo di tempo trascorso dall'ultimo incendio. In questo senso, i valori dell'indice NDVI forniscono una stima dell'arco di tempo che intercorre tra il passaggio del satellite e l'incendio più recente.

I metodi che utilizzano immagini multitemporali sono più efficaci di quelli che usano un'unica immagine relativa all'area già incendiata poiché le prime rendono minima la confusione che si può creare tra alcune coperture del suolo permanenti che presentano un comportamento spettrale simile alle superfici percorse dal fuoco. In ogni caso, i metodi che si avvalgono di un'unica immagine post-evento rispetto ai dati multitemporali, mostrano un'indubbia convenienza sia in termini di costi economici, sia per i tempi richiesti per acquisire ed elaborare le informazioni multitemporali.

Una delle critiche più frequenti all'uso delle immagini multitemporali riguarda le correzioni radiometriche e geometriche, che dovrebbero assicurare la massima precisione spaziale e spettrale per la sovrapposizione delle immagini. Inesattezze riguardo la dimensione geometrica e le proprietà radiometriche delle immagini possono produrre errori imprevedibili e condurre a sovrastimare o sottostimare la superficie delle aree bruciate. Chiaramente il grado d'errore dipende anche da altri parametri quali la dimensione e la frammentazione delle aree bruciate, spesso legate al tipo di ecosistema in esame.

Le convenzionali tecniche di classificazione di immagini satellitari, quali la massima verosimiglianza o la minima distanza, sono state ampiamente impiegate per analisi su singole immagini LANDSAT. Applicare queste tecniche nell'ambito di analisi multitemporali risulta più complicato. Di conseguenza, classificazioni multitemporali vere e proprie di aree incendiate sono state speri-

mentate in pochi casi.



## 8. RICOSTITUZIONE NATURALE E SERIE DI VEGETAZIONE

La distruzione della vegetazione a causa del fuoco è seguita da processi naturali di *recupero* e di *ricrescita*, che possono portare, nel giro di poche stagioni, alla *ricostituzione* della vegetazione precedente. Questa rigenerazione è, nella maggior parte dei casi, un' *autosuccessione*, cioè le piante presenti ricrescono più o meno velocemente e le specie più eliofile, avvantaggiate dalla temporanea riduzione di copertura delle chiome arbustive e arboree, trovano le condizioni favorevoli per grandi esplosioni demografiche. In generale, nelle fasi successive a un incendio si verifica infatti un incremento in specie annuali, che persistono nel popolamento vegetale fino a quando non si completa nuovamente la copertura dell'area bruciata da parte delle piante legnose.

Considerando la vegetazione prima dell'evento distruttivo come stabile a partire da un certo periodo e pertanto caratterizzata da un elevato grado di ordine (bassi valori di entropia), in seguito all'incendio si verifica un notevole disordine e la vegetazione passa a una condizione di alta entropia: la lunga fase rigenerativa dopo l'incendio può essere interpretata come risultato di un input di ordine nel sistema.

Tuttavia, non tutti i tipi di vegetazione mostrano la stessa capacità di ristabilire le condizioni precedenti un evento di disturbo come l'incendio. Innanzitutto, anche se, come accennato in precedenza, quasi tutti gli ecosistemi naturali possono essere considerati "disturbati" dal fuoco, essi vanno, in base al loro attuale stato e distribuzione, distinti in due gruppi: ecosistemi più stabili in quanto dinamicamente prossimi alla loro potenzialità ed ecosistemi con frequenze variabili di disturbo. Gli effetti di un incendio sull'ecosistema e, di conseguenza, la sua *resilienza* (autonoma capacità di recupero) e di *omeostasi* risultano estremamente variabili e dipendenti da numerosi fattori tra i quali i principali risultano essere: il tipo di incendio, il tipo di vegetazione e le condizioni stagionali. Lo schema di Figura 8.1 può meglio rappresentare i vari fattori che caratterizzano un evento di disturbo come l'incendio e le conseguenze ad esso associate.

Questi fattori non sono, dunque, affatto indipendenti l'uno dall'altro: si influenzano a vicenda e il loro grado di interazione si traduce in risposte complesse e variabili, che condizionano in modo altrettanto variabile i processi di recupero della vegetazione. In molti ecosistemi, il fuoco controlla l'età, la struttura e la composizione in specie di una comunità vegetale (vd. § 2.3), ma agisce anche con differente frequenza e intensità, in funzione del tipo di vegetazione e delle situazioni climatiche. Così composizione e struttura della vegetazione dipendono dal clima, dalla regione biogeografica e dalla frequenza e intensità del fuoco, mentre a loro volta frequenza del fuoco e intensità dipendono dalla struttura della vegetazione e dal regime climatico. Ognuno di questi fattori va, dunque, necessariamente considerato e compreso per definire e prevedere i processi di recupero della vegetazione.

Di seguito viene riportata una sintesi dei dati più significativi desunti dalla letteratura scientifica nazionale e internazionale, relativi allo studio dei principali caratteri dell'incendio e dei suoi effetti sui processi dinamici di ricostituzione naturale.

### 8.1. Effetti dell'incendio

S. Mazzoleni, A. Esposito

L'incendio, così come altre forme ricorrenti di disturbo, è caratterizzato dal suo regime, che definisce le condizioni di disturbo alle quali un ecosistema viene sottoposto (vd. § 2) e viene determinato da diverse componenti, quali la *stagionalità*, la *frequenza*, l'*intensità*, la *superficie* percorsa, ognuna delle quali influenza in modo significativo e variabile i processi di ricostituzione.

### 8.1.1. Stagionalità

Questa componente si riferisce al periodo dell'anno in cui ricorre un incendio e, quindi, definisce alcune importanti variabili climatiche a essa correlate, in particolare: temperature massime, umidità e precipitazioni. Questo termine viene anche utilizzato per identificare la stagione o periodo dell'anno in cui si ha la maggiore frequenza degli incendi (vd. § 4.2.1). Studi condotti in differenti ecosistemi confermano il ruolo della stagionalità nel determinare differenti modalità di recupero della vegetazione. Nelle foreste di *Quercus pyrenaica* in Spagna è stato osservato che i primi stadi di ricolonizzazione sono fortemente influenzati dalla stagionalità degli incendi, con la ricorrenza di fuochi primaverili meno drastici rispetto a quelli estivi o autunnali. Questi ultimi determinano, rispetto a quelli primaverili, una più lenta ripresa della vegetazione; tuttavia l'elevata resilienza di questo tipo di vegetazione permette il ristabilirsi di condizioni simili tra le aree percorse da questi due tipi di incendi dopo appena tre anni dalla ricolonizzazione. In studi condotti sulla ricolonizzazione delle foreste di pini del Minnesota, si è visto che la maggiore differenza tra fuochi primaverili ed estivi è legata al grado di vegetazione distrutta. Così i fuochi primaverili, a differenza di quelli estivi, distruggono solo lo strato superficiale di lettiera, non alterando quindi in modo profondo gli strati di suolo sottostante. L'effetto della stagionalità risulta particolarmente evidente sulle specie con rigenerazione vegetativa. La capacità di emettere polloni e nuovi germogli dipende, infatti, dalle riserve accumulate nell'apparato radicale. Dal momento che tali riserve non sono costanti, ma variano a seconda delle stagioni, è chiaro che il periodo dell'anno può influenzare le possibilità rigenerative.

Nell'area mediterranea, e in particolare nel sud della nostra isola, le stagioni secche, in cui la probabilità che si appicchi il fuoco è più alta, producono incendi di forte intensità ed estensione. Le precipitazioni a carattere torrentizio, che tipicamente seguono queste stagioni, spesso inducono notevoli processi erosivi. D'altra parte, la nuova disponibilità d'acqua facilita la rigenerazione; è importante, infatti, notare che i nuovi germogli presentano una maggiore sensibilità agli stress idrici rispetto alle piante adulte e che possono incorrere in una significativa mortalità nel caso si verifichi una siccità proprio nel periodo di ricrescita. Nel caso di incendi primaverili, o di inverni anomali con scarse precipitazioni, proprio per questa inusuale coincidenza tra fase di ricrescita e scarsità d'acqua le specie più sensibili possono andare incontro a notevoli fallanze rigenerative (Figura 8.2).

L'effetto della stagionalità è, quindi, evidente soprattutto in quelle formazioni vegetali dove il processo di recupero post-incendio è dominato dalle specie a riproduzione vegetativa. Si è dimostrato che la ricorrenza di fuochi primaverili o estivi nelle comunità arbustive dominate da *Ulex europaeus* influenza in modo profondo i processi di recupero del suolo nudo e di aumento della copertura legnosa. La ricolonizzazione del suolo nudo e l'aumento di biomassa avvengono, a differenza dei fuochi autunnali, in tempi più rapidi dopo un incendio primaverile (Figura 8.3).

Osservazioni condotte su aree sottoposte ad incendi sperimentali in Francia e in Italia hanno dimostrato che gli incendi estivi e autunnali, più distruttivi rispetto ai fuochi primaverili, determinano, nei primi anni dopo l'incendio, un decremento della biomassa legnosa ed un aumento della biomassa erbacea (Figura 8.4).

In studi condotti in Francia e in Spagna è stata osservata una forte influenza della stagionalità sulla evoluzione della ricchezza floristica, della dominanza e della diversità. La Figura 8.5 evidenzia come la dominanza (indice di Simpson) risulta più elevata negli incendi primaverili rispetto a quelli autunnali, mentre, al contrario, la diversità (indice di Shannon) è più elevata negli incendi autunnali rispetto a quelli primaverili.

La stagionalità può inoltre influire sui modelli di rigenerazione delle specie che si riproducono da seme. Se infatti il fuoco ricorre subito dopo la fioritura ma prima della produzione dei semi, la rigenerazione sarà differente da quella in cui il fuoco ricorre dopo che la pianta è riuscita a pro-

durire una banca di semi vitali. In alcuni casi si è tuttavia osservato che la stagionalità, così come la frequenza, non sembrano influenzare, ad esempio, la ricrescita della graminacea *Brachypodium ramosum*. Lo stesso comportamento è stato osservato per *Oryzopsis miliacea*.

### 8.1.2. Frequenza

La frequenza, cioè il numero di incendi che ricorrono in un'area in un determinato momento, rappresenta un fattore molto critico nei processi dinamici. L'effetto prodotto sull'ecosistema in un dato momento rappresenta il risultato delle proprietà di tutti gli incendi avvenuti in precedenza. La frequenza deve essere distinta dall'intervallo di incendio che, invece, si riferisce solo al tempo trascorso tra l'ultimo incendio e il precedente. Incendi molto frequenti, quindi intervalli molto brevi, possono causare l'esaurimento della banca semi presente nel terreno, se il tempo tra due eventi successivi non è sufficientemente lungo da permettere alle piante di giungere all'età produttiva e riaccumulare nuovamente una riserva di semi. D'altra parte, incendi troppo frequenti possono ridurre la capacità di emissione di polloni di specie a riproduzione vegetativa più sensibili. In relazione al regime di incendio è stato dimostrato che una frequenza troppo breve (minore di dieci anni) o troppo lunga (maggiore di cento anni) può determinare un'estinzione localizzata delle specie a riproduzione da seme; al contrario, le specie che si propagano per via vegetativa presentano popolazioni abbastanza stabili per lunghi periodi di intervallo di incendio.

Le variazioni di frequenza, così come la stagionalità, possono, dunque, portare a cambi di dominanza tra specie a rigenerazione vegetativa e specie a rigenerazione da seme. Nella Tabella 8.1 sono riportati i risultati di sette anni di osservazioni sulle risposte di diverse specie, a riproduzione vegetativa o per seme, della gariga a *Quercus coccifera* in Francia, sottoposta a incendi sperimentali con diversa frequenza e stagionalità: la maggior parte delle specie non mostra significativi cambiamenti, mentre un discreto gruppo di specie a rigenerazione vegetativa (*Smilax aspera*, *Rhamnus alaternus*) e per seme (*Cistus monspeliensis*, *Cistus salvifolius*, *Fumana coridifolia*) risulta molto sensibile alla frequenza di incendio.

La frequenza di incendio può avere effetti sia sulla composizione floristica che sulla struttura di una comunità vegetale. Nelle garighe a *Quercus coccifera*, si è evidenziato come l'aumento di frequenza di incendi, indotta attraverso fuochi sperimentali, può far diminuire la produzione di biomassa, soprattutto di quella legnosa, fino a raggiungere un equilibrio in relazione alla frequenza di incendio. Studi condotti su pinete mediterranee a *Pinus halepensis* hanno evidenziato che la frequenza degli incendi produce un effetto sulla complessità della struttura della vegetazione forestale. Se il periodo che intercorre tra due incendi è lungo (16-30 anni), la struttura della foresta si presenta complessa e diversificata, con specie arboree, strati arbustivi alti e bassi, liane, camefite e graminacee. Con frequenze di incendio maggiori, la struttura tende a semplificarsi, la produttività e la ricchezza specifica diminuiscono. Lo strato basso arbustivo è spesso caratterizzato dalla dominanza di singole specie o da due specie co-dominanti nonché da graminacee.

Esperimenti condotti nella gariga a *Quercus coccifera* del Sud della Francia hanno evidenziato simili modelli di comportamento: l'aumento della frequenza di incendio riduce la complessità strutturale della vegetazione che rimane concentrata negli strati più bassi (Figura 8.6).

Cambiamenti nella struttura e composizione di una comunità vegetale possono essere evidenti anche in aree con differenze di frequenze di incendio minime. Osservazioni condotte in una foresta ad eucalipti della costa orientale dell'Australia su due aree contigue, una incendiata una sola volta e l'altra incendiata due volte, hanno evidenziato, in un periodo di dodici anni, differenze sia nella struttura che nella composizione del sottobosco (Figura 8.7). L'area con maggiore frequenza di incendio mostra un numero di specie più alto, una densità degli arbusti più elevata ed una maggiore copertura.

### 8.1.3. Intensità

L'intensità, definita come l'energia liberata da un incendio e cioè tecnicamente la temperatura sviluppata per metro di fronte del fuoco (vd. § 4.1), costituisce uno dei più importanti caratteri di disturbo. Essa è strettamente correlata alla quantità di combustibile bruciato e alla velocità di propagazione delle fiamme. A fronte della diffusa consapevolezza della sua importante influenza sulle comunità vegetali, solo di recente è stata sottoposta all'attenzione degli studi ecologici sul fuoco. In particolare, esistono poche evidenze sperimentali sulle relazioni tra intensità del fuoco e suoi effetti per molti ecosistemi. L'intensità del fuoco può influenzare la rigenerazione vegetativa, il numero di semi rimasti vitali dopo l'incendio e quindi i caratteri della comunità vegetale dopo il passaggio del fuoco.

L'intensità varia considerevolmente nell'ambito di un determinato incendio, come conseguenza delle variazioni a piccola scala nel tipo e quantità di combustibile bruciato, nelle condizioni microclimatiche e nella topografia. La quantità e il tipo di struttura del combustibile risultano molto importanti nel determinare il suo grado di infiammabilità, poiché influenzano diversi importanti parametri quali: contenuto idrico, rapporto combustibile vivo o morto, proprietà dei costituenti chimici organici e inorganici. Il contenuto idrico dipende dalle condizioni climatiche e quindi determina, oltre all'intensità, anche la stagionalità dell'incendio. Il rapporto tra quantità di combustibile vivo e morto è determinato dalle relazioni tra la produzione di lettiera (particolarmente rami morti) e il processo di decomposizione.

La quantità di combustibile bruciato, così come la quantità di nutrienti persi per volatilizzazione e fumo, dipende strettamente dalle temperature sviluppate durante un incendio. Negli incendi spontanei e in quelli delle chiome di formazioni arboree si possono raggiungere condizioni di alta intensità con temperature di circa 1000 °C, negli incendi di formazioni arbustive si possono raggiungere facilmente temperature superiori a 600 °C negli strati dove la biomassa è più densa. Lo strato muscinale, la lettiera e l'humus sono tutti buoni materiali isolanti: anche a profondità molto piccole, come 1 cm, la temperatura raggiunge infatti solo circa 50-100 °C e per periodi brevi. La quantità di questa perdita influenza chiaramente il regime dei nutrienti dopo un incendio. È importante che questi livelli non siano superati, in quanto determinano la quantità di sostanza organica mineralizzata, la capacità delle piante a rigenerare vegetativamente e la sopravvivenza di semi dormienti nella superficie del terreno. Le specie a rigenerazione da seme possono tollerare meglio le alte temperature. Si è dimostrato che semi di *Acacia* seppelliti troppo profondamente nel terreno non possono essere sufficientemente riscaldati per rompere la dormienza rafforzata da un tegumento seminale impermeabile. Anche i semi conservati sulla pianta in frutti legnosi o capsule possono tollerare intense temperature di incendio.

Gli effetti dell'intensità degli incendi sono più facilmente valutabili attraverso incendi sperimentali, dove vengono imposte determinate condizioni di incendio, piuttosto che su aree percorse da incendi naturali.

Un aspetto predominante è stata la valutazione delle differenti capacità di recupero del suolo nudo e delle varie componenti di una comunità vegetale in funzione delle diverse intensità di incendio applicate. Si è analizzato il processo di recupero di due aree a macchia mediterranea sottoposte a differente intensità di incendio: un'area sottoposta a fuochi di bassa intensità, con temperature di circa 180 °C sulla superficie del suolo, e un'area sottoposta a fuochi di elevata intensità, con temperature di circa 470 °C sulla superficie del suolo. Gli effetti dei due tipi di incendio sono molto diversi nei primi mesi di ricolonizzazione (Tabella 8.1). Dopo sei mesi dall'incendio, nelle aree sottoposte a fuochi leggeri tutte le componenti erbacee ed arbustive presentano valori di copertura poco differenti da quelli valutati prima dell'incendio, mentre nelle aree sottoposte a fuochi di elevata intensità il processo di recupero è molto più lento e le uniche specie presenti sono bulbose, sopravvissute alle alte temperature attraverso la protezione del terreno.

All'interno di un incendio naturale l'intensità può variare considerevolmente. Una delle principali caratteristiche di questa variazione è dovuta, soprattutto in formazioni vegetali di tipo mediterranea-



neo, alla notevole variabilità spaziale della copertura vegetale. Le comunità arbustive, ad esempio, presentano un'alternanza di zone coperte da specie legnose e radure ove prevalgono le specie erbacee: lo stesso incendio determinerà, quindi, un gradiente di differenti condizioni di intensità. In accordo con questo modello strutturale di vegetazione, risulta evidente, infatti, che la quantità di materiale che può bruciare, e di conseguenza l'intensità del fuoco sviluppata, possono cambiare e produrre, quindi, un mosaico spaziale di condizioni microambientali caratterizzate da diverse temperature di incendio e ceneri deposte. I processi di ricolonizzazione saranno caratterizzati, quindi, da differenti modelli di risposta in relazione al gradiente ambientale generato.

Di recente sono state condotte osservazioni lungo un gradiente di intensità di incendio da 200 °C a 900 °C in un'area a macchia mediterranea costiera del Sud Italia. I risultati dimostrano che i modelli di ricolonizzazione durante i primi quattro anni dopo gli incendi sono fortemente influenzati dalle condizioni di intensità d'incendio. Nei primi due anni di ricolonizzazione la componente briofitica, sebbene nella vegetazione mediterranea sia normalmente poco abbondante, assume dominanza nelle aree percorse da incendi di elevata intensità. Le piante erbacee, viceversa, dominano nelle aree percorse da fuochi di bassa intensità. Gli arbusti, dopo circa tre anni dalla ricolonizzazione, risultano ancora assenti nelle aree percorse da incendi di elevata intensità, mentre assumono graduale dominanza nelle aree sottoposte a fuochi di bassa intensità (Figura 8.8).

Anche le formazioni a foresta come le pinete possono presentare diversità spaziale, dovuta all'alternanza di aree coperte da alberi e chiarie, e quindi gradienti di intensità. Queste differenti condizioni di intensità hanno una notevole influenza sul recupero della vegetazione, soprattutto nella germinazione dei semi presenti nel suolo. Gli attuali studi sulla ricolonizzazione post-incendio tendono, quindi, ad analizzare l'influenza di questo parametro sui processi di recupero della vegetazione. La densità delle plantule delle specie legnose e soprattutto delle erbacee aumenta gradualmente dal tronco alle aree al di fuori della chioma (Figura 8.9). Questo può essere spiegato con la variazione di temperature sviluppate e ceneri deposte lungo la distanza dal tronco alle aree scoperte.

Osservazioni di soprassuoli bruciati di *Pinus halepensis* evidenziano come nell'area di insidenza di grossi alberi lo sviluppo della vegetazione erbacea e arbustiva sia per lo più molto limitato, e ciò per lungo tempo (anche più di un anno), a tutto vantaggio dei semenzali di pino che si sviluppano in assenza di competizione con altre specie. Il fenomeno si presenta in modo più pronunciato sotto le piante carbonizzate e di maggior diametro.

Solamente nelle aree più favorevoli, si può ricostituire, in tempi più o meno lunghi, la continuità diffusa della copertura arborea attraverso un meccanismo di ricolonizzazione per irradiazione tramite disseminazione laterale.

#### **8.1.4. Superficie incendiata**

L'estensione dell'area incendiata assume un ruolo importante nei processi di ricolonizzazione di una comunità: un incendio che si sviluppa su solo 100 m<sup>2</sup> ha effetti differenti sulle comunità vegetali rispetto a un incendio che si sviluppa su 100 ha o più.

Queste differenze possono essere ricondotte a cambiamenti nell'intensità del fuoco e all'effetto margine sui processi di ricolonizzazione. L'estensione della superficie percorsa dall'incendio è a sua volta caratterizzata da due parametri: la grandezza e la forma. La prima influenza il tasso di ricolonizzazione delle piante e in modo particolare di quelle con minore capacità di dispersione. La forma può influenzare le aree di rifugio: un'area con molte invaginazioni avrà un perimetro maggiore rispetto ad un'area molto regolare. È ovvio che i processi di recupero saranno più veloci nella prima che non nella seconda area.

In realtà, la mosaicizzazione può essere osservata non solo in modo orizzontale ma anche verticale. Nelle foreste può, infatti, a seconda dell'intensità dell'incendio, stabilirsi una mosaicizzazione verticale. Nei fuochi radenti e di bassa intensità è influenzato solo il sottobosco, mentre nei fuo-

chi di elevata intensità si ha una completa distruzione di tutti gli strati di vegetazione (vd. § 4.1). Questo diverso impatto sull'ecosistema foresta ha notevole influenza sulle condizioni microambientali dopo un incendio: nei fuochi radenti di bassa intensità, il sottobosco può, infatti, ricostituirsi in condizioni di ombreggiamento, piuttosto che in condizioni di alta intensità luminosa e alta temperatura quali insorgono dopo un incendio di elevata intensità e/o di chioma.

## 8.2. Caratteristiche stazionali ed incendio

S. Mazzoleni, A. Esposito

Le condizioni di incendio possono essere influenzate dalle condizioni stazionali. Le variazioni anche a piccola scala dei caratteri topografici e climatici possono far variare le condizioni di intensità di un incendio. Un incendio di cresta che si propaga con il vento brucerà meno combustibile e rilascerà meno calore su un intervallo di tempo più breve rispetto ad un incendio di fondo valle e che si propaga contro vento. Anche le variazioni dei caratteri stazionali, oltre alle caratteristiche del combustibile, possono, quindi, determinare un mosaico di condizioni di temperature sviluppate, materia organica bruciata e ceneri deposte. Le condizioni stazionali influenzano non solo le condizioni d'incendio, ma anche le successive condizioni ambientali in cui si innescheranno i processi di ricolonizzazione che risulteranno, di conseguenza, estremamente variabili e localizzati.

Studi di dettaglio sull'analisi dei caratteri stazionali e sulla loro influenza nelle fasi di ricolonizzazione post-incendio sono piuttosto scarsi.

Il ruolo della microtopografia sulla rigenerazione delle plantule di *Pinus halepensis* è stato evidenziato nella Figura 8.10, che riporta i dati relativi al numero di plantule e alla loro altezza lungo un profilo dunale di un'area costiera dell'Italia meridionale. La rigenerazione delle plantule di pino è favorita sui versanti delle dune esposte verso il mare, probabilmente a causa della brezza marina che soffiando nelle ore più calde della giornata mitiga gli effetti letali delle alte temperature del suolo. L'influenza della microtopografia sulla rigenerazione delle specie legnose è stata osservata anche in comunità arbustive della Spagna settentrionale dominate da *Ulex europaeus*. In Figura 8.11 si osserva come il numero iniziale di plantule di *U. europaeus* e la loro mortalità diminuiscono con l'aumentare della pendenza.

### 8.3. Tipi di vegetazione e ricostituzione post-incendio

S. Mazzoleni, A. Esposito

La struttura, l'eterogeneità spaziale e la composizione floristica di una formazione vegetale possono influenzare il regime di incendio, e questo, a sua volta, il processo di recupero della copertura vegetale. La struttura e l'eterogeneità spaziale determinano la quantità di combustibile disponibile, quindi l'intensità di incendio e il grado di variabilità delle condizioni di incendio rispettivamente.

La composizione floristica determina il grado di infiammabilità della vegetazione e a sua volta anche il grado di resilienza della comunità, cioè le capacità riproduttive e competitive delle specie che la compongono, soprattutto in funzione delle forme biologiche:

- *terofite*: sono facilitate dal denudamento del suolo, che favorisce la colonizzazione per disseminazione;
- *geofite*: sono resistenti, in quanto il calore dell'incendio non penetra nel terreno per più di pochi centimetri;
- *emicriptofite*: sono danneggiate;
- *camefite* e *fanerofite*: sono fortemente danneggiate nella loro parte aerea; la loro sopravvivenza è legata alla capacità di emettere polloni, alla vulnerabilità del riditoma, alla produzione da seme.

Le attuali formazioni mediterranee mostrano una grande capacità di ripresa post-incendio, frutto della lunga selezione avvenuta in questi ambienti (vd. § 2.3). Tuttavia, gli incendi delle formazioni forestali producono effetti più devastanti rispetto a quelli che si verificano nelle comunità arbustive. Queste, a loro volta, presentano danni maggiori delle comunità dominate da erbacee. La capacità di risposta di questi diversi ecosistemi diventa cruciale soprattutto nelle prime fasi dopo l'incendio, quando il potenziale grado di erosione del suolo è al suo massimo livello. Le strategie rigenerative delle specie dominanti nei vari ecosistemi diventano quindi fondamentali nel prevenire i processi di erosione che rendono difficile, e a volte impossibile, la ricolonizzazione da parte delle stesse specie.

Un confronto tra la dinamica di ricolonizzazione di comunità naturali a *Cytisus* sp.pl. e pinete a *Pinus pinaster* sul versante meridionale della Sierra de Gredos in Spagna ha dimostrato che i processi di recupero della copertura arbustiva ed erbacea della pineta (Figura 8.12), così come delle sue ricchezza specifica e diversità (Figura 8.13), risultano più lenti rispetto alle comunità a *Cytisus*. Tuttavia, a distanza di cinque anni dall'incendio le due comunità presentano valori simili nei parametri analizzati.

Analogamente, un'analisi comparata della dinamica post-incendio di una gariga a *Quercus coccifera* con *Pinus halepensis*, di una foresta a *Quercus ilex* e di una comunità arbustiva a *Ulex parviflora* e *Rosmarinus officinalis* in Spagna settentrionale ha dimostrato che tutti e tre gli ecosistemi recuperano velocemente la loro copertura vegetale, raggiungendo valori intorno al 100% dopo cinque anni (Figura 8.14). Questo veloce recupero viene attuato dalle specie a rigenerazione vegetativa o per seme, che contribuiscono in modo vario alla copertura del suolo nelle tre diverse comunità esaminate (Figura 8.15). Nella gariga le specie a rigenerazione vegetativa mostrano una copertura maggiore rispetto alle specie a riproduzione da seme. Nella lecceta le specie a riproduzione da seme, sebbene presenti in basso numero, giocano un ruolo maggiore nelle prime fasi di ricolonizzazione.

Successivamente, la loro copertura diminuisce con l'aumento della copertura del leccio. Nelle comunità arbustive le specie a riproduzione da seme aumentano velocemente parallelamente al decremento della copertura delle specie a riproduzione vegetativa.

Le differenti strategie rigenerative sono espresse all'interno di una comunità vegetale in modo significativo in risposta alle differenti condizioni di intensità di incendio. Un esempio in tal senso può essere osservato nelle comunità di briofite della vegetazione mediterranea. In queste comuni-

tà, infatti, la frequenza delle specie a riproduzione vegetativa (*Pleurochaete squarrosa*, *Bryum dunense*, *Bryum torquescem*, *Barbula convoluta*) diminuisce con l'aumentare dell'intensità di incendio (Figura 8.16), mentre quella delle specie a riproduzione per spore (*Funaria hygrometrica*, *Tortella flavovirens*) aumenta con l'aumentare dell'intensità.

## 8.4. Successioni secondarie

S. Mazzoleni, A. Esposito

Come già accennato, nella maggior parte degli ecosistemi mediterranei la composizione e struttura delle comunità vegetali post-incendio è simile a quella esistente prima dell'incendio: una condizione definita di *autosuccessione*, poiché non c'è una reale successione di specie come si può osservare nelle successioni secondarie. La dinamica della vegetazione in seguito a disturbo dovuto a una condizione stabile viene descritta essenzialmente come un processo deterministico: gruppi di specie si susseguono nell'occupazione dello spazio, dove ogni stadio rende possibile lo sviluppo dello stadio successivo, fino alla formazione di una condizione di equilibrio (tappa matura) che tende invece a riprodursi nel tempo.

In realtà, fu presto riconosciuto che la *composizione floristica iniziale* presente in una determinata area è fondamentale nella definizione dei possibili modelli successionali. Questo vuol dire che la successione può procedere a volte in accordo con lo schema classico e altre volte seguire vie alternative, sia in rapporto alle specie presenti all'inizio del processo dinamico che in funzione dei diversi tipi di disturbo. In passato è stata anche sottolineata l'importanza delle singole specie componenti una cenosi nella definizione e comprensione dei processi a livello di comunità. Successivamente, riprendendo queste idee, si pensò che la comprensione dei fenomeni di successione andava ricercata nelle differenti capacità di colonizzazione, crescita e sopravvivenza delle varie specie nei diversi ambienti. In altre parole, per interpretare ed eventualmente predire i fenomeni di successione è necessario conoscere il comportamento delle singole specie presenti nella comunità.

Nel caso di un incendio in ambito di vegetazione mediterranea, si è visto come la ricrescita possa riguardare gli stessi individui preesistenti l'evento distruttivo; le cenosi riformano direttamente se stesse dando luogo a fenomeni di autosuccessione. In tali casi non sono presenti stadi successionali chiari e meno che mai gruppi di specie preparatori per stadi successivi più evoluti. Semplicemente, le piante presenti ricrescono dopo essere state bruciate, mediante riproduzione da seme o vegetativa. In queste comunità, quindi, la fase di ricostituzione avviene per processi endogeni diretti, cioè non per processi indiretti o esogeni come quelli tipici della ricolonizzazione dei campi abbandonati. Tuttavia, se gli incendi vengono soppressi per periodi estremamente lunghi, almeno superiori al ciclo vitale delle specie legnose presenti e comunque di durata sufficiente a permettere cambiamenti del suolo mediante accumulo di lettiera e processi di produzione di humus, si può realizzare (se c'è disponibilità di semi nelle vicinanze) un cambio di composizione floristica con l'entrata nella comunità di nuove entità più mesofile, eventualmente capaci di acquistare nel tempo una progressiva dominanza. In Italia centro-meridionale, così come viene in tutto il bacino del Mediterraneo, esempi di questo tipo si riferiscono alla progressiva sostituzione di latifoglie decidue, quali *Quercus pubescens*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, e alla dominanza di *Quercus ilex* e di altre sempreverdi sclerofille.

In ogni caso, al di là degli aspetti teorici, nella definizione dei processi di successione esistono dei problemi metodologici nell'analisi di questi fenomeni, la cui scala temporale è spesso troppo lunga per permettere una osservazione diretta. Per questo motivo, oltre alle osservazioni dirette dei processi dinamici, che prevedono l'impiego del metodo sincronico o diacronico, si sono sviluppati, soprattutto negli ultimi anni, diversi approcci di studio finalizzati alla interpretazione e previsione, a medio e lungo termine, dei fenomeni successionali. I metodi numerici basati su tecniche di analisi multivariata per lo studio dei dati floristico-vegetazionali costituiscono modelli di studio dei processi dinamici, a medio termine, ampiamente diffusi e utilizzati. Essi permettono di introdurre valutazioni quantitative nell'analisi della variazione della vegetazione e di definire schemi più oggettivi dei possibili rapporti dinamici tra le cenosi vegetali considerate. L'elaborazione delle tabelle fitosociologiche permette infatti la valutazione di gradienti nella composizione floristica dei rilievi considerati e la più idonea valutazione delle variazioni dovute a fattori ambientali rispetto a

quelle da ricondursi a processi dinamici. La letteratura scientifica fornisce una serie di esempi relativi all'applicazione di tecniche di ordinamento numerico per lo studio delle traiettorie successionali post-incendio di diverse formazioni mediterranee.

Attualmente, lo studio delle conseguenze a lungo termine di differenti scenari di regime di incendio prevede l'applicazione di modelli di simulazione di dinamica della vegetazione. Uno dei modelli più ampiamente usati è quello degli *attributi vitali*. Questo modello si basa essenzialmente sulle caratteristiche individuali delle specie vegetali ed è stato sviluppato per trattare i processi di successione in comunità soggette a incendi ricorrenti. In questo modello, i cosiddetti *attributi vitali* costituiscono dei caratteri chiave per la categorizzazione delle varie specie in relazione ai fenomeni successionali:

- metodi di arrivo in seguito a, o persistenza durante, l'incendio;
- capacità di crescita in relazione agli stadi della successione;
- tempi necessari per raggiungere stadi critici del ciclo vitale (maturità riproduttiva, senescenza, longevità dei semi).

Definendo queste caratteristiche per le specie dominanti presenti in una determinata comunità, è possibile costruire dei diagrammi di flusso che permettono di predire le sequenze di cambiamenti nella vegetazione in funzione di diverse frequenze di incendio. La Figura 8.17 riporta i risultati ottenuti con il modello FATE per sei scenari di simulazione, con quattro specie rappresentative di quattro tipi funzionali: *Quercus* (specie arborea a rigenerazione vegetativa), *Erica* (specie arbustiva a rigenerazione vegetativa), *Cistus* (specie arbustiva a rigenerazione da seme) e *Pinus* (specie arborea a rigenerazione da seme). I risultati della simulazione evidenziano un decremento in *Quercus* ed un aumento in *Erica* e *Cistus* con l'aumentare della ricorrenza degli incendi; *Pinus* mostra la massima frequenza negli scenari di ricorrenza intermedia. Un altro gruppo di modelli, detti funzionali, includono parametri fisiologici e demografici; essi vengono applicati per la simulazione di tendenze evolutive di popolazioni di alberi individuali o di popolamenti forestali. Un modello di questo tipo (FORSKA) è stato applicato su specie legnose della foresta mediterranea in presenza o meno di disturbo. I casi descritti prevedono tre tipi di condizioni edafiche caratterizzate da un gradiente di umidità crescente, in presenza o assenza di fuoco. L'intensità del fuoco non è stata presa in considerazione ed il tipo di disturbo è stato assimilato a quello causato da un incendio di debole intensità. I risultati della simulazione (Figura 8.18) confermano che la foresta sempreverde dell'area di studio, in condizioni di mancanza di disturbo tenderebbe a evolvere verso una foresta di caducifoglie termofila, con la partecipazione di sempreverdi nell'ambito degli appezzamenti ove si origina la volta forestale.

#### **8.4.1. Dinamica post-incendio delle comunità vegetali**

Gli effetti del fuoco sulla dinamica delle comunità vegetali possono essere valutati analizzando i cambiamenti indotti nella composizione floristica (presenza/assenza, ricchezza floristica, frequenza, forme biologiche) e nella struttura (copertura delle specie, biomassa, stratificazione). Gli effetti su ognuno di questi parametri possono variare, come descritto in precedenza, in funzione delle caratteristiche dell'incendio.

##### *Cambiamenti nella composizione floristica*

I numerosi studi condotti sulle formazioni forestali, sulle comunità arbustive e sulle formazioni a gariga di molti paesi del bacino del mediterraneo hanno dimostrato che il ristabilirsi della comunità vegetale originale avviene in un arco di tempo abbastanza rapido, e che la composizione floristica esistente prima dell'incendio non risulta profondamente alterata dal passaggio del fuoco: la maggior parte delle specie presenti subito dopo l'incendio costituivano la comunità vegetale esistente prima dell'incendio (Figura 8.19). Anche la ricchezza floristica non sembra cambiare in modo significativo, e il suo sviluppo dopo l'incendio mostra un andamento generale abbastanza

simile nei vari ecosistemi mediterranei. Nella Figura 8.20 vengono riportati diversi esempi di evoluzione della ricchezza floristica in diversi tipi di ecosistemi. Nei vari esempi proposti si può osservare un modello uniforme, che mostra un basso numero di specie nei primi mesi dopo il passaggio del fuoco, successivamente un progressivo aumento fino a raggiungere un massimo tra il primo e il terzo anno dopo l'incendio, e, infine, un graduale decremento, fino a raggiungere, dopo circa quattro o cinque anni, i valori esistenti prima dell'incendio.

La ricchezza floristica caratteristica dello stadio intermedio è da attribuire alle numerose *terofite*, molte delle quali non appartenenti alla comunità precedente, che verranno successivamente eliminate durante lo sviluppo della vegetazione legnosa. L'elevato numero di specie durante i primi anni può essere attribuito alla rimozione della copertura vegetale, alla distruzione della lettiera che in molti casi ne inibisce la crescita, e infine a un'augmentata disponibilità di nutrienti nel terreno. Queste specie cosiddette *opportuniste* possono provenire da zone limitrofe o essere presenti nel suolo e germinare subito dopo il passaggio del fuoco per le mutate condizioni microambientali (riscaldamento, sostanze liscivate dai carboni, incremento dell'intensità luminosa, rilascio di sostanze tossiche).

Il tempo di permanenza di queste specie all'interno della comunità dipende dalla strategia riproduttiva delle specie dominanti. Se nelle comunità prevalgono le specie a rigenerazione vegetativa, in breve tempo si ricostituirà una estesa copertura vegetale e le specie a ciclo annuale verranno eliminate; se invece nella comunità prevalgono le specie a riproduzione da seme i processi di sviluppo di una densa copertura vegetale saranno più lenti, e le specie annuali potranno permanere per un intervallo di tempo maggiore all'interno della comunità.

Le comunità di briofite della vegetazione mediterranea mostrano un andamento leggermente diverso dalle piante vascolari. In questo gruppo di organismi vegetali, infatti, si osserva un decremento della ricchezza floristica nei primi mesi dopo l'incendio, quindi un graduale aumento che porterà ad un valore massimo del numero di specie solo a distanza di più di sette anni dall'incendio, per poi diminuire di nuovo (Figura 8.21). Il diverso comportamento di questa componente è dovuto al fatto che, diversamente dalle piante vascolari, le briofite colonizzano una maggiore varietà di substrati, come la corteccia o il legno in decomposizione, disponibili solo in formazioni vegetali relativamente più mature e strutturate.

#### *Cambiamenti nella struttura*

Dopo il passaggio del fuoco, il recupero della copertura del suolo e il ristabilirsi di una struttura simile a quelle esistente prima dell'incendio avvengono in tempi abbastanza brevi, e comunque dipendenti dalla complessità strutturale delle comunità vegetali originarie. Lo sviluppo della struttura di una comunità vegetale può essere descritto analizzando vari caratteri, quali la copertura, la stratificazione, la biomassa nonché la diversità, le forme biologiche e i corotipi.

La copertura della vegetazione presenta modificazioni consistenti dopo il passaggio del fuoco e il suo recupero avviene in modo differente in relazione alle forme di rigenerazione dominanti nella comunità vegetale. In generale, le specie a riproduzione vegetativa mostrano incrementi di copertura del suolo molto più rapidi rispetto alle specie che si riproducono da seme (Figura 8.22).

Il recupero della copertura vegetale di una comunità può essere analizzato studiando le variazioni percentuali delle forme biologiche esistenti all'interno di una comunità. Si è dimostrato che la proporzione tra le diverse forme biologiche, quando correlata alla loro copertura, resta praticamente invariata dal primo al decimo anno di ricolonizzazione in diverse comunità della Francia meridionale (Figura 8.23). Solo le pinete a *Pinus halepensis* e le garighe a *Rosmarinus officinalis* mostrano una deviazione da questa tendenza generale: le fanerofite aumentano progressivamente in concomitanza con il decremento delle emicriptofite. Ciò è dovuto al fatto che le specie dominanti, *Pinus halepensis* e *Rosmarinus officinalis*, riproducendosi solo per seme, recuperano la loro copertura in tempi più lunghi.

Anche la stratificazione della vegetazione risulta profondamente alterata dal passaggio del fuoco.



Lo sviluppo verticale della vegetazione e, quindi, la sua stratificazione diventano progressivamente più complessi con il proseguire della ricolonizzazione di diverse comunità vegetali della Francia meridionale. Tuttavia, soltanto le formazioni a ceduo di *Quercus ilex* raggiungono, dopo dodici anni di osservazioni, lo strato compreso tra 2 e 4 m, mentre tutte le altre comunità studiate non superano 1 m di altezza durante tutto il periodo esaminato (Figura 8.24). Lo sviluppo rapido della stratificazione delle formazioni a *Quercus ilex* è da attribuire alla rapida ricrescita vegetativa di questa specie, che può raggiungere 2 m di altezza in appena settanta mesi dall'incendio.

Lo sviluppo della struttura di una comunità vegetale può essere valutato anche misurando gli incrementi della biomassa sia epigea che ipogea. Sono stati misurati gli incrementi di biomassa nei primi cinque anni dopo il passaggio del fuoco in una gariga a dominanza di *Phlomis fruticosa*, evidenziando un rapido incremento nei primi cinque anni di ricolonizzazione (Figura 8.25). Osservazioni sull'influenza di differenti regimi di incendio sullo sviluppo della biomassa in una gariga a *Quercus coccifera* dimostrano che l'aumento della frequenza di incendio abbassa la produzione di biomassa e che la stagionalità dell'incendio induce un decremento della biomassa legnosa e un aumento di quella erbacea negli incendi autunnali (Tabella 8.2). Pochi lavori considerano lo sviluppo della biomassa ipogea. La percentuale delle varie frazioni di radici di *Quercus coccifera* risulta abbastanza simile in tre aree incendiate in anni diversi (Figura 8.26): si osserva solo un leggero incremento della frazione compresa tra 1 e 5 mm di diametro nelle comunità più mature.

In generale, la ricostituzione della vegetazione mediterranea è caratterizzata da una rapida e abbondante crescita dello strato erbaceo. Osservazioni condotte in diverse comunità vegetali hanno dimostrato una chiara dominanza della componente erbacea nei primi due anni dopo il passaggio del fuoco. Questa elevata crescita delle specie erbacee nelle fasi iniziali della successione è da attribuire sia alla riduzione della copertura legnosa che alla maggiore disponibilità di luce e nutrienti.

In conclusione, i numerosi studi presenti in letteratura su questo argomento confermano l'elevata capacità delle comunità vegetali mediterranee di ritornare, in tempi relativamente rapidi, a uno stato simile a quello iniziale. La struttura della vegetazione diventa più complessa con la moltiplicazione degli strati di vegetazione, parallelamente all'incremento della biomassa durante le varie fasi della ricolonizzazione.

## 8.5. Dinamismo e serie di vegetazione

E. Biondi, C. Blasi

La geobotanica è la scienza che studia la presenza e la distribuzione delle piante sulla superficie terrestre, nei suoi aspetti floristici, storici ed ecologici.

Lo studio del manto vegetale in geobotanica avviene a tre livelli, che costituiscono l'oggetto di altrettanti settori della disciplina: floristico, vegetazionale e paesaggistico. Lo studio floristico si effettua nel campo della *corologia*, che si occupa della distribuzione delle specie vegetali (areali) in rapporto alle cause che la determinano. L'*analisi floristica* permette quindi di valutare l'entità del patrimonio in specie di un determinato territorio, sia in termini di ricchezza che di distribuzione evidenziandone il significato, l'importanza e la biodiversità vegetale. La *fitosociologia* indaga, invece, gli aspetti associativi delle piante che portano a riconoscere le comunità, definite come associazioni, delle quali si studiano le relazioni nella *sinfitosociologia*, mentre con la *geosinfitosociologia* viene indagato il paesaggio vegetale costituito dall'integrazione delle comunità vegetali individuate tenendo conto dei rapporti dinamici.

L'unità fondamentale della fitosociologia è l'*associazione*: in base alla definizione data dal fondatore della fitosociologia BRAUN-BLANQUET, "l'associazione è un aggruppamento vegetale più o meno stabile e in equilibrio con il mezzo ambiente, caratterizzato da una composizione floristica determinata, nel quale alcuni elementi esclusivi o quasi (specie caratteristiche) rivelano con la loro presenza un'ecologia particolare e autonoma". L'associazione definisce, dunque, una combinazione statisticamente ripetitiva di piante, alla quale si giunge attraverso la comparazione, eseguita mediante tabelle di rilievi fitosociologici, costituiti dalle specie che si rinvergono in un'area uniforme per caratteristiche floristiche, strutturali ed ecologiche.

Tra le comunità vegetali possono instaurarsi rapporti diversi, che sono di tipo dinamico, quando rappresentano tappe successive di uno stesso processo evolutivo o regressivo, definito spazialmente dalla *serie di vegetazione* o *sigmetum* (un pascolo si trasforma per abbandono in una comunità arbustiva, che a sua volta evolverà in una cenosi forestale). La serie di vegetazione in termini tipologici è quindi costituita dall'insieme di tutte le associazioni che descrivono comunità legate da rapporti dinamici, che si rinvergono in uno spazio omogeneo con le stesse potenzialità vegetazionali (*tessera* o *unità ambientale*), che rappresenta l'unità biogeografico-ambientale di base del mosaico che costituisce il paesaggio vegetale (Figura 8.27).

### 8.5.1. Gestione e successioni di vegetazione

E. Biondi, C. Blasi

Nella serie di vegetazione il numero di associazioni che la costituiscono può variare notevolmente, sia per condizioni naturali che per effetto del tipo di gestione. Si possono riconoscere infatti comunità più o meno naturali (boschi), comunità semi naturali stabili, comunità seminaturali instabili o di breve durata e rapida evoluzione (vegetazione infestante i campi).

Negli ultimi decenni la ridotta utilizzazione del territorio agrario e pastorale ha innescato rapidi processi naturali di recupero. Nelle colline dell'Italia centrale una pianta erbacea, pioniera, che tra le prime si diffonde andando ad assumere importanza quantitativa anche a livello paesaggistico, è il falasco (*Brachypodium rupestre*). Tale graminacea, nelle fasi iniziali della colonizzazione dà origine ad aggregati più o meno circolari, che poi si accrescono e si fondono costituendo densi tappeti che vanno a ricoprire completamente il terreno abbandonato dalle attività agro-pastorali. Questo processo rappresenta l'ampliamento di una struttura di vegetazione che viene indicata con il termine di orlo. Questo aspetto viene seguito dal fruticeto: struttura di vegetazione con caratteristiche morfologiche e floristiche proprie, dominato da arbusti diversi, a seconda delle condizioni climatiche ed edafiche. Nel settore collinare del distretto adriatico centrale, si tratta per lo più di ginestra comune (*Spartium junceum*) o di ginepro rosso (*Juniperus oxycedrus*), ma talvolta anche della cornetta dondolina (*Coronilla emerus*) o del citiso a foglie sessili (*Cytisus sessilifolius*). Nel settore collinare tirrenico svolgono una medesima azione di recupero la ginestra comune (*Spartium junceum*), il pruno selvatico (*Prunus spinosa*), il biancospino (*Crataegus monogyna*) e varie specie di rose selvatiche. Gli arbusti che invadono le zone precedentemente colonizzate dal falasco prendono origine da uno spazio ecotonale, posto tra la foresta e il pascolo, che è occupato da una intricata vegetazione di arbusti e liane: il mantello di vegetazione, che si proietta nella prateria quando le attività antropiche vengono a cessare (Figura 8.28). Sono le specie più eliofile e anche le meno esigenti in umidità che si spingono a colonizzare il terreno abbandonato. L'arbusteto, man mano che si struttura, favorisce a sua volta le condizioni per l'impianto delle specie forestali meno esigenti, con caratteristiche pioniere, quali l'orniello (*Fraxinus ornus*), il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e la roverella (*Quercus pubescens*).

Nella fitosociologia del paesaggio o geosinfitosociologia, la serie di vegetazione ha lo stesso ruolo dell'associazione nella fitosociologia classica. Si deve inoltre distinguere tra serie climacica o climatofila, prevalentemente correlata con le precipitazioni, dalle serie edafofile: serie edafoigrofila, dei terreni che beneficiano di un maggiore apporto d'acqua, e serie edafoxerofila, che si rinviene in situazioni di particolare aridità rispetto alle condizioni medie del luogo.

Questo tipo di analisi porta alla definizione di unità di paesaggio (*geosigmatum*), costituite da un sistema integrato di serie di vegetazione che si ripetono in un settore di territorio con le stesse caratteristiche morfologiche e climatiche, quali possono essere una vallata o una montagna. Così, ad esempio, il paesaggio vegetale delle colline marchigiane, esterne rispetto all'Appennino, è costituito da un insieme di serie che si distribuiscono in base alle caratteristiche litologiche e geomorfologiche. I rilievi collinari nei versanti sono formati principalmente da depositi di materiale molto fine, mentre i settori sommitali delle colline sono caratterizzati dalla presenza di sabbie più o meno cementate (Figura 8.29). Il paesaggio vegetale è direttamente correlabile con queste caratteristiche litomorfologiche: sui settori sommitali dei rilievi con buone condizioni di drenaggio, si sviluppa la serie edafo-xerofila della roverella, denominata *Roso sempervirentis-Querceto pubescentis sigmetum*, mentre sui versanti delle colline in cui prevalgono le argille, si ha la serie climacica del carpino nero (*Asparago acutifolii-Ostryeto carpinifoliae*). Sui versanti in cui affiorano le formazioni arenaceo-pelitiche e sulle alluvioni ghiaioso-sabbiose, si rinviene invece la serie del cerro del *Lonicero xylostei-Querceto cerridis*. Infine, negli impluvi e lungo i fossi, con substrato costantemente umido, è presente la serie edafo-igrofila dell'olmo, *Symphyto bulbosi-Ulmeto minoris* (Figura 8.30).

Processi similari avvengono nel versante tirrenico, dove tuttavia si evidenziano stadi seriali e tipo-

logie di vegetazione potenziale anche differenti in quanto relazionati a un mutato assetto bioclimatico e biogeografico. In particolare sui M.ti Volsci, la contrapposizione bioclimatica tra Regione Mediterranea e Regione Temperata, la morfologia molto articolata e la vicinanza della linea di costa determinano la presenza di un gran numero di ambienti ai quali fa seguito un pattern vegetazionale potenziale altrettanto diversificato. Non a caso, infatti, sui Monti Aurunci che raggiungono i 1500 metri di quota sono comprese nello spazio di cinque chilometri gran parte delle fasce di vegetazione potenziale presenti nell'intera Penisola (a esclusione ovviamente di quelle extra-silvatiche dei piani bioclimatici subalpino ed alpino), da quella a olivo e carrubo alla faggeta. In chiave dinamica, molto esplicitivo è il pattern geoseriale forestale del Parco Nazionale del Circeo, contestuale ai due principali sistemi di paesaggio quali il Promontorio (sistema dei rilievi carbonatici) e la Duna Pleistocenica (sistema dei sedimenti fluvio-lacustri delle Pianure costiere) (Figura 8.31). In relazione alla natura del substrato, fortemente drenante, e a versanti spesso ripidi, la vegetazione del Promontorio del Circeo mostra già a livello fisionomico un elevato grado di mediterraneità (Figure 8.32, 8.33). In particolare sono presenti due tipologie di vegetazione forestale "climatofila" ascrivibili all'*Orno-Quercetum ilicis* e all'*Orno-Quercetum ilicis ostryetosum* a seconda che ci si trovi sul versante sud-occidentale (Quarto Caldo) o nord-orientale (Quarto freddo). Accanto a queste sono presenti una serie edafoxerofila, tipica di morfotipie scoscese caratterizzate da suoli sottili facente riferimento a comunità di macchia mediterranea primaria quali in particolare il *Rhamno-Euphorbietum* e il *Myrto-Lentiscetum* e una serie edafomesofila presente nei valloni a esposizione settentrionale che fa riferimento ai consorzi caducifogli termofili dell'*Asparago-Ostryetum*. Al contrario la vegetazione forestale della duna pleistocenica è composta, quasi per intero, da boschi di caducifoglie a diversa dominanza, la cui disposizione spaziale è funzione di un complicato pattern edafo-morfologico relazionato principalmente alla vicinanza o meno della falda freatica. Così nelle zone più rilevate, dove prevalgono suoli a tessitura sabbiosa troviamo il bosco di farnetto commisto a sughera (*Quercetum frainetto suberis*) quale tappa matura della Serie edafo-xerofila, nelle aree subpianeggianti dove è maggiore la componente argillosa è presente il bosco di cerro e farnetto (*Mespilo-Quercetum frainetto*) ascrivibile alla serie climatofila, mentre nelle depressioni del profilo, laddove la falda freatica è prossima alla superficie troviamo il bosco di farnia (*Veronico scutellatae-Quercetum roboris*), tappa matura della serie edafo-mesofila. In questo contesto è presente anche una serie edafo-igrofila relativa agli ambienti temporaneamente allagati e riferita in chiave fitosociologica al *Cladio marisci-Fraxinetum oxycarpae caricetosum otrubae* (Figura 8.34).

La recente proposta relativa alla classificazione gerarchica del territorio introduce una importante fase deduttiva per la definizione tipologica e cartografica delle serie e dei geosigmeti che potrà essere particolarmente utile nella pianificazione e progettazione degli interventi di recupero ambientale delle aree incendiate. L'uso del GIS e quindi l'integrazione cartografica di informazioni climatiche, litologiche e geomorfologiche offre la possibilità di individuare e delimitare ambiti omogenei per caratteri fisici (unità ambientali e unità di paesaggio) che successivamente vengono qualificati, mediante il percorso induttivo fitosociologico, in termini di sigmeti e geosigmeti. Questa prassi tende ad integrare la fitosociologia con l'ecologia del paesaggio e sta diventando il punto di riferimento della pianificazione e progettazione ambientale. È impensabile che si possa realizzare un piano di recupero di un'area incendiata senza conoscere i rapporti dinamici che caratterizzano per abbondanza e coerenza ecologica e biogeografica le comunità che nel loro insieme fanno riferimento ad una stessa serie di vegetazione.

### **8.5.2. Cartografia dinamica del paesaggio vegetale**

La cartografia della vegetazione ha costituito per anni il mezzo di rappresentazione e trasmissione delle conoscenze geobotaniche di un territorio, quale strumento indispensabile per la comunicazione a livello interdisciplinare, che non deve comunque intendersi definitivo ma in continua trasformazione in rapporto all'evoluzione culturale e metodologica di approccio all'analisi e rap-

presentazione della vegetazione.

Si è così passati da cartografie fisionomico-strutturali della vegetazione, che rappresentano le formazioni presenti nel territorio, a cartografie fitosociologiche, che individuano gli ambiti di pertinenza delle associazioni, e quindi, con un altro importante passo in avanti, a cartografie delle serie di vegetazione, nelle quali le unità fitosociologiche vengono rappresentate in base ai collegamenti dinamici che assumono tra loro.

La vegetazione potenziale rappresenta la distribuzione spazio-temporale delle comunità vegetali, che derivano dalla differenziazione primaria indotta dalla combinazione di caratteristiche macroclimatiche, pedologiche ed orografiche. Disponendo di cartografie litomorfologiche, pedologiche, clivometriche, climatiche e di una banca dati della vegetazione rilevata con metodo fitosociologico, è possibile l'allestimento di carte della vegetazione potenziale. Mediante utilizzo di foto aeree e/o immagini da satellite e successivi controlli a terra, si ricava la carta della vegetazione reale.

Recentemente, come si è accennato nel paragrafo precedente, si è proposta una classificazione gerarchica del territorio finalizzata al riconoscimento di "unità ambientali", ossia di porzioni di territorio definite in maniera deduttiva dalla sovrapposizione di cartografie a diverso tematismo facenti riferimento a caratteri territoriali di grande valenza strutturale quali, macroclima, litologia, morfologia, tipi fitoclimatici e vegetazione. L'integrazione di questi caratteri consente di identificare i seguenti elementi del paesaggio: "regioni di paesaggio" (definite su base macroclimatica), "sistemi di paesaggio" (definiti su base litologica), "sottosistemi di paesaggio" (definiti su base geomorfologica), unità ambientali (definite sulla base di un maggior dettaglio dei caratteri fisici e quindi della vegetazione). Nello stesso tempo, ogni comunità delle diverse unità ambientali può essere descritta e qualificata in termini floristici, sinecologici e sintassonomici tramite metodologie induttive di indagine che prevedono il rilevamento fitosociologico di campo, l'analisi statistica dei dati e l'inquadramento a livello strutturale, sinorologico e sinsistemico. Normalmente le unità ambientali delimitano ambiti territoriali dove si identifica un solo tipo di vegetazione potenziale, quindi, in sostanza, una sola serie di vegetazione.

La cartografia delle serie di vegetazione a scala di dettaglio, può essere validamente utilizzata quale base di analisi e interpretazione del fenomeno degli incendi boschivi, in quanto, oltre a rappresentare la vegetazione reale presente nei territori, ne fornisce indirettamente le potenzialità vegetazionali. Integrando la stessa con il valore di incendiabilità delle diverse associazioni vegetali, ottenibile mediante i *modelli di combustibile* (vd. Tabella 3.1), calibrati in modo da esprimere non solo la struttura ma anche la composizione specifica della vegetazione, si potrà ottenere un'indicazione del rischio d'incendio, da integrare con gli altri fattori, di origine antropica (vd. § 4.6).

### **8.5.3. Rimboschimenti e ruolo della ginestra**

*E. Biondi*

Dall'esame dell'incendiabilità delle formazioni vegetali risulta spesso evidente che il maggior rischio d'incendio, in Italia centrale, si realizza nelle zone che sono state rimboschite con conifere. Il percorso metodologico per la zonizzazione in funzione del rischio del incendio è dettagliato nel § 4.6. Nelle Marche, il Corpo Forestale dello Stato per definire la *carta regionale del rischio di incendi boschivi* ha previsto la produzione di una *carta indice dei tipi forestali* realizzata mediante la ricognizione dei boschi artificiali di conifere, che assommano a ben 2572, che sono stati delimitati e cartografati unitamente alle altre tipologie forestali dedotte dalla *carta forestale e inventario regionale*. I tipi forestali sono stati classificati in quattro categorie rappresentative della infiammabilità e combustibilità della vegetazione e della propagazione dell'incendio. In questa classificazione ai rimboschimenti di conifere è stato assegnato il valore massimo di infiammabilità. La *carta indice degli incendi storici*, realizzata sempre all'interno dello stesso progetto, conferma che nel periodo 1987-2000 la maggiore superficie di bosco interessata dall'incendio è stata quella dei rimboschimenti a prevalenza di conifere. Integrando ulteriormente le cartografie suddette con la *carta indice dei punti di*

*approvvigionamento idrico*, è stata ottenuta la *carta del rischio di incendi boschivi* (Figura 8.35). Dal documento risulta immediata la variazione altitudinale del territorio regionale che viene evidenziata dalle tonalità diverse dei colori rosso e giallo. In base a questo documento il maggior rischio d'incendio si realizza proprio nelle zone più elevate, che sono anche quelle soggette a un clima con precipitazioni più elevate, temperature medie più basse e in generale con ridotta aridità estiva. Dal confronto di questa cartografia con la carta del rischio d'incendio estivo in Italia, presentata in questo volume, si nota una considerevole differenza per quanto concerne le Marche. La cartografia di dettaglio eseguita dal Corpo Forestale riesce meglio a definire il rischio reale d'incendio, in quanto individua e classifica i territori in base alla qualità dei boschi rispetto a quella nazionale ovviamente più relazionata alle condizioni climatiche. I territori appenninici, che per motivi climatici e per tipologie naturali dei boschi dovrebbero essere meno esposti al rischio d'incendio, in seguito ai numerosi rimboschimenti realizzati con prevalente uso di conifere, sono attualmente i più esposti, e sono quelli che di fatto annualmente subiscono il maggiore danno per incendio boschivo. Risulta pertanto che l'antropizzazione ha sovvertito il rischio naturale d'incendiabilità del territorio marchigiano, rendendolo più elevato là dove le condizioni ambientali sono meno favorevoli allo sviluppo del fuoco.

Da questa constatazione emerge la necessità di considerare, tra le opere di massima importanza e urgenza nella prevenzione degli incendi boschivi, la riqualificazione dei rimboschimenti a prevalenza di conifere (vd. § 6.4.1). Tale opera deve essere realizzata evitando il degrado degli attuali rimboschimenti e avviandoli a un processo che porti al riaffermarsi delle fitocenosi autoctone a prevalenza di latifoglie, caratterizzate da minore rischio d'incendio.

In questi interventi la conoscenza dei processi dinamici naturali che si sono realizzati nelle diverse condizioni all'interno dei terreni rimboschiti, in rapporto con l'evoluzione della flora, della vegetazione e della struttura del bosco, nonché del suolo, debbono costituire la base conoscitiva necessaria per programmare il recupero del bosco mediante azioni definite per aree uniformi relativamente agli aspetti citati. A supporto di quanto detto, si riportano i risultati dello studio eseguito nel rimboschimento che occupa i versanti occidentali del Monte Conero, rimboschimento realizzato a partire dal 1931 mettendo a dimora e seminando *Pinus halepensis* e *Quercus ilex* oltre a un miscuglio di specie autoctone ed esotiche (Figura 8.36).

Le analisi sono state condotte all'interno di quattro aree permanenti e altrettante subaree, scelte in modo da essere rappresentative delle condizioni floristico-vegetazionali e strutturali che si rinvenivano nel rimboschimento. Le analisi eseguite sulla vegetazione sono state articolate su più livelli: studio delle popolazioni, analisi della struttura, studio della vegetazione. Lo studio delle popolazioni ha permesso di conoscere l'età dei polloni di *Fraxinus ornus*, *Quercus ilex* e *Ostrya carpinifolia*, specie che hanno dimostrato elevata capacità di espansione e buon rinnovamento, e quindi di ricavare i periodi degli interventi di ceduzione. Lo studio del pattern distributivo della flora legnosa ha evidenziato una struttura ancora coerente con la fase di impianto, anche dopo interventi di diradamento più o meno incisivi o incendi verificatisi nel tempo (Figura 8.37). Infine, lo studio fitosociologico, ha portato ad una conoscenza più precisa delle specie che costituiscono gli strati della fitocenosi. Si è visto così che al di sotto dello strato dominante di conifere, soprattutto in quello arbustivo, esiste una vegetazione autoctona, che dovrà essere favorita escludendo l'esecuzione di ulteriori interventi di ripulitura.

In base ai dati rilevati, sembra opportuno consigliare diradamenti non drastici, capaci di favorire l'affermazione della popolazione di leccio. In particolare lo studio dei popolamenti che colonizzano le radure fa emergere la necessità di non eliminare le specie legnose (ad esempio, l'orniello) che hanno notevoli capacità pioniere. Quindi, gli interventi dovranno concentrarsi su pochi pini, scelti in modo irregolare, al fine di favorire il processo evolutivo (come consiglia Ciancio per la moderna selvicoltura) attraverso l'eliminazione graduale delle conifere. Sarà quindi opportuno favorire l'evoluzione della vegetazione già esistente, senza danneggiare il popolamento arbustivo che si è naturalmente ricostituito.

Si è citato questo caso per evidenziare come i metodi gestionali non possano essere univoci, ma debbano tener conto delle diverse condizioni floristiche e strutturali. Il piano di gestione forestale (per il periodo 1998-2007), coerentemente ai risultati dello studio geobotanico del Parco del Conero, prevede quanto descritto e individua le prescrizioni tecniche per la graduale riconversione del rimboschimento in oggetto.

Anche vaste aree delle dorsali appenniniche sono state interessate da interventi di rimboschimento effettuati a partire dalla fine del diciannovesimo secolo. La maggior parte dei rimboschimenti più vecchi ha ormai raggiunto la maturità tecnica forestale, per cui si evidenzia la necessità di individuare gli interventi da adottare. Nell'opera di recupero si deve mirare alla ricostituzione di boschi a ridotto rischio di incendio e con buoni livelli di naturalità, intesa in termini di coerenza con la vegetazione naturale potenziale. Si ritiene comunque che non sia nemmeno giusto demonizzare la presenza delle conifere, e che non debba essere necessariamente cercata la soluzione drastica, comportante la totale eliminazione. In alcuni casi (vedi ad esempio l'Aspromonte) i rimboschimenti a conifere hanno dato luogo a paesaggi culturali ben integrati con le caratteristiche ecologiche e sociali dei territori montani.

### *Il ruolo della ginestra*

Da tutti gli studi realizzati, in Appennino centrale risulta che il meccanismo più diffuso di ricolonizzazione della vegetazione arbustiva su ambiti abbandonati o incendiati avviene per avanzamento frontale dal mantello di vegetazione. In questo processo, la ginestra gioca un ruolo assolutamente importante all'interno della fase eliofila della diffusione dell'arbusteto, che risulta essere la più pioniera.

Per costruire un modello architettonico di *Spartium junceum* è stata analizzata l'unità di accrescimento (*u.a.*), ivi compresa la ramificazione sillettica derivata da meristemi pronti in grado di levare nello stesso ciclo di crescita in cui è avvenuta la loro formazione.

Gli individui giovani privilegiano l'allungamento dei rami rispetto a un germogliamento elevato, mentre tale comportamento può risultare indispensabile per aumentare la competitività rispetto alle piante erbacee nelle prime fasi della colonizzazione. In queste condizioni, la ginestra assume una forma architettonica slanciata ed una chioma ovoidale. Al contrario, gli individui adulti o senescenti privilegiano la formazione di un numero elevato di rami rispetto al loro allungamento, che risulta uniforme nelle diverse categorie. La pianta tende perciò a conseguire, a maturità, una forma architettonica espansa con una corona esterna di corti rami fioriferi e una cavità interna crescente negli anni.

Studi di demografia di popolazioni di *Spartium junceum* sono stati realizzati in un'area permanente situata nell'Alto Esino, mediante censimento degli individui nel 1994 e successivo controllo nel 2000. I quadrati sono stati disposti in modo da includere diversi stadi della serie quali il margine del bosco a *Ostrya carpinifolia*, strutture arbustive dominate da *Spartium junceum*, e strutture erbacee a *Bromus erectus*. La popolazione di orniello è divenuta ampiamente dominante nei quadrati più prossimi al bosco, raggiungendo la maggiore diffusione nel settore centrale, dove sei anni prima era la ginestra a trovarvi il massimo sviluppo. Ciò ha portato a una forte diminuzione della ginestra, la cui massima densità si raggiunge nei quadrati estremi con una proiezione in avanti di due quadrati, corrispondente a circa 12 m, pertanto l'avanzamento è di circa 2 m l'anno. Per contro, l'andamento della copertura dell'orniello dal 1994 al 2000 risulta praticamente costante. Ciò permette di ipotizzare che l'orniello riesca a svilupparsi al di sotto della copertura della ginestra e che in queste condizioni trovi l'optimum ecologico per lo sviluppo delle sue plantule.

Questi dati sono molto utili nella gestione dei terreni percorsi dal fuoco, in quanto consentono di prevedere come avverrà la ricolonizzazione in molte zone dell'Appennino centrale. Tra le pirofite dell'Appennino emerge pertanto l'efficacia della ginestra comune (*Spartium junceum*), il cui seme viene attivato per la germinazione dal fuoco capace di eliminare il duro e in parte impermeabile tegumento protettivo (pirofito attiva generativa). La pianta ha la capacità di rigenerarsi dopo il pas-

saggio del fuoco con l'emissione di polloni (pirofito attiva vegetativa). Entrambe le strategie favoriscono lo sviluppo della pianta su vaste aree di territori appenninici percorsi dagli incendi. Quando l'incendio distrugge estesi rimboschimenti di conifere, la cui fase post-incendio è caratterizzata da foltissimi popolamenti di ginestra, l'incendio provoca "l'esplosione" della ginestra, che in pochi anni ricopre i terreni percorsi dagli incendi colorando di giallo interi versanti montani (Figura 8.38).

Le esperienze condotte ci portano ad ipotizzare che su queste superfici, dopo la fase a ginestra, si affermerà la vegetazione ad orniello e roverella e/o carpino nero. Quale sarà la sua progressione del processo? Come si potrà ovviare alla mancanza o scarsa presenza di centri di diffusione dei semi? Come si è più volte evidenziato in precedenza, ed in particolare nella parte dedicata ai Monti Simbruini, si potrà intervenire infoltendo l'arbusteto con piante di orniello e altre specie pioniere. Si ritiene quindi che, non sia più proponibile intervenire sulle aree percorse dal fuoco esclusivamente con le tradizionali tecniche di rimboschimento. È altresì necessario programmare interventi selvicolturali coerenti con gli stadi delle serie di vegetazione in modo da ridurre il rischio d'incendio dei soprassuoli forestali.



## 8.6. Successione naturale ed eterogeneità vegetazionale

E. Biondi, C. Blasi

Le attività volte a ridurre i rischi d'incendio debbono necessariamente riguardare anche i siti che sono stati percorsi dagli incendi e sui quali va recuperata una vegetazione forestale a minor rischio d'incendio.

Le ricerche condotte negli ultimi anni sul dinamismo della vegetazione hanno portato non solo all'individuazione delle principali serie di vegetazione ma anche alla valutazione del tempo necessario per passare a uno stadio più evoluto.

A titolo esemplificativo si è ritenuto opportuno presentare sia alcuni studi finalizzati alla valutazione dei cambiamenti floristici e strutturali connessi con il passaggio del fuoco sia alcuni aspetti della vegetazione italiana partendo dal settore nord orientale fino alla Sicilia. Nella descrizione dei tipi di vegetazione si è ovviamente tenuto presente lo scopo dell'opera e pertanto si hanno considerazioni e indicazioni utili per il recupero e la riqualificazione delle aree incendiate.

Nel Parco Nazionale del Circeo sono stati analizzati gli effetti del fuoco sulla vegetazione di un'area permanente di 400 m<sup>2</sup> caratterizzata fisionomicamente da macchia mediterranea e in parte casualmente incendiata. L'attenzione è stata posta sui cambiamenti stagionali della vegetazione e sui modelli successionali interpretati nell'ambito delle diverse serie di vegetazione precedentemente riconosciute. È stata inoltre operata una valutazione comparativa tra settore bruciato e settore non bruciato in termini di ricchezza floristica e di variazione dello spettro biologico. I risultati hanno messo in evidenza, così come già riportato in altri paragrafi, che dopo il fuoco il numero di specie del settore bruciato si mantiene sempre superiore a quello non bruciato. Il valore massimo di ricchezza floristica è stato registrato nel primo anno successivo all'incendio. Palese è risultato l'aumento percentuale di *Ampelodesmos mauritanicus*, graminacea di grossa taglia che conferma la sua adattabilità al passaggio del fuoco. In chiave eco-fisiologica e strutturale si è evidenziato come le specie legnose mostrino diverse strategie riproduttive tra loro differenti nella dinamica post-incendio. Per la maggior parte (*Myrtus communis*, *Phillyrea latifolia*, *Erica multiflora*, *Pistacia lentiscus*) presentano ripresa vegetativa, mentre le nanofanerofite di piccola taglia (in particolare diverse specie del genere *Cistus*, quali *Cistus monspeliensis* e *Cistus creticus* subsp. *eriocephalus*) sembrano prediligere la ripresa da seme. In chiave sindinamica la serie prevede uno stadio terofitico pioniero (*Crucianello-Hypochoeridetum*), uno stadio emicriptofitico dominante (*Elaeoselino-Ampelodesmetum*), uno stadio di gariga mista (*Cisto incani-Ampelodesmetum*) e uno stadio di macchia mediterranea arbustiva (*Myrto-Lentiscetum*). Laddove le condizioni lo rendano possibile, la tappa matura della successione è di tipo forestale ed è rappresentata dal bosco di leccio misto a orniello riferibile all'*Orno-Quercetum ilicis*.

In Umbria, in un area adiacente al comune di Greppolischieto, nella provincia di Perugia, è stata analizzata, in termini geobotanici, la dinamica vegetazionale delle superfici boscate inerente ai primi due anni successivi al passaggio del fuoco. Lo studio, oltre che alle modificazioni fisionomico-strutturali, teneva conto anche delle risposte biologiche delle specie coinvolte nel processo. Come dalle aspettative, il passaggio del fuoco ha avuto quale risultato più evidente l'aumento dell'eterogeneità del paesaggio e l'aumento della biodiversità. In termini floristici si è avuto un aumento delle terofite, più suscettibili al passaggio del fuoco dato che quest'ultimo aumenta la germinabilità dei semi e la quantità di luce al suolo riduce il contenuto di argilla nello stesso e conseguentemente la quantità d'acqua disponibile nella rizosfera. Si è dimostrato, inoltre, come il cambiamento di tessitura del terreno, da limoso a sabbioso e l'acidificazione del terreno (entrambi conseguenti al passaggio del fuoco), determinino cambiamenti nella composizione floristica. A beneficiare di questi cambiamenti, quanto meno nell'area indagata, sono risultate soprattutto le specie arbustive ad attitudine acidofila o subacidofila quali *Cistus salvifolius*, *Cytisus scoparius* e *Calluna vulgaris*. È interessante il dato relativo alla calluna, che proprio in Umbria mostra il proprio limite meridionale di distribuzione, e che grazie all'eliminazione delle specie competitive (con un substrato

divenuto improvvisamente "favorevole") ha evidenziato un incremento netto della propria capacità competitiva territoriale.

Al fine di evidenziare l'eccezionale diversificazione del paesaggio vegetale viene ora illustrata, in termini sindinamici, la vegetazione di settori alpini, dell'Italia centrale, dei settori costieri e delle grandi isole. In particolare nell'ambito della Regione mediterranea, al fine di evidenziare la situazione in aree ove maggiore è il rischio di incendio, si sono analizzati i casi della Liguria e della Sicilia.

### 8.6.1. Vegetazione alpina: Friuli-Venezia Giulia

L. Poldini, M. Vidali, M.L. Fabiani

Le associazioni forestali presenti nel sistema alpino possono essere ricondotte orientativamente a cinque gruppi di vegetazione:

1. *Vaccinio-Piceetea*: boschi di conifere e brughiere subalpine dei climi freddi con suoli acidi e poveri di nutrienti. In questa classe rientrano le peccete e le mughete che si estendono su tutto l'arco alpino;
2. *Erico-Pinetea*: pinete montane legate a clima con elevata continentalità su suoli primitivi e poveri di nutrienti. Le pinete a pino nero hanno un areale che si estende dal Friuli-Venezia Giulia al bacino del Piave, mentre quelle a pino silvestre si estendono lungo tutto l'arco alpino, compreso il Friuli-Venezia Giulia (vallate più interne);
3. *Fagion s.l. (Quercio-Fagetea)*: boschi di faggio, spesso misti ad abete bianco d'ambiente montano, a clima oceanico su suolo ricco e ben provvisto d'acqua;
4. *Carpinion* e *Quercetalia pubescenti-petraeae (Quercio-Fagetea)*: boschi di caducifoglie mesofile e termofile su suoli ricchi e ben provvisti d'acqua oppure ad aridità estiva nella zona submediterranea. Qui rientrano gli ostrieti e gli ostrio-querceti che sono estesi dal Friuli-Venezia Giulia fino al Piemonte;
5. *Quercetea ilicis*: foreste di sclerofille sempreverdi con forte stress idrico durante i mesi estivi (Liguria; extrazonali in Friuli-Venezia Giulia, Veneto e Trentino-Alto Adige).

Per quanto riguarda le regioni più orientali, si dispone di analisi di maggior dettaglio, in particolare viene presentata in dettaglio la vegetazione del Friuli-Venezia Giulia e il Veneto con riferimento a quelle maggiormente soggette a pericolo di incendio (desunte da PIGNATTI, 1998, e in parte modificate), delle quali vengono indicati l'appartenenza fitosociologica, una breve descrizione, il tipo di substrato e di suolo, l'esposizione prevalente, la quota e l'area geografica:

- *pineta acidoclina (Vaccinio vitis-idaeae-Pinetum* Mayer et Hoffm. 1969): pineta rada a pino silvestre con sottobosco a mirtillo e arbusti prostrati, che si sviluppa su pendii soleggiati a esposizione prevalentemente meridionale, a quote comprese tra 800 e 1150 m; distribuzione: Alpi Trentine e Lombarde;
- *pineta orientale di pino silvestre (Erico-Pinetum sylvestris* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939): fustaia rada a pino silvestre che si sviluppa su pendii a esposizione prevalentemente meridionale, a quote comprese tra 500 e 1600 m; distribuzione: Alpi Carniche, Trentine e Lombarde, Dolomiti interne;
- *pineta di pino nero austriaco (Fraxino orni-Pinetum nigrae* Martin-Bosse 1967 *pinetosum nigrae* T.Wraber 1979): vegetazione aperta con pino austriaco e strato basso-arbustivo che si sviluppa su pendii a esposizione prevalentemente meridionale, a quote comprese tra 350 e 1000 m; distribuzione: Alpi orientali fino al Bacino del Piave;
- *pineta a Carex (Carici humilis-Pinetum sylvestris* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939): pineta aperta con elementi di *Berberidion* e prato steppico; si sviluppa su pendii aridi e rupestri su calcare a esposizione prevalentemente meridionale, a quote comprese tra 800 e 1900 m; distribuzione: Alpi Trentine, Lombarde e Piemontesi;

- *pineta occidentale a pino silvestre* (*Onobrychido-Pinetum sylvestris* Br.-Bl. et al. 1946): bosco chiaro di pino silvestre con specie erbacee xerofile; si sviluppano su pendii soleggiati a esposizione prevalentemente meridionale, a quote comprese tra 1000 e 1910 m; distribuzione: Alpi occidentali (Val d'Aosta, Piemonte);
- *pineta ad astragalo* (*Astragalo-Pinetum sylvestris* Br.-Bl. 1961): combinazione di pino silvestre e *Carex humilis* con astragali; si sviluppano su pendii calcarei in ambiente steppico a esposizione prevalentemente nord-orientale, a quote comprese tra 1000 e 1200 m; distribuzione: porzione occidentale della Val Venosta (prov. Bolzano);
- *querceto a rovere dell'Appennino settentrionale* (*Physospermo-Quercetum petraeae* Oberd. et Hoffm. 1967): bosco di rovere (spesso convertito in castagneto) con specie blandamente acidofile; si sviluppa su pendii nelle vallate esposte alle correnti umide provenienti dal mar Ligure, a quote comprese tra 200 e 625 m; distribuzione: Piemonte meridionale e Liguria (fino all'Appennino tosco-emiliano);
- *pineta della brughiera milanese* (*Pino-Quercetum roboris* Egger 1951): pineta acidoclima dell'alta pianura lombarda; si sviluppa su terrazzi ferrettizzati della glaciazione di Mindel, a diverse esposizioni, a quote comprese tra 250 e 350 m; distribuzione: Alta Pianura Lombarda;
- *querceto a roverella e bosso* (*Buxo-Quercetum pubescentis* (Br.-Bl. 1931) Oberd. 1979): bosco ceduo con roverella e bosso; si sviluppa su pendii sia su calcare che su silice a esposizione prevalentemente meridionale, a quote comprese tra 760 e 1100 m.; distribuzione: Piemonte sulle Alpi Cozie e Marittime;
- *boscaglia carsica ad Ostrya e Sesleria* (*Ostryo-Quercetum pubescentis* Trinajstic 1974): boscaglia di *Ostrya* con sottobosco a *Sesleria autumnalis* e specie illiriche; si sviluppa su calcare a diverse esposizioni, a quote comprese tra 70 e 460 m; distribuzione: Carso triestino e goriziano (Friuli-Venezia Giulia);
- *bosco misto ad Ostrya ed orniello* (*Orno-Ostryetum* s.l.): boscaglia submontana con forte componente di specie di ambiente steppico; a esposizione prevalentemente meridionale, a quote comprese tra 290 e 600 m; distribuzione: vallate centroalpine dalla Pusteria alla Valtellina;
- *ostrieto ligure-piemontese a leucantemo* (*Leucanthemo-Ostryetum* Barbero et Bono 1970): boscaglia di *Ostrya* con sottobosco di *Sesleria autumnalis* e specie occidentali; si sviluppa in ambienti di forra a diverse esposizioni; distribuzione: Appennino ligure e zone vicine della Toscana;
- *leccete mesomediterranee ad orniello* (*Orno-Quercetum ilicis* Horvatic (1956) 1958 e *Ostryo-Quercetum ilicis* Trinajstic (1965) 1974): lecceta con latifoglie arboree di piccole dimensioni (orniello, carpino nero); si sviluppa su pendii collinari su calcare o su dune costiere a esposizione prevalentemente meridionale, a quote comprese tra 150 e 500 m; distribuzione: dalla Liguria alla Calabria, nel Triestino (vegetazione extrazonale) e sulla costa adriatica (Veneto, Romagna);
- *lecceta costiera occidentale* (*Viburno-Quercetum ilicis* (Br.-Bl. 1036) Rivas-Martinez 1975): lecceta con specie arboree sempreverdi; si sviluppa su terreni pianeggianti in ambiente costiero, spesso su dune consolidate oppure in collina in dolce pendio, a diverse esposizioni, a quote comprese tra 0 e 120 m.; distribuzione: coste della Liguria (soprattutto sulle coste occidentali della penisola e in Sardegna);
- *macchia a mirto e calicotome* (*Calicotomo-Myrtetum* Guinochet 1944): macchia bassa con specie spinose; si sviluppa lungo le coste alte, a diverse esposizioni, a quote comprese tra 100 e 350 m; distribuzione: coste del mar Ligure e Tirreno;
- *pineta a pino marittimo* (*Euphorbio-Pinetum pinastri* Furrier et Hoffmann 1960): vegetazione step-pica con suffrutici spinosi e popolamento aperto di pino marittimo; si sviluppa su pendii aridi a diverse esposizioni, a quote comprese tra 180 e 640 m; distribuzione: Appennino e colli preappenninici da Savona al Piacentino.

Passando dal piano fitosociologico a quello fisionomico-ecologico, limitatamente all'Italia settentrionale, le formazioni più soggette a incendio sono quelle mediterranee della Liguria e della zona

insubrica, le pinete a pino nero e a pino silvestre sui substrati calcarei e calcareo-dolomitici, gli ostrieti primitivi su calcare e, con intensità minore, gli ostrio-querceti e i querceti a roverella e rovere.

#### *Le serie di vegetazione del Friuli in relazione agli incendi*

I rilievi meridionali (calcari eocenici e flysch) dell'ellissoide carsico e delle prealpi meridionali sono ricoperti prevalentemente da boschi dell'*Ostryo-Carpinion orientalis*. Per quanto riguarda l'area dei colli orientali e in parte delle Prealpi meridionali, si ha un mosaico di associazioni ascrivibili all'*Ostryo-Carpinion orientalis*, all'*Erythronio-Carpinion* e al *Tilio-Acerion*, che si pongono lungo un gradiente di mesofilia.

Nella bassa pianura friulana sono presenti boschi planiziali (*Asparago tenuifolii-Quercetum roboris*) frammisti ad aree umide.

Per l'alta pianura risulta difficoltoso definire il tipo di vegetazione nemorale potenziale. L'azione umana di disturbo e di distruzione del manto originale è stata talmente imponente, a partire dall'epoca romana, che non è più possibile trovare, contrariamente a quanto avviene per la Bassa friulana, alcun residuo della vegetazione passata. I tipi vegetazionali più probabili sono quelli dell'*Ostryo-Carpinion orientalis*, dove i suoli sono poco profondi, e quelli dell'*Erythronio-Carpinion*, dove i suoli sono più sviluppati.

L'area montana al di sotto del limite del bosco si caratterizza per la presenza di un complesso di tipi vegetazionali appartenenti agli ordini dei *Fagetalia*, *Piceetalia* ed *Erico-Pinetalia*.

Le pinete a pino nero e a pino silvestre (*Erico-Pinetalia*) si trovano principalmente su rendzine e protorendzine derivanti da calcari triassici. Nell'ambito di questa vegetazione paraclimacica lo smistamento del pino nero e del pino silvestre può essere ricondotto a fattori climatici.

Le peccete basifile, che si sviluppano prevalentemente su sostrati calcarei, calcareo-dolomitici e dolomitici, sono caratterizzate in funzione della distribuzione altitudinale. Si possono distinguere l'*Adenostylo glabrae-Piceetum*, nel piano altimontano e subalpino, e il *Calamagrostio variae-Piceetum*, con esigenze simili alle pinete a pino silvestre, nelle fasce interne montane subcontinentali. Per quanto riguarda le peccete su substrato acido o acidificato prevale nel piano montano il *Luzulo-Abietetum*, che si distingue dal *Luzulo-Fagetum* essenzialmente per la mancanza del faggio, mentre nel piano subalpino inferiore troviamo il *Larici-Piceetum* (sinonimo di interpretazione sintassonomica dell'*Homogyno-Piceetum*), vegetazione terminale su substrati acidi e acidofili per la nostra regione (mancanza dell'orizzonte a larice).

La maggior parte del territorio montano è dominata dalla presenza di associazioni dei *Fagetalia*, ed in particolare:

- *Erythronio-Carpinion* nell'area delle Prealpi Giulie, dell'anfiteatro morenico (cenosi di transizione tra *Erythronio-Carpinion* e *Carpinion orientalis*) e della bassa friulana;
- *Aremonio-Fagion* nell'area montana. Le faggete basifile si sviluppano su suoli profondi nella fascia submontana (*Hacquetio-Fagetum*), montana (*Dentario-Fagetum*) e subalpina (*Polystycho-Fagetum*).

Una menzione a parte meritano i boschi misti a faggio e abete rosso (*Anemono-Fagetum*) che gravitano nella fascia montana endalpica e in quella prealpica, dove esiste un continentalismo di valle caratterizzato dal fenomeno dell'inversione termica (Val Settimana). Tra le faggete va ricordato inoltre il *Luzulo-Fagetum*, acidofilo su affioramenti arenacei.

Al di sopra della vegetazione arborea, nella fascia subalpina superiore (> 1780 m), si trovano gli arbusteti nani su calcare (*Erico-Pinetum prostratae*) e le praterie subalpine.

Nella Tabella 8.3 viene riportato lo schema riassuntivo delle diverse regioni forestali in Friuli-Venezia Giulia.

Per ogni unità vegetazionale, su finanziamento regionale, è stato determinato il potenziale pirológico tenendo conto dei seguenti parametri: regione forestale; altitudine; esposizione; posizione; pendenza; caratteristiche delle specie arboree, arbustive ed erbacee. Il potenziale pirológico esprime

me attraverso un indice numerico (il cui valore varia da un minimo di 6 ad un massimo di 37), una stima della maggiore o minore possibilità/probabilità di sviluppo di un incendio calcolata sulla base delle caratteristiche generali delle stazioni e della vegetazione.

Nella Regione Friuli-Venezia Giulia le formazioni maggiormente soggette al problema degli incendi sono quelle appartenenti all'*Ostryo-Carpinion orientalis* (distretto carsico, distretto avanalpico) e all'*Erythronio-Carpinion* arido (del distretto avanalpico) - formazioni generalmente degradate per intenso sfruttamento (ceduazione), con estese penetrazioni di formazioni a graminacee che accentuano il rischio d'incendi -, e quelle degli *Erico-Pinetalia* (del distretto esalpico e mesalpico). Infatti, gli orno-pineti sui versanti esposti a sud rappresentano un grosso problema per quanto riguarda gli incendi forestali; essi inoltre sono caratterizzati da un sottobosco molto ricco di specie quali *Erica*, *Calamagrostis* e *Molinia*, che raggiungono un elevato grado di secchezza invernale aumentando il rischio incendio.

Nell'ambito degli *Aremonio-Fagion* (del distretto esalpico e mesalpico) hanno più elevato potenziale pirologico l'orno-ostrieto primitivo di forra, la faggeta submontana e il piceo-faggeto dei suoli xerici.

Per quanto attiene le mughete, sono a maggior rischio incendio quelle di tipo xerotermofilo della fascia altimontana e subalpina di distretti mesalpico ed endalpico (*Erico carneae-Pinetum prostratae*), su calcare e dei versanti meridionali, ma anche soprattutto quelle dealpine, di cui le Alpi sudorientali sono particolarmente ricche (*Amelanchiero-Pinetum mughi*). A rischio minore sono le mughete climatofilo-chionofile dei versanti settentrionali (*Rhodothamno-Rhododendretum hirsuti* e *Vaccinio-Pinetum mughi*; quest'ultimo si sviluppa in morfotipi concavi su calcare con acidificazione superficiale e ove vi è presenza di *Rhododendron ferrugineum* coodominante), come pure quelle dei substrati acidi (*Rhododendro ferruginei-Pinetum prostratae*).

Le formazioni costiere a maggior rischio incendio sono le pinete litoranee a *Pinus nigra*, *P. brutia*, *P. pinea*, *P. halepensis*, *P. pinaster*, con al loro interno elementi di macchia mediterranea (*Quercion ilicis*) (Lignano, Grado, Bibione), e le pinete carsiche, più o meno pure o mescolate alle latifoglie degli *Ostryo-Carpinion*.

A queste formazioni forestali sono intercalate formazioni prative di grande importanza ai fini dell'innesco degli incendi: prati stabili del piano montano inferiore ad avena altissima (*Arrhenatherum elatius*) (*Arrhenatheretalia*); prati stabili del piano montano superiore ad avena d'oro (*Trisetum flavescens*) (*Nardetalia*).

Dal confronto fra le cartine distributive dei *syntaxa* ad alto potenziale pirologico (Figura 8.39) e la carta della pericolosità degli incendi boschivi (Figura 8.40) si evidenzia molto bene la stretta correlazione tra i parametri considerati.

Abbinando i tipi forestali, i tipi di suoli ed i tipi climatici in una regione il cui clima, pur essendo generalmente di tipo umido, può essere sinteticamente definito di tipo "equinoziale-submediterraneo", la massima pericolosità d'incendi si registra nella parte finale dell'inverno (febbraio-marzo), in cui non si ha ancora la ripresa vegetativa, e nella tarda estate (luglio-agosto), in cui le precipitazioni registrano un minimo assoluto (Figura 8.41).

Alla fine della stagione secca, accanto agli elementi che sono fonte di innesco incendio, quali pini e substrato erbaceo disseccato, si aggiungono anche le chiome dell'*Ostrya* più o meno disseccate (in quanto tale entità risente notevolmente del deficit idrico), che costituiscono ulteriore elemento d'incendiosità. Anche gli insetti defogliatori e minatori, che agiscono soprattutto nella tarda primavera, oltre a causare l'indebolimento fisiologico delle specie legnose, contribuiscono al disseccamento e al deperimento delle latifoglie, che così risultano più esposte al rischio incendio.

Per effettuare interventi di recupero in grado di rilanciare e accelerare le dinamiche naturali, la sperimentazione di metodologie di intervento e di utilizzazione di specie vegetali diverse diventano presupposto fondamentale per finalizzare l'impegno economico, a supporto di tali realizzazioni (vd. § 9.3).

Il clima e le tipologie forestali di un territorio non sono gli unici elementi da considerare per la

prevenzione degli incendi e per gli interventi post-incendio. Punti essenziali da prendere in considerazione, già citati in altre parti del volume:

- studio delle forme spaziali delle cenosi;
- studio delle dinamiche (successioni) temporali: realizzazione di carte della vegetazione potenziale, della vegetazione reale, di carte delle serie dinamiche (sigmeti), cartografia dell'attitudine pirogenetica delle diverse aree;
- conoscenza delle nicchie ecologiche dei *syntaxa* (fasce altimetriche, substrati, suoli, esposizione, inclinazione);
- attitudine pirologica delle formazioni boschive;
- individuazione delle specie erbacee e legnose più adatte al recupero post-incendio.

Fra i dati strutturali primari si ha la rigenerazione, soprattutto in aree marginali abbandonate, di una struttura orizzontale che, sulla base degli elementi costituenti, può essere così schematizzata: *bosco, prebosco, mantello, orlo e prateria*. Questi elementi, attraverso una *continuità ipsometrica* delle forme biologiche (basse erbe, alte erbe, suffrutici, frutici, micro- e macro-fanerofite), potrebbero favorire la propagazione dell'incendio. La presenza nel territorio di queste strutture complesse, che rappresentano il prodotto dell'evoluzione del manto vegetale, contengono preziosi suggerimenti per quanto riguarda gli interventi da mettere in atto per la ricostituzione della vegetazione in aree devastate da incendi (vd. §§ 8, 9).

L'integrazione tra la carta della vegetazione reale e i dati strutturali consentirà la realizzazione di carte ecologiche, che rappresentano spazialmente l'estensione delle zone ecotonali nel territorio. Queste forniranno le linee guida per gli interventi post-incendio, in quanto sono espressione della dinamica naturale della vegetazione di un determinato territorio. A seconda dei casi la politica di intervento e di gestione potrà favorire questa o quella fase stadiale, sempre però all'interno della dinamica naturale, evitando prescrizioni e norme tali da interferire negativamente con la dinamica stessa (vd. § 9).

Fra i dati strutturali secondari il più significativo risulta quello degli ostrieti, dei corileti e dei robini, ove la ripetuta ceduazione ha esaltato la struttura policormica delle specie costruttrici (*Ostrya, Corylus, Tilia, Carpinus, Fagus, Robinia*) e, a seguito dell'abbandono del governo del bosco, la presenza in posto di cospicue necromasse a elevata incendiabilità.

Altro dato strutturale importante, che diventa concausa dell'incendiabilità boschiva, è la presenza di un consistente strato arbustivo e lianoso che interessa tutte le formazioni termofile della fascia collinare e montana inferiore, e quindi anche delle faggete termofile. Queste consentono di trasferire il fuoco dalle alte erbe (fuoco radente) alle chiome degli alberi (fuoco di chioma) (vd. § 4.1).

Le vegetazioni termofile della regione submediterranea sono particolarmente ricche in arbusti, molti dei quali sopravanzano il perimetro della foresta e ne costituiscono il mantello. Fra questi, molti sono gli elementi dotati di struttura policormica, che aumenta in misura sensibile la loro efficienza colonizzatrice attraverso meccanismi di moltiplicazione clonale. Attraverso questo meccanismo dimostrano una grande capacità rigenerativa nel post-incendio.

Nei casi in cui il passaggio del fuoco avvenga su zone boscate o cespugliate, ricche di specie policormiche (cespuglieti mediterranei; orno-frassineti; querceti), gli interventi necessari sono modesti e consistono in quelli adatti a facilitare il rigetto di polloni. Qualora il passaggio del fuoco avvenga su zone povere di specie arboreo-arbustive resistenti, ma il suolo denudato non presenti accentuati rischi di degrado erosivo, pare opportuno un intervento di rimboschimento effettuato in prevalenza con elementi arbustivi resistenti al fuoco (arbusti policormici); solo in un secondo momento, affermatasi la vegetazione prenemorale, va incoraggiata – con opportuni interventi forestali compreso l'eventuale impianto – la componente arborea pioniera o definitiva, escludendo le conifere ove non costituiscano la vegetazione potenziale.

Fra gli elementi che presentano attitudini policormiche accentuate ricordiamo *Rubus* sp. pl., *Prunus spinosa*, *Rosa* sp. pl., *Cornus sanguinea*, *Cornus mas*, *Coronilla emerus*, *Cotinus coggygria* e *Corylus avellana*, entità che si distribuiscono dalla fascia collinare alla montana inferiore, e che possono essere uti-

lizzate negli interventi di recupero coerentemente con la serie di vegetazione autoctona.

Mentre nelle pinete artificiali la diminuzione dell'incendiosità potrà essere ottenuta, là dove è possibile, attraverso una progressiva sostituzione delle conifere da parte delle latifoglie autoctone, il problema persiste riguardo alle pinete naturali. Esse molto spesso rappresentano dei paraclimax (stadi durevoli), che non ammettono una successiva evoluzione della copertura vegetale. In questo caso, gli unici provvedimenti che potrebbero essere presi per attenuare la pericolosità, sono la massima riduzione della rete viaria e comunque, là dove essa è presente perché indispensabile, la creazione di viali tagliafuoco con l'eliminazione delle conifere e l'incremento dello strato arbustivo, di cui queste formazioni sono particolarmente dotate, per aumentare la copertura del suolo. A tal fine, potrebbero essere impiegati *Rhamnus saxatilis*, *Cotoneaster tomentosus*, *Amelanchier ovalis*, *Berberis vulgaris*, *Corylus avellana*, *Viburnum lantana*, *Sorbus aria*, *Sorbus aucuparia* e *Genista radiata* (come specie di orlo), previa verifica dell'indigenato nelle zone d'intervento.

All'interno dei boschi di latifoglie, dalla fascia collinare a quella montana inferiore, potrebbe essere utilizzata anche la tecnica delle macchie seriali. L'accelerazione del determinismo biologico, inoltre, avviene selezionando dalle risorse floristiche quelle specie che nella serie dinamica si trovano all'intersezione di due fasi successive (Figura 8.42).

Nei casi, infine, in cui si sia affermata una vegetazione paraclimax opportunista, dotata di specifiche strategie per soffocare l'eventuale affermazione di alberi ed arbusti (popolamenti a rovo; popolamenti a vitalbe), occorre evitare accuratamente il ricorso a tecniche distruttive non selettive (fuoco; uso di decespugliatori meccanici), in quanto tali tecniche, paradossalmente, possono favorire il perpetuarsi di tali popolamenti a spese dell'eventuale, poco evidente, rinnovazione della vegetazione arboreo-arbustiva propria di queste formazioni. Se possibile, è opportuno un intervento manuale, selettivo, consistente nel taglio dei fusti e nello sradicamento dei ceppi, con rigoroso rispetto di ogni plantula pregiata interposta.

Le sodaglie di rovi e clematidi vengono viste con sospetto, in quanto sono espressione di antropizzazione, di inadeguato trattamento selvicolturale, e inoltre ritardano la dinamica naturale. Va tenuto comunque presente che in condizioni di estremo degrado e di assenza di copertura vegetale, dovuta al passaggio devastante di ripetuti incendi, possono costituire una buona copertura del suolo, proteggendolo dall'erosione accelerata.

In determinati casi le superfici percorse dal fuoco potranno essere rinverdite con fiorume proveniente da fienagioni di praterie residue, attivando una organizzazione territoriale di contatto con aziende agricole locali produttrici di foraggi. Questa prima copertura erbacea ha lo scopo di sottrarre o di prevenire l'invasione da parte di neofite che, in assenza del presidio costituito dalla flora autoctona, possono invadere le superfici scoperte dagli incendi e costituire delle cenosi transitorie, che ritardano la ripresa dell'evoluzione, determinando altresì fonte d'inquinamento nelle eventuali aree agricole circostanti. Inoltre, nel fiorume vi sono numerosi semi di leguminose che, oltre ad avere capacità pioniera, contribuiscono a migliorare le condizioni del suolo.

#### *Emerobiosi e integrità genetica della flora*

Il passaggio del fuoco al suolo determina una regressione della flora, che da strategie di tipo competitivo passa a strategie di tipo ruderale. Questo fenomeno è dato da specie sia erbacee che arboreo-arbustive che possono essere causa di:

- effetto allelopatico sulle specie spontanee autoctone con conseguente rallentamento e/o inibizione della loro crescita (ad esempio, *Ailanthus altissima*, *Senecio inaequidens*);
- aumento di agrariofite con ripercussioni negative sull'agricoltura (*Bidens* sp.pl., *Amaranthus* sp.pl.);
- incremento delle allergofite (*Ambrosia artemisiifolia*);
- effetti tossici sui prodotti alimentari (ad esempio, *Senecio inaequidens* contiene un alcaloide tossico che può inquinare i mieli);
- neospeciazione di specie ruderali sinantropiche (*Oenothera* sp.pl.);

- occupazione della nicchia ecologica di specie autoctone meno competitive (*Bidens frondosa*–*Bidens tripartita*).

Le neofite abbassano il livello di naturalità delle cenosi forestali, e inoltre non va sottovalutato il problema che questo *turn over* della flora al suolo (vd. § 2.2), di carattere secondario, può aggravare lo stato emerobiotico del territorio. Nello specifico dovrà essere tenuto presente che nelle zone più calde della fascia prealpina vi è la possibilità di vere e proprie infestazioni da *Ailanthus altissima* ed eventualmente di altre specie arboree e arbustive (*Broussonetia papyrifera*, *Robinia pseudacacia*, *Amorpha fruticosa*, ecc.), dotate di strategie moltiplicative plurime e di difese allelopatiche.

Per motivi inerenti la salvaguardia dell'integrità genetica della flora, sarebbe opportuno che le specie proposte per i diversi ambiti venissero prelevate da vivai regionali o in alternativa in zone prossime alla Regione.

Le popolazioni che nel loro insieme costituiscono una specie (in modo particolare se questa è ad ampio areale) sono spesso distinguibili fra loro non solo per diversi comportamenti ecologici ma anche genetici. Il concetto *pianta autoctona* non deve essere definito e limitato alla categoria *specie*, ma più correttamente alla popolazione locale (provenienza). Pertanto gli interventi di rimboschimento, spesso eseguiti con finalità di *rinaturalizzazione*, possono essere invece, essi stessi, responsabili di fenomeni di inquinamento genetico più gravi di quelli derivanti dall'impiego di specie esotiche non compatibili. Infatti, le cosiddette *specie autoctone* utilizzate a tali scopi non hanno alcuna certificazione di provenienza e sono prodotte in vivai (spesso stranieri) che per motivi economici si approvvigionano nelle aree più diverse.

Per ovviare a questo problema, sarebbe opportuno favorire e istituire a livello di ogni Regione una vivaistica specializzata, che si basi soprattutto sulla produzione di semi e specie reperite in loco e suddivise per fasce altimetriche d'intervento.

La pericolosità di introduzioni estranee viene aumentata dal fatto che esse non possono essere riconoscibili dal punto di vista morfologico. Altro punto critico è la scarsa conoscenza in biologia della germinazione e dell'ecofisiologia di base delle specie arboree e arbustive in relazione agli stress idrici ai quali sono sottoposte nelle prime fasi di ricolonizzazione.

## **8.6.2. Vegetazione temperata e mediterranea dell'Italia centrale**

*E. Biondi, C. Blasi*

Seguendo un transetto geografico orientato in direzione SW-NE (al quale è possibile associare un gradiente di termicità ed aridità estiva decrescente), le aree prese in esame sono: Monti Volsci, Monti Simbruini, Appennino Umbro-Marchigiano e promontorio del Conero.

### *Monti Volsci*

Nell'ambito del gruppo montuoso anti-appenninico dei Volsci (Lazio meridionale) viene presentata la dinamica vegetazionale degli ex coltivi su terrazzo, che, nell'area in oggetto sono costituiti per lo più da oliveti abbandonati. Si è scelto di iniziare da questa tipologia per l'importanza che gli oliveti e i terrazzamenti rivestono nella problematica del recupero post-incendio e nella caratterizzazione del paesaggio mediterraneo. Gli oliveti abbandonati sono interessanti sotto diversi punti di vista. A livello paesaggistico i caldi versanti solcati dalla fitta rete di muri a secco rappresentano una delle note peculiari del paesaggio mediterraneo. A livello strutturale ed ecologico tale reticolo modifica in maniera significativa il drenaggio delle acque influenzando direttamente lo sviluppo e l'articolazione spaziale delle cenosi vegetali ed animali. In un'ottica di recupero ambientale, infine, i terrazzamenti rappresentano aree privilegiate per il recupero della vegetazione legnosa in quanto fungono da "accumulatori ecologici" che conservano nel tempo, sottoforma di suolo, l'energia spesa per la loro costruzione.

Oltre alla quantificazione del fenomeno "abbandono e incendio" si sono studiate le tendenze dinamiche in atto tramite un approccio integrato di tipo geotopologico-sindinamico realizzato oltre



che con analisi seriali, con analisi multitemporale di tre diverse date (1954, 1985 e 1993). Confrontando la mappa del 1954 con quelle dei periodi successivi, è emerso come la percentuale di oliveti ancora coltivati diminuisca progressivamente. Tuttavia, solo una limitata percentuale (2%) di quelli che erano oliveti attivi nel 1954 si ritrova già in forma di bosco nel 1985, mentre vi è una percentuale circa doppia nel 1993. Sorprendentemente scarsa è la percentuale degli oliveti già abbandonati nel 1954 divenuta bosco nei due periodi successivi (rispettivamente 6% nel 1985 e 11% nel 1993) mentre più dell'80% si è mantenuta su fisionomie arbustive. Al contrario, degli oliveti abbandonati che nel 1954 erano già colonizzati da arbusteti con alberi sparsi ben il 50% si è trasformato in bosco nel 1985 e quasi il 60% nel 1993.

Si è registrata anche una certa percentuale di arbusteti alberati che nel tempo è regredita a semplice arbusteto probabilmente in seguito a reiterati incendi o eccesso di pascolo. Qualitativamente si è dimostrato che le forme di vegetazione più mature sono sempre coerenti con la tipologia di vegetazione naturale potenziale. Sebbene alcune specie possano trarre vantaggio, specialmente nei primi stadi successionali dalla presenza del terrazzo, non si modifica in maniera significativa la vocazione naturale del territorio espressa dalla serie climatofila o dalle serie edafofile ad essa collegate. L'incendio, quindi, non favorisce un'unica tipologia forestale ma si relaziona dinamicamente con un numero di tappe mature che è funzione delle caratteristiche climatiche, edafiche e litogeomorfologiche del territorio. Nel comprensorio Ausono-Aurunco il paesaggio che un tempo era uniformemente dominato dagli oliveti terrazzati sta evolvendo dopo l'incendio in maniera divergente verso il bosco di roverella, di leccio e di carpino nero. Nel dettaglio, tuttavia, sono ben sette le serie di vegetazione (e quindi le associazioni di tappa matura) identificate all'interno degli oliveti abbandonati o incendiati dei Monti Ausoni-Aurunci. Due di esse, maggiormente interessate dal fenomeno degli incendi, sono collegate con un clima termomediterraneo e strutturalmente risultano ancora prevalentemente arbustive (*Rhamno-Euphorbietum dendroidis* e *Myrto-Lentiscetum*). Le altre cinque serie di vegetazione prevedono tutte una tappa matura forestale, che sulla base di un gradiente di mesofilia crescente può essere così riassunta: *Viburno-Quercetum ilicis* (bosco di leccio interamente composto da sclerofille), *Orno-Quercetum ilicis* (bosco di leccio misto a caducifoglie termofile); *Roso sempervirentis-Quercetum pubescentis* (bosco termofilo di roverella ricco di elementi mediterranei); *Asparago-Ostryetum carpinifoliae* (bosco termofilo di *Ostrya carpinifolia* nei versanti ad esposizione settentrionale); *Melittio-Ostryetum carpinifoliae* (bosco mesofilo di carpino nero).

Non tutte le serie di vegetazione hanno la stessa incidenza sul territorio. Nel caso dei Monti Ausoni-Aurunci, infatti, la maggior parte delle cenosi di sostituzione è dinamicamente collegata al bosco termofilo di roverella (30%). A livello arbustivo *Spartium junceum* è risultata la specie che più delle altre sembrerebbe beneficiare della presenza dei terrazzamenti nelle dinamiche di recupero. Di conseguenza le due cenosi maggiormente caratterizzate dalla sua presenza (*Roso-Rubetum ulmi-folii* e *Myrto-Lentiscetum spartietosum*) mostrano una distribuzione spaziale nettamente superiore a quella delle altre comunità arbustive secondarie. A livello erbaceo, per motivi diversi tanto *Ampelodesmos mauritanicus* quanto *Brachypodium rupestre* mostrano un'elevata attitudine rispetto al "sistema" oliveto terrazzato incendiato. Il primo ha beneficiato e beneficia tuttora dell'uso del fuoco che viene utilizzato dagli allevatori locali per creare nuovi pascoli, e (ironia della sorte) per opporre resistenza alla diffusione di *Ampelodesmos* stesso. Il secondo è avvantaggiato rispetto ai brometi circostanti dai suoli profondi che ben si correlano al potente apparato rizomatoso sotterraneo che gli consente di colonizzare a tappeto la parte piana del terrazzo e superare anche incendi molto frequenti.

### *Monti Simbruini*

Per i Monti Simbruini (Lazio centrale) sono stati studiati i processi di riforestazione naturale al fine di conoscere i modelli sindinamici da utilizzare proprio caso di interventi di recupero post-incendio. Tali processi avvengono con meccanismi e tempi determinati dalla diversa vocazione del territorio. Nel caso dei Monti Simbruini, lo studio ha messo in evidenza come, nel recupero sponta-

neo post-incendio, accanto a specie ad ampio spettro ecologico quali *Prunus spinosa*, *Rubus ulmifolius* e *Crataegus monogyna*, ve ne siano altre la cui presenza indica un'ecologia più ristretta legata a parametri fisici e biotici di varia natura. Così *Rosa sempervirens* e *Phillyrea latifolia* vengono confinate negli ambienti caldo-aridi di bassa quota mentre *Chamaecytisus spinescens* o *Rhamnus saxatilis* risultano strettamente legate ai substrati rocciosi. Parallelamente alcune forme d'uso del territorio possono aver contribuito al proliferare di alcune specie e alla scomparsa di altre. Così negli ambienti di prateria arborata, su substrati calcarei estremamente rocciosi o ciottolosi, spicca l'abbondante presenza del ginepro rosso (*Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*) che intorno ai 1000 metri di quota si mescola con il ginepro comune (*Juniperus communis*) dal quale viene vicariato nei piani altitudinali soprastanti. I coltivi abbandonati su terrazzi dopo il passaggio del fuoco subiscono invece una colonizzazione rapida da parte delle rose selvatiche (*Rosa canina*, *R. dumalis*, *R. squarrosa*, *R. corymbifera*, *R. micrantha*) le quali data la loro crescita rapida e la vicinanza di centri di dispersione (muri a secco, siepi divisorie...) risultano estremamente competitive su suoli profondi ricchi di nutrienti. Passando dalla fascia collinare a quella submontana, la comparsa di specie quali *Sorbus aria*, *Crataegus laevigata*, *Rosa pimpinellifolia* indicano il superamento di quella soglia bioclimatica e cenologica che separa i boschi di caducifoglie termofili (*Quercetalia pubescenti-petraeae*) da quelli mesofili (*Fagetalia sylvaticae*). Analogamente *Lonicera alpigena*, *Rubus idaeus*, *Rhamnus alpinus*, *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aucuparia* indicano che ci troviamo un orizzonte altitudinale pertinente alla faggeta, senza dubbio meno interessato dagli incendi boschivi.

Sulla base del rilevamento fitosociologico sono state ipotizzate alcune strategie di recupero post-incendio. Nel querceto di roverella in ambiti che dopo il passaggio del fuoco risultano denudati dal punto di vista vegetazionale ma con un discreto spessore di suolo, potrebbe risultare opportuno utilizzare specie tipiche di stadi tardo-successionali quali la stessa *Quercus pubescens*, *Fraxinus ornus*, *Acer monspessulanum* oppure specie del pre-bosco quali *Carpinus orientalis* o *Pistacia terebinthus*. Al contrario in ambiti fortemente acclivi dove in seguito all'incendio sono comuni fenomeni di erosione è auspicabile l'utilizzo di specie arbustive o erbacee tipiche di stadi pionieri. Laddove è invece il pascolo a costituire l'ostacolo maggiore alla ripresa della vegetazione sarebbe buona norma affidarsi a specie ad habitus spinoso o semplicemente inappetibili al bestiame.

In sintesi, per quanto riguarda gli ambiti di pertinenza dei boschi caducifogli termofili che di norma sono quelli più esposti al passaggio del fuoco, si hanno, così come è vista per la regione Alpina, molte specie arbustive capaci di creare rapidamente condizioni sinecologiche ottimali per la ripresa del bosco autoctono.

#### *Appennino umbro-marchigiano*

Nell'Appennino umbro-marchigiano, nel settore calcareo con bioclimate temperato, piano bioclimatico collinare, dove si sviluppa la serie di vegetazione climatofila dello *Scutellario columnae-Ostryeto carpinifoliae* sigmetum le analisi fitosociologiche condotte su aree permanenti, sono state integrate con analisi diacroniche, ottenute mediante fotointerpretazione di aerofotogrammi storici risalenti agli anni 1956, 1978 e 1990. Con questo sistema è stato possibile quantificare i tempi necessari per lo sviluppo delle diverse successioni dinamiche che seguono percorsi diversi anche in rapporto alle particolari condizioni determinate dall'attività antropica. Come si può facilmente comprendere tali conoscenze risultano particolarmente utili nella fase di pianificazione degli interventi di recupero dopo il passaggio del fuoco. In particolare in questo caso si hanno elementi conoscitivi che interessano anche la vegetazione erbacea.

La prima parte dell'analisi diacronica ha permesso di stimare il tempo necessario per passare dal campo coltivato al pascolo (*Asperulo purpureae-Brometum erecti*). Già dopo tre-quattro anni dall'abbandono si nota una massiccia presenza delle emicriptofite e geofite dell'ordine *Agropyretalia repentis*. Nelle situazioni più umide, tale condizione può perdurare anche dieci anni, per poi evolvere verso la facies a *Brachypodium rupestre* della classe *Festuco-Brometea*. Nelle situazioni più xeriche, si assiste invece all'evoluzione verso la facies a *Helichrysum italicum*. In entrambi i casi, come nelle con-

dizioni in cui non prevale nessuna delle due facies, in circa quaranta anni la vegetazione evolve verso la prateria dell'associazione *Asperulo purpureae-Brometum erecti*.

L'analisi diacronica della vegetazione ha anche permesso di valutare la velocità e i modelli di espansione del bosco dell'associazione *Scutellario columnae-Ostryetum carpinifoliae* e dell'arbusteto dell'associazione *Spartio juncei-Cytisetum sessilifolii*, più volte citate come elementi essenziali nel recupero post-incendio di questo settore appenninico. Nelle situazioni in cui il processo evolutivo ha origine per disseminazione da individui di specie forestali, la vegetazione arborea si sviluppa direttamente sugli incolti, costituendo lo stadio arbustivo della successione secondaria che evolve verso il bosco. Questo processo risulta abbastanza frequente favorita dalla profondità del suolo nei terreni più o meno terrazzati. Le specie forestali o preforestali che partecipano maggiormente alla ricolonizzazione sono: *Fraxinus ornus*, le cui samare coprono distanze di parecchi metri dalla pianta madre e *Quercus pubescens* le cui ghiande cadono sino a pochi metri al di fuori della proiezione della chioma; nelle situazioni più favorevoli partecipa alla ricolonizzazione anche *Ostrya carpinifolia*. Questo processo può avvenire secondo gli schemi di avanzamento rappresentati con i modelli frontale e dispersivo. Nel modello frontale, la disseminazione di specie forestali inizia da un fronte boschivo confinante con un terreno incolto o un'area incendiata. La colonizzazione da parte delle fanerofite si arresta per diversi anni a qualche metro dal margine del bosco, a causa dell'assenza della propagazione vegetativa e del lungo intervallo di tempo necessario affinché le piante pioniere possano a loro volta fruttificare. Le fanerofite possono accrescersi insieme agli arbusti del mantello ma prevalgono su questi, man mano che aumentano di dimensioni, mentre le specie del mantello si affermano ai bordi del prebosco di neoformazione e avanzano frontalmente verso le praterie. Nel modello dispersivo si realizza la dispersione di semi da alberi isolati; la colonizzazione da parte del bosco si arresta per diversi anni a qualche metro di distanza dalle piante disseminatrici per poi riprendere quando i nuovi individui fruttificano. I boschi che derivano da questo modello costituiscono facies pioniere, nelle quali sono poco rappresentate le specie nemorali.

L'avanzamento del bosco, nell'intervallo di osservazione (35 anni), è stato limitato ad alcuni metri nel caso di *Quercus pubescens* (disseminazione balistica) mentre ha interessato distanze fino a 20 m nel caso di *Fraxinus ornus* e *Ostrya carpinifolia* (disseminazione anemocora). Si è ritenuto opportuno riportare questi dati in quanto i lunghi tempi necessari per il recupero spontaneo confermano l'importanza degli interventi di recupero mediante specie e stadi coerenti con la serie di vegetazione autoctona.

Più frequentemente nel caso di terreni con ridotta quantità di suolo e non terrazzati, la colonizzazione degli incolti avviene ad opera delle specie del mantello di vegetazione, ed in particolare di *Spartium junceum* che, nel contesto pedoclimatico che caratterizza l'Appennino centrale, tra gli arbusti pionieri risulta essere il più diffuso. Il processo di recupero si realizza secondo il modello frontale e quello per nucleazione.

Il modello frontale comporta l'estroflessione ecotonale del mantello: questo va a invadere la prateria, costituendo un arbusteto di *Spartium junceum*, attraverso una colonizzazione, che si esplica prevalentemente per via generativa e che procede alla velocità di circa 2–3 m/anno grazie alla precocità di fruttificazione di *Spartium junceum*. La parte più arretrata dell'arbusteto è caratterizzata dalla regressione della ginestra che lascia spazio all'ingresso di altre specie arbustive della classe *Rhamno-Prunetea*, permettendo quindi la migliore strutturazione di questa vegetazione verso quella di mantello. Come si avuto modo di osservare in precedenza la specie forestale più attiva è *Fraxinus ornus*, che risulta favorita dalla sua capacità di disseminazione anemocora. Si realizza, quindi, una sequenza progressiva, spazio-temporale, tra pascolo, arbusteto, mantello, prebosco e bosco, che determina il veloce recupero della vegetazione forestale. Nel modello per nucleazione, la colonizzazione da parte di *Spartium junceum*, oltre che per avanzamento frontale a partire dal margine del bosco, può avvenire per espansione centrifuga avente origine da individui isolati. Si può quindi prevedere che analoghi meccanismi dispersivi dei semi portino alla presenza nella zona di specie forestali come *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens* e *Ostrya carpinifolia*, che prenderanno il sopravvento,

mentre la popolazione di ginestra collasserà, sia perché ormai vecchia, sia perché ombreggiata dagli alberi in accrescimento, lasciando spazi aperti ed un suolo, più evoluto rispetto alla situazione iniziale.

#### *Parco del Conero*

Nel Parco del Conero, la vegetazione forestale è costituita da: formazioni di sclerofille sempreverdi e caducifoglie a prevalenza di leccio, formazioni di caducifoglie in cui sono dominanti carpino nero o roverella, formazioni meso-igrofile a olmo minore, formazioni ripariali di pioppi e salici, rimboschimenti a prevalenza di conifere.

I boschi di leccio presentano caratteristiche strutturali e floristiche differenti in rapporto all'esposizione dei versanti e all'altitudine.

La *lecceta termofila* (*Fraxino orni-Quercetum ilicis*), presente sui versanti più caldi, è rappresentata da un bosco di circa 4-6 m di altezza (*Quercus ilex*, *Phillyrea media*, *Rhamnus alaternus*, *Arbutus unedo* e *Fraxinus ornus*).

La *lecceta mesofila* (*Cephalanthero longifoliae-Quercetum ilicis*) è presente sui versanti più freschi e meno assolati o stretti valloni. Si tratta di un bosco, costituito da un miscuglio di sclerofille sempreverdi e caducifoglie. Tra le prime, al leccio si aggiungono *Laurus nobilis*, *Arbutus unedo*, *Phillyrea media* e *Viburnum tinus*. Tra le caducifoglie le più abbondanti sono: *Ostrya carpinifolia*, *Acer obtusatum* e *Quercus pubescens*.

Le formazioni forestali di caducifoglie sono rappresentate da querceti termofili di roverella e da ostrieti mesofili ad influenza mediterranea.

Il *querceto termofilo di roverella* (*Roso sempervirentis-Quercetum pubescentis*), presente, nelle situazioni con esposizioni più favorevoli, è prevalentemente costituito da *Quercus pubescens*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia* e *Quercus ilex*.

I *boschi di carpino nero* (*Asparago acutifolii-Ostryetum carpinifoliae*), presenti nel settore costiero delle Marche, sono fisionomicamente simili agli ostrieti che si rinvergono sui rilievi dell'Appennino calcareo. La composizione floristica di questi boschi si differenzia per la presenza di specie mediterranee. Lo strato arboreo è costituito prevalentemente da *Ostrya carpinifolia*, alla quale si aggiungono *Fraxinus ornus*, *Acer obtusatum* e, talvolta, *Quercus ilex*.

I *boschi meso-igrofilo a olmo minore* (*Symphyto bulbosi-Ulmetum minoris*), costituiscono un tipo di vegetazione con grandi potenzialità in tutte le zone pianeggianti e di impluvio oggi poco presenti in quanto sostituiti dai coltivi.

Le *formazioni ripariali di pioppi e salici* (*Populetales albae*) comprendono i boschi di salice bianco (*Salix alba*) dell'associazione *Salicetum albae* che si sviluppano in prossimità dei corsi d'acqua e nelle aree pianeggianti ad essi contigue.

I rimboschimenti presenti nel territorio del parco del Conero sono riconducibili essenzialmente a due tipologie: nei più vecchi, realizzati tra il 1931 e il 1938 sui versanti occidentali del monte, sono state utilizzate una grande varietà di essenze, per lo più esotiche (*Pinus halepensis*, *Cedrus atlantica*, *C. deodara*, *Cupressus arizonica*, *C. sempervirens*, *Pinus laricio* ssp. *hispanica*, *P. pinaster*, *Quercus ilex* e numerose altre), tra le quali attualmente risulta dominante il pino d'Aleppo. Risalgono invece agli anni sessanta i rimboschimenti pressochè monospecifici a pino d'Aleppo realizzati sulla falesia marnoso arenacea e sui terreni del settore collinare.

Nel Parco del Conero, al fine di evidenziare relazioni funzionali con il recupero post-incendio si è creduto opportuno segnalare la presenza delle cenosi arbustive (mantelli e arbusteti) più frequenti. Tra i vari aspetti di cespuglieto e di orlo sono da segnalare: il mantello a *Cytisus sessilifolius* con *Spartium junceum* e *Juniperus oxycedrus*, l'orlo a *Osyris alba* e *Asparagus acutifolius*, il mantello a *Cornus sanguinea* e quindi la vegetazione a *Rubus ulmifolius*.

La *formazione arbustiva ad Ampelodesmos mauritanicus* e *Coronilla valentina* si insedia sui macereti parzialmente consolidati dei versanti più acclivi dove l'erosione impedisce l'evoluzione della vegetazione.

In alcune zone del versante meridionale del Monte Conero si sviluppa una *macchia a Euphorbia dendroides* e *Coronilla valentina* che viene sempre riferita alla subassociazione *Coronillo valentinae–Ampelodesmetum mauritanici, euphorbietosum arborescentis*.

La formazione di *macchia a Pinus halepensis* e *Ampelodesmos mauritanicus* è estremamente rara e localizzata esclusivamente nella Valle delle Vellare.

L'approccio sinfitosociologico ha consentito di individuare nel territorio del Parco del Conero quattro principali serie di vegetazione.

La *Serie mediterranea, termofila, calcicola, della lecceta (Fraxino orni-Querceto ilicis sigmetum)* è costituita dal bosco termofilo di leccio e orniello, con alaterno, fillirea e lentisco.

La *Serie mediterranea, mesofila, calcicola del leccio (Cephalanthero longifoliae-Querceto ilicis sigmetum)* è costituita dal bosco mesofilo di leccio (*Cephalanthero longifoliae-Quercetum ilicis*) con carpino nero, acero d'Ungheria, orniello, roverella, alloro, corbezzolo e laurotino.

La *Serie collinare, termofila, neutrobasilifila della roverella (Roso sempervirentis-Querceto pubescentis sigmetum)* è costituita dal bosco termofilo di roverella (*Roso sempervirentis-Quercetum pubescentis*) con orniello, leccio, carpino nero e con numerose specie mediterranee nel sottobosco.

La *Serie pre-appenninica, collinare, neutrobasilifila del carpino nero (Asparago acutifolii-Ostryeto carpinifoliae sigmetum)* è costituita dal bosco di carpino nero, orniello e acero d'Ungheria.

La *Serie appenninica e subappenninica, meso e submediterranea, edafoigrofila dell'olmo (Symphyto bulbosi-Ulmeto minoris sigmetum)* è costituita dal bosco igrofilo di olmo.

In questo contesto, gli ambiti ove potenzialmente sono più frequenti gli incendi sono la serie mediterranea termofila del leccio e la serie collinare termofila della roverella.

#### *Parco della Gola della Rossa e di Frasassi*

Nel Parco della Gola della Rossa e di Frasassi, situato nella dorsale marchigiana dell'Appennino umbro-marchigiano, la vegetazione forestale è costituita da: formazioni di sclerofille sempreverdi e caducifoglie a prevalenza di leccio, formazioni di caducifoglie in cui sono dominanti carpino nero o roverella, formazioni di caducifoglie a cerro, formazioni mesofile di faggio, formazioni meso-igrofile a olmo minore, formazioni ripariali di pioppi e salici, estesi rimboschimenti a prevalenza di conifere.

La *lecceta termofila (Fraxino orni-Quercetum ilicis)* si rinviene, in particolari condizioni edafiche e microclimatiche, sui versanti più caldi delle gole calcaree, sempre in situazioni rupestri e con suoli iniziali.

Il *querceto termofilo di roverella (Roso sempervirentis-Quercetum pubescentis)* è rappresentato nella maggior parte dei casi da boschi piuttosto degradati a seguito della intensa antropizzazione. Notevoli danni a questo tipo di bosco sono causati dai turni di ceduzione troppo brevi cui sono stati soggetti in passato e dal pascolamento eccessivo.

I *boschi di carpino nero (Scutellario columnae-Ostryetum carpinifoliae)* si sviluppano principalmente nel piano collinare, sui versanti dei rilievi calcarei. Sono caratterizzati dalla presenza di *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus*, *Acer obtusatum*, *A. campestre*, *Laburnum anagyroides*, *Quercus pubescens*, *Q. cerris*, *Staphylea pinnata*, *Corylus avellana*, ecc. Sulle rocce calcaree affioranti, l'orno-ostrieto si rinviene nella variante a leccio (*Quercus ilex*), differenziata dalla presenza di elementi mediterranei come il leccio, il terebino, la fillirea, ecc. In altra parte del parco si rinviene la variante termofila a carpino orientale (*Carpinus orientalis*), mentre una variante mesofila degli ostrieti, a bosso (*Buxus sempervirens*), è localizzata all'interno della Gola della Rossa sul versante idrografico destro del fiume Esino.

I *boschi di cerro (Daphno laureolae-Quercetum cerridis)*. Si tratta di boschi mesofile con *Carpinus betulus*, *Corylus avellana* e *Carpinus orientalis*.

I *boschi di faggio (Polysticho aculeati-Fagetum sylvaticae)* costituiscono la vegetazione forestale del piano montano e sono quindi distribuiti sulle quote più elevate del territorio del Parco. Essi si sviluppano in genere al di sopra dei 900 m nei versanti più freschi esposti a Nord, e al di sopra dei 1000 m in quelli esposti a Sud o a Est.

I boschi di nocciolo e carpino bianco (*Carpino betuli-Coryletum avellanae*) si sviluppano negli impluvi e nei canaloni, su suoli profondi e ricchi di sostanza organica.

Le formazioni ripariali di pioppi e salici (*Populetalia albae*) si sviluppano in corrispondenza dei fossi di versante e sugli argini dei fiumi, la vegetazione è generalmente dominata da *Salix alba*, *Populus nigra*, *Populus alba*.

I rimboschimenti, effettuati a partire dalla fine del secolo scorso, ricoprono vaste aree del territorio del Parco. Gli impianti sono stati eseguiti per lo più con resinose tra le quali: *Pinus nigra*, *P. pinea*, *P. pinaster*, *P. halepensis*, *Abies alba*, *A. cephalonica*, *Cedrus deodara*, *C. atlantica* e *C. libani*, *Cupressus arizonica*, *C. sempervirens*, *C. macrocarpa*, ecc.

Da segnalare in particolare, in quanto ancora mai citati, il mantello a *Lonicera etrusca* e *Prunus mahaleb* e a *Juniperus oxycedrus* e *Cotinus coggygria*.

Nel loro insieme in questa area molto rappresentativa dell'eterogeneità dell'Appennino centrale si rinvengono le serie di vegetazione di seguito descritte.

La Serie appenninica, collinare, calcicola, edafoxerofila, del leccio (*Fraxino orni-Querceto ilicis sigmetum*) si insedia sui versanti più caldi dei rilievi calcarei. Il bosco termofilo di leccio (*Fraxino orni-Quercetum ilicis*) si correla con la vegetazione arbustiva xerofila a *Juniperus oxycedrus* e *Cotinus coggygria* (*Junipero oxycedri-Cotinetum coggygriae*).

La Serie preappenninica, collinare, edafoxerofila, calcicola, della roverella (*Roso sempervirentis-Querceto pubescentis pistacietosum terebinthi sigmetum*) si rinviene su detrito di versante, soprattutto nelle zone con esposizione Sud. Il bosco, termofilo, ospita specie mediterranee tra le quali rivestono una certa importanza *Pistacia terebinthus*, *Juniperus oxycedrus*, *Rubia peregrina*.

La Serie appenninica, collinare, calcicola, della roverella (*Roso sempervirentis-Querceto pubescentis prunetosum avium sigmetum*) si rinviene su detrito di materiale fine, in fondovalle, in condizioni di costante umidità edafica, garantita dalla componente marnosa del substrato.

La Serie appenninica, collinare, calcicola, del carpino nero (*Scutellario columnae-Ostryeto carpinifoliae sigmetum*) si rinviene prevalentemente sui versanti del settore collinare dell'Appennino calcareo dove il bosco a carpino nero (*Scutellario columnae-Ostryetum carpinifoliae*) rappresenta lo stadio più evoluto.

La Serie appenninica, collinare, selcifera, del cerro (*Daphno laureolae-Querceto cerridis aceretosum obtusati sigmetum*) è data da boschi mesofili a dominanza di *Quercus cerris* con *Carpinus betulus*, *Corylus avellana* e *Carpinus orientalis*.

La Serie planiziale, edafo-igrofila, dell'olmo (*Symphyto bulbosi-Ulmeto minoris sigmetum*) si sviluppa sulle aree limitrofe ai due corsi d'acqua principali, dove occupano terrazzi alluvionali di modesta ampiezza.

La Serie appenninica, montana, calcicola, del faggio (*Polystico aculeati-Fageto sylvaticae sigmetum*) è ben rappresentata nel piano montano del settore sud-orientale dell'area del Parco. La tappa più matura della serie è data dal bosco di faggio.

A conclusione di questo paragrafo dedicato alla relazione tra incendi e principali aspetti vegetazionali dell'Italia centrale si possono ricavare indicazioni sull'incendiabilità delle comunità vegetali naturali, seppure in forma empirica, in quanto non sono state condotte prove dirette di verifica sulle cenosi nè sono state realizzate stime indirette. Da diversi contributi lungo il transetto dal Tirreno all'Adriatico emerge chiaramente che gli ambiti di pertinenza della lecceta e del bosco di roverella sono quelli maggiormente interessati dagli incendi. Questi due tipi di bosco seguono per pericolosità d'incendio i rimboschimenti, mentre i boschi a carpino nero, quelli ad olmo e gli altri strettamente legati alla vegetazione ripariale sono rispettivamente i meno incendiabili. Oltre alle cenosi forestali vanno però considerati gli stadi dinamici delle serie di vegetazione che spesso sono più incendiabili delle formazioni forestali: tra questi, la vegetazione arbustiva a ginestra e quella parasteppica a tagliamani notoriamente favorita dal fuoco. Alla grande resistenza al fuoco è riconducibile il rapido recupero della vegetazione, dopo l'incendio che ha colpito il biotopo "Valle delle Vellare" (nel versante meridionale del Monte Conero) e il versante meridionale del M.te Circeo, in cui la vegetazione a tagliamani si è ricostituita in circa due stagioni vegetative.

Ancora più eclatante è stata la ripresa della vegetazione in località Mezzavalle, in cui la densa vegetazione a canna del Reno (*Arundo pliniana*) si è completamente ricostituita nella stagione vegetativa successiva al passaggio del fuoco. L'incendio non riesce a determinare la distruzione della canna del Reno, in quanto i rizomi, restando protetti nel terreno, possono emettere nuovi getti nella successiva stagione vegetativa.

Il pericolo rappresentato da questi tipi di vegetazione, arbustiva e parasteppica, con riferimento alla diffusione dell'incendio, è quindi legato soprattutto alla loro capacità di diffondere il fuoco più che al danno che si determina nella vegetazione.

### 8.6.3. Vegetazione mediterranea: Liguria

I. Vagge

La Liguria è la regione italiana maggiormente colpita dagli incendi. Nell'intervallo di tempo compreso fra il 1993 e il 2000 si sono verificati in media circa 650 incendi all'anno, interessando una superficie media di circa 5000 ha: un numero molto elevato, anche se inferiore rispetto ai decenni precedenti. Infatti, nel decennio 1976-85, ad esempio, in Liguria si sono avuti 15.073 incendi (circa 1500 incendi medi annui), con una superficie interessata dal fuoco di 73.330 ha.

L'estensione delle porzioni di territorio incendiate è quanto mai variabile, ma sovente molto ampia, come nel caso dell'incendio del 30 luglio-9 agosto 1990 che si è sviluppato in Liguria occidentale (fra Taggia, Badalucco e Sanremo) interessando una superficie di oltre 26 km<sup>2</sup>, peraltro già precedentemente (1983) percorsi da un incendio con estensione di 20 km<sup>2</sup>. Per accennare a eventi più recenti, gli incendi più gravi del 2000 sono stati quello del 17 marzo nel comune di Valbrevenna in provincia di Genova, che ha percorso una superficie di 239 ettari, di cui 224 boscati, e quello dell'8 settembre nel comune di Baiardo in provincia di Imperia, che ha interessato una superficie di 220 ettari, quasi interamente boscati.

Come avviene nel resto dell'Italia, fra le cause che generano gli incendi, del tutto sporadiche appaiono quelle *naturali*. Maggiore è l'incidenza degli incendi *colposi*, legati prevalentemente alle pratiche agricole. La maggior parte sono ascrivibili all'eterogenea categoria degli incendi *dolosi*, appiccati per i motivi più disparati: per protesta contro vincoli territoriali, contro limiti venatori, per ottenere nuovo terreno per la pastorizia, per stimolare il ricaccio di alcuni arbusti della macchia mediterranea utilizzati a fini commerciali.

La zona maggiormente tormentata dagli incendi è soprattutto quella costiera (Figura 8.43). I periodi prevalentemente a rischio sono quelli estivi e invernali: gli incendi si verificano principalmente nei mesi di febbraio-marzo e luglio-agosto-settembre. Le motivazioni della distribuzione territoriale e temporale degli incendi sono da ricercare nelle caratteristiche climatiche, geomorfologiche, topografiche, vegetazionali della Liguria ed anche nell'antropizzazione della regione, intesa principalmente come urbanizzazione, sistema viario e pratiche agro-silvo-pastorali.

Il clima del territorio è fortemente condizionato dall'ampio contatto con il mare e dall'assetto orografico; le catene montuose liguri, che si sviluppano quasi parallelamente alla costa, con andamento da SW a NE nel lato occidentale e da WNW ad ESE in quello orientale, determinano notevoli differenze non solo fra il versante tirrenico e quello padano, ma anche fra il settore marittimo di Ponente e quello di Levante, soprattutto dal punto di vista pluviometrico. Le precipitazioni più cospicue cadono sul lato orientale della Liguria, con quantità che vanno da 900-1300 mm annui della zona costiera fino a 1800-2000 mm della zona montuosa retrostante. Minore è la quantità di precipitazioni nella Liguria occidentale, soprattutto nella provincia di Imperia, che risente dell'effetto di schermatura esercitato dalle Alpi marittime. L'analisi dei dati pluviometrici indica l'autunno come stagione maggiormente piovosa, con precipitazioni massime nel mese di ottobre o novembre, e due periodi con scarse precipitazioni: l'estate, durante la quale si registra una vera e propria aridità, soprattutto nella fascia costiera (Figura 8.44), e l'inverno, che seppure non possa essere considerato strettamente *arido*, registra un'alta frequenza di venti secchi dal quadrante nord,

che causano una forte evaporazione e una notevole aridità ambientale. Si creano, pertanto, le condizioni adatte per una rapida propagazione degli incendi, anche nei mesi invernali.

Gli incendi sono favoriti non solo dalle condizioni climatiche precedentemente descritte, ma anche dalla morfologia del territorio ligure: caratterizzata soprattutto da valli strette, incassate, con pendii ripidi e scoscesi. In particolare, la notevole acclività dei versanti favorisce la risalita del fuoco lungo i pendii, senza contare che la stessa acclività rende più difficoltose le operazioni di spegnimento degli incendi.

Tralasciando la trattazione dei danni causati dal fuoco, in merito, a esempio, alla stabilità dei versanti, al dissesto idro-geologico degli stessi, all'inaridimento del suolo, alla distruzione della lettiera e dell'humus, alle trasformazioni chimico-fisiche del terreno, nei paragrafi seguenti verranno illustrati gli effetti degli incendi sulla vegetazione riguardanti, in particolare, composizione floristica, struttura ed evoluzione dinamica delle delle fitocenosi.

La fascia costiera presenta un bioclina mediterraneo, soprattutto nel settore occidentale fino ad Albenga, ove sono ben rappresentati i piani bioclimatici termo, meso e supramediterraneo e dove è presente la variante submediterranea del bioclina temperato. Nel resto della Liguria si rileva l'assenza di un vero e proprio piano bioclimatico termomediterraneo (solo in alcune località costiere sono presenti sporadicamente specie caratteristiche dell'*Oleo-Ceratonion* e alcune formazioni interpretabili come stadi di degradazione di unità dell'*Oleo-Ceratonion* stesso); il piano mesomediterraneo è limitato ad una fascia costiera, di ampiezza variabile fino ad un'altitudine di circa 250 m s.l.m., ove è presente in maniera discontinua nei tratti compresi fra Montemarcello e Sestri Levante, sul Promontorio di Portofino e fra Arenzano ed Albenga; maggiore estensione mostra il bioclina submediterraneo, che dal mare può salire fino a circa 500 m s.l.m. e spingersi abbastanza all'interno.

In linea generale, la vegetazione del settore costiero presenta principalmente fitocenosi appartenenti alla classe *Quercetea ilicis*, spesso in contatto catenale con formazioni più mesofile delle classi *Quercus-Fageteta* e *Rhamno-Prunetea*, che colonizzano i versanti prevalentemente a esposizione Nord e i fondovalle più freschi e umidi.

Per quanto riguarda le formazioni termofile della classe *Quercetea ilicis*, si riscontrano boschi di leccio (*Viburno tini-Quercetum ilicis*), a volte frammisto a caducifoglie (*Quercus pubescens*, *Ostrya carpinifolia* e *Fraxinus ornus*) o pinete a *Pinus halepensis* o *Pinus pinaster* (derivate da impianto o più o meno spontaneizzate), spesso rade e con sottobosco caratterizzato da essenze arbustive che formano una densa macchia alta. Le formazioni arbustive, in contatto seriale con i boschi suddetti, appartengono all'ordine *Pistacio-Rhamnetalia alterni*. In particolare, su calcari e calcari marnosi delle zone più calde e aride (soprattutto della Liguria occidentale) è presente una formazione a *Rhamnus alaternus* e *Pistacia lentiscus* (*Pistacio lentisci-Rhamnetum alterni*). I substrati acidi o, eventualmente, anche i calcari, ma con suoli profondi ed acidificati delle zone a piovosità più elevata (soprattutto della Liguria orientale), sono colonizzati da una fitta macchia ad *Erica arborea* ed *Arbutus unedo* (*Erico-Arbutetum*), in contatto seriale con garighe a *Cistus salvifolius*, *C. monspeliensis*, *Lavandula stoechas* e/o *Calluna vulgaris* o, sui substrati ofiolitici, con garighe ad *Euphorbia spinosa* subs. *ligustica*, *Thymus vulgaris*, *Genista desoleana*.

#### *Serie di vegetazione: fascia costiera ligure*

Vengono di seguito presentati due esempi di serie di vegetazione riferiti a due zone costiere (le più interessate dagli incendi boschivi): il Golfo della Spezia e il Promontorio di Portofino.

Il Golfo della Spezia appartiene alla variante submediterranea del macrobioclina temperato, ma i settori costieri presentano condizioni climatiche, determinate dalle caratteristiche stagionali ed edafiche, tali da ospitare formazioni francamente mediterranee, di notevole pregio naturalistico, appartenenti al *Viburno tini-Querceto ilicis* sigmetum e alla serie edafoxerofila del *Junipero oxycedri-Pineto halepensis* sigmetum (Figure 8.45 e 8.46).

Nel dettaglio, le falesie costiere, al di sopra della zona influenzata direttamente dal mare, presen-



tano elementi dell'*Oleo-Ceratonion* (*Rhamno alterni-Euphorbietum dendroidis* e *Junipero oxycedri-Pinetum halepensis*). Sulla parte sommitale della falesia, con pendenze minori, e su terrazzi un tempo coltivati, è presente la serie del *Viburno tini-Querceto ilicis*, rappresentata dagli ampelodesmeti (*Coronillo valentinae-Ampelodesmetum mauritanicae*) (Figura 8.47), che formano mosaici di vegetazione con cistei, garighe, macchie, arbusteti e il bosco di leccio.

Tutto il golfo della Spezia è ciclicamente interessato da incendi e, fra tutte, le formazioni a *Pinus halepensis* sono sicuramente quelle più fortemente combustibili.

Le pinete bruciate, così come gli spazi esterni alle pinete d'impianto, vengono rapidamente colonizzate dal pino, che si mescola con specie arbustive edificatrici quali *Rhamnus alaternus*, *Pistacia lentiscus* e *Juniperus oxycedrus*, costituendo una macchia eliofila con struttura praticamente naturale (Figura 8.48).

Il passaggio frequente degli incendi è testimoniato dalla presenza di un mosaico delle formazioni di macchia, gariga e degli ampelodesmeti (non solo differenti fra loro, ma anche formazioni appartenenti alla stessa associazione, appaiono diverse per età, grado di maturazione, struttura, ecc.). Un discorso un po' più approfondito meritano le formazioni ad *Ampelodesmos mauritanicus*, emicriptofita cespitosa, eliofila, termofila, indifferente al substrato, legata a terreni poveri di humus, superficiali o di media profondità, purché a granulometria piuttosto grossolana e ben areati. Si tratta di una specie stenomediterranea-occidentale, che presenta in Liguria il limite settentrionale del proprio areale di distribuzione. Queste cenosi rappresentano uno stadio di degradazione della lecceta e della macchia, per incendio. *Ampelodesmos mauritanicus*, a sua volta migliora le condizioni edafiche e favorisce l'evoluzione naturale della vegetazione, anche con il contributo di specie arbustive preesistenti o che riescono a sopravvivere al fuoco.

Il Promontorio di Portofino si protende nel Mar Ligure, nella Riviera di Levante, per una superficie di circa 1500 ha, di forma più o meno quadrangolare, interamente montuosa (altitudine massima 610 m).

Dal punto di vista bioclimatico, tutto il Promontorio appartiene alla variante submediterranea del macrobioclima temperato, ma analogamente a quanto detto per il Golfo della Spezia, il versante marittimo meridionale presenta condizioni climatiche maggiormente termofile e aride, tali da ospitare formazioni termo- e mesomediterranee del *Viburno tini-Querceto ilicis sigmetum*. Questi aspetti scompaiono nelle zone a impluvio dove sono presenti formazioni a *Quercus ilex* con elementi della classe *Querco-Fagetea*, e sui versanti settentrionali che presentano boschi misti a caducifoglie e castagneti mesofili. (Figura 8.49).

Gli incendi si sviluppano quasi esclusivamente sul versante meridionale del promontorio, interessando prevalentemente le pinete a *Pinus pinaster* o a *Pinus halepensis*, quest'ultime limitate alle quote altitudinali più basse e a stazioni prossime al mare, che negli anni sono state profondamente alterate dal passaggio del fuoco, che spesso si ripete a intervalli temporali relativamente brevi, portando in molti casi a una completa distruzione della pineta stessa a favore di formazioni arbustive dell'associazione *Erico-Arbutetum*. Le leccete, decisamente meno infiammabili, hanno un'estensione relativamente limitata sul Promontorio, principalmente per cause antropiche (taglio e incendio) e per cause naturali, quali la forte inclinazione dei pendii, l'esposizione ai venti (soprattutto di libeccio), spesso carichi di salsedine. Decisamente più estese sono le formazioni in contatto seriale con le leccete, e/o le macchie dell'associazione *Erico-Arbutetum*, le garighe a cisti, le formazioni ad *Ampelodesmos mauritanicus*, la cui struttura, composizione floristica, evoluzione ed estensione è direttamente collegata all'azione del fuoco ed alla periodicità degli incendi.

Analisi fitosociologiche eseguite prima e dopo il passaggio del fuoco in diverse fitocenosi (gariga, macchia, lecceta, sughereta, pineta a *Pinus halepensis* e pineta a *Pinus pinaster*), hanno permesso di capire gli effetti degli incendi sulla composizione floristica e sulla struttura dei diversi tipi di formazione e di stimare il loro grado d'infiammabilità.

Dal punto di vista del *corteggio floristico* delle diverse cenosi, si è appurato che maggiori mutamenti si hanno principalmente nelle formazioni forestali (soprattutto le pinete), dove si registra un

aumento non tanto del numero di specie quanto dei valori di abbondanza-dominanza delle specie appartenenti alle classi *Cisto-Lavanduletea* e *Rosmarinetea*. Si registra, inoltre, un aumento delle specie annuali, delle specie ruderali, destinate comunque rapidamente a scomparire non appena la vegetazione evolve verso formazioni più chiuse (macchia o bosco). In generale le variazioni minori, sia in termini di numero che di tipo di specie, si registrano nelle formazioni di macchia e di gariga, che anche quando fortemente danneggiate dagli incendi, grazie alla buona capacità rigenerativa delle specie che le compongono, ricostituiscono l'originaria struttura in periodi abbastanza brevi (cinque o sei anni); inoltre, la struttura stessa di queste cenosi si modifica relativamente poco con il passaggio degli incendi, lasciando più o meno inalterate le condizioni ecologiche (soprattutto di luce) che determinano un mantenimento quasi inalterato della composizione floristica.

Per quanto riguarda gli effetti dell'incendio sulla *struttura* delle varie fitocenosi e relativo grado di infiammabilità, si registrano comportamenti differenti a seconda del tipo di vegetazione interessata dall'incendio.

In sintesi, la *pineta rada con un fitto strato arbustivo* (Figura 8.50a) rappresenta la formazione maggiormente infiammabile. I pini sono altamente combustibili e il fuoco radente, interessando gli arbusti, si propaga facilmente anche alle chiome degli alberi. Generalmente si ha una quasi totale distruzione dei pini, gli arbusti ricacciano rapidamente andando a formare prima una gariga e poi una macchia densa e chiusa.

La *pineta rada con modesti strati arbustivo ed erbaceo* (Figura 8.50b) viene danneggiata solo parzialmente dall'incendio, in quanto il fuoco passa in genere velocemente distruggendo solo erbe ed arbusti, che si rigenerano rapidamente; quindi in tempi brevi si ritorna ad una formazione analoga a quella precedente l'incendio.

La *macchia a Erica arborea e Arbutus unedo* (Figura 8.50c) viene completamente distrutta dal fuoco, ma grazie alle già citate formidabili capacità rigenerative di queste specie si riforma rapidamente una cenosi chiusa, che dopo circa otto-dieci anni presenta, struttura, altezza, composizione floristica del tutto analoga a quella iniziale.

Il *bosco di sclerofille sempreverdi* (Figura 8.50d) è la formazione meno incendiabile e danneggiata dagli effetti del fuoco. L'incendio danneggia soprattutto il sottobosco (arbusti ed erbe, che rapidamente ricolonizzano la cenosi) e colpisce in minor misura gli alberi. In un tempo medio di cinque anni la vegetazione ritorna a valori di copertura pari a quelli iniziali. Senza contare che più il bosco è fitto, meno l'incendio sarà devastante: il fuoco "di superficie" interesserà le poche specie erbacee presenti e la lettiera, esaurendosi rapidamente.

Il *bosco di sclerofille sempreverdi con pini* (Figura 8.49e) è maggiormente combustibile rispetto alla formazione precedente, perché l'incendiabilità delle resinose propaga l'incendio anche alle chiome delle latifoglie, rendendo più lento il recupero della vegetazione.

### *Proposte gestionali*

Nei paragrafi precedenti è stato messo in luce come soprattutto la frequenza degli incendi influisca direttamente sul tipo di fitocenosi presenti nel territorio e sul loro recupero.

Dove le condizioni lo permettano, bisognerebbe favorire il ritorno del bosco di leccio, che rappresenta la cenosi meno combustibile, soprattutto attraverso le tappe dinamiche naturali, quali gli arbusteti dell'*Erico-Arbutetum*. Questi ultimi sono composti, per lo più, da specie che facilmente ricacciano dopo l'incendio e rapidamente ricostituiscono la formazione di macchia preesistente, fornendo un'efficace protezione del suolo e ostacolando l'innescamento di fenomeni di dissesto idrogeologico.

Le pinete, altamente combustibili, andrebbero diradate, mantenendo solo gli esemplari migliori e non affetti da fitopatie. Soprattutto nella Liguria centro-occidentale le pinete sono ormai quasi completamente distrutte, non solo dagli incendi, ma soprattutto dalla cocciniglia (*Matsucoccus feytaudi*) e da altri parassiti. Sempre a proposito delle pinete, quando un incendio interessa tali formazioni, occorrerebbe provvedere all'eliminazione degli esemplari bruciati, al diradamento dei pini

contigui non bruciati, alla potatura dei rami bassi dei pini (per ridurre il rischio che incendi di radenti si trasformino in incendi di chioma), alla ripulitura del terreno dagli aghi di pino essiccati, dai residui di rovi e vitalbe (che potrebbero diventare infestanti), all'eventuale piantumazione di arbusti, quali il corbezzolo e l'erica. Inoltre, qualora l'area incendiata non presenti arbusti con capacità pollonifere e quindi venga massicciamente colonizzata dai pini, che si sviluppano dagli abbondanti semi liberati dalle pigne aperte dal calore, la cenosi quasi monospecifica a pino che si viene a formare andrebbe inizialmente preservata, perché comunque offre protezione e stabilità ai versanti, e solo successivamente diradata a favore degli esemplari migliori ed equamente distanziati.

I pendii acclivi della fascia ligure costiera (come ad esempio quelli del genovesato) presentano cenosi erbacee, spesso discontinue, la cui evoluzione verso formazioni strutturalmente più complesse appare bloccata dalla periodicità degli incendi e dalla forte pendenza dei versanti, spesso soggetti a forte dilavamento e al rischio dell'innescio di fenomeni franosi. Sarebbe opportuno, in questi casi, favorire la costituzione di formazioni erbacee continue, anche mediante la messa a dimora di specie, quali *Brachypodium rupestre* e *Brachypodium ramosum*, decisamente meno vulnerabili al fuoco e in grado di fornire adeguata protezione al suolo e stabilità allo stesso anche mediante il loro robusto apparato radicale.

#### **8.6.4. Vegetazione mediterranea: Sicilia, Sardegna, Calabria**

*S. Cullotta, S. Pasta*

Secondo la carta bioclimatica d'Italia e le fonti bibliografiche regionali, la Sicilia, in confronto alla Sardegna e alla Calabria, mostra la più elevata eterogeneità in termini di numero di tipologie bioclimatiche (Tabella 8.4). La parte centro-meridionale dell'isola risulta più omogenea, essendo caratterizzata quasi esclusivamente da zone termomediterranee secche/subumide e in misura minore da zone mesomediterranee secche/subumide.

Viceversa, la parte centro-settentrionale e nord-orientale, che si identifica con le aree montuose dell'Isola, mostra un grado di differenziazione marcatamente più elevato.

In termini di superficie, l'ambito bioclimatico principale è quello termomediterraneo secco/subumido e, secondariamente, il mesomediterraneo secco/subumido. Il primo interessa tutte le aree costiere e le zone di pianura e collinari, spingendosi talvolta anche molto all'interno, soprattutto nelle aree vallive; il secondo tipo si localizza nei bassi rilievi interni, fino a quote di 600-800 metri s.l.m.

I lembi di vegetazione boschiva si sviluppano quasi esclusivamente nella porzione nord-orientale dell'isola, che coincide coi rilievi montuosi dei Peloritani, dei Nebrodi e delle Madonie. Queste aree, considerate il prolungamento siculo della catena appenninica meridionale, assieme al rilievo vulcanico dell'Etna, contengono infatti più dell'80% delle formazioni vegetali naturali della Sicilia. Le tipologie forestali più diffuse sono da ricondurre alle macchie mediterranee, tipiche degli ambienti bioclimatici termo- e mesomediterraneo secco/subumido, ai querceti caducifogli e sempreverdi, diffusi per lo più nel bioclimate mesomediterraneo, alle cerrete e fagete dei contesti mesomediterraneo umido/iperumido e supramediterraneo umido/subumido (Tabella 8.5). Fin da epoche remote, le aree pianeggianti e collinari, costiere e subcostiere dell'isola sono state sede di insediamenti e di un'intensa attività antropica, per cui oggi tali contesti territoriali ospitano solo rari frammenti di vegetazione naturale e seminaturale.

Differente è la situazione bioclimatica che si riscontra in Sardegna, sia per diversificazione che per distribuzione bioclimatica. In virtù di una maggiore uniformità geomorfologica, essa ospita solo sei tipi bioclimatici (Tabella 8.4), due dei quali estremamente circoscritti, essendo relegati alle aree sommitali dei rilievi più alti della Sardegna centrale e settentrionale. La parte bioclimaticamente più variegata è quella orientale, in cui si riscontrano i bioclimi mesomediterraneo umido/iperumido e umido/subumido e termomediterraneo secco/subumido, mentre quella occidentale risulta

caratterizzata soprattutto dal mesomediterraneo secco/subumido e dal termomediterraneo secco/subumido, quest'ultimo relegato alle aree costiere e di pianura.

Rispetto alla Sicilia, la Sardegna mostra una minore estensione dell'ambito termomediterraneo, mentre l'ambito mesomediterraneo secco/subumido presenta una maggiore estensione. Le tipologie di vegetazione prevalenti sono le macchie mediterranee acidofile, i querceti sempreverdi, le sugherete ed i querceti caducifogli (Tabella 8.5).

La notevole montuosità della Calabria influisce fortemente sulle caratteristiche climatiche della regione: tra le tre regioni in esame essa infatti è quella che mostra il maggiore sviluppo degli ambienti mesici (Tabella 8.4). Le aree a bioclimate termomediterraneo sono, invece, circoscritte alle zone costiere del versante ionico e alla Piana di Lamezia Terme (su quello tirrenico), addentrandosi in parte verso l'interno nell'area della Piana di Sibari ed in altre aree del Crotonese. Il resto della regione è caratterizzato da bioclimi molto più freschi e, generalmente, molto piovosi. In particolare, nelle zone di collina o di bassa montagna predomina la fascia bioclimatica mesomediterranea subumida, caratterizzata da boschi di querce caducifoglie e da querceti misti sempreverdi, e la fascia bioclimatica supratemperata iperumida, in cui ricadono la quasi totalità delle faggete, abietti-faggete e pinete a pino laricio. Di esigua estensione altitudinale risultano le fasce mesomediterranee umida/iperumida e umida/subumida, interposte tra gli ambiti suddetti, ben più estesi.

La vegetazione naturale copre una considerevole superficie: le formazioni forestali prevalenti sono da ricondurre alle tipologie di querceti caducifogli e sempreverdi, alle faggete, agli abietti-faggeti ed alle pinete a pino laricio, diffuse nella fascia montana di tutti i maggiori rilievi della regione (Tabella 8.5).

#### *Dinamica della vegetazione in relazione all'impatto degli incendi in Sicilia*

Di seguito viene proposto un modello delle correlazioni tra il fenomeno degli incendi e le serie di vegetazione in Sicilia. In ragione della sua maggiore complessità geografica, bioclimatica e storica, quest'isola è stata scelta come caso di studio che esemplifichi la realtà delle isole maggiori e della Calabria.

In una regione come la Sicilia, in cui d'estate persino la vegetazione ripariale dei fiumi o le faggete di alta quota vengono colpite sempre più spesso da una miriade di incendi colposi e dolosi, appare urgente colmare la grave lacuna di conoscenze circa le conseguenze del fuoco sulla dinamica della vegetazione forestale e preforestale.

Quanto di seguito riportato trae spunto da numerose osservazioni sperimentali e da una lettura critica della bibliografia geobotanica siciliana. Quest'ultima, sebbene sia ormai piuttosto vasta, appare gravemente carente di studi mirati a stabilire i nessi dinamici ed ecologici tra i diversi stadi seriali della vegetazione e il fattore-fuoco. Non esiste in particolare alcun lavoro che tenti di definire il peso di questa forma di disturbo sul paesaggio naturale, né tantomeno di distinguere tra l'effetto della sua intensità e quello della sua frequenza.

Accanto a evidenti differenze locali, dovute per lo più a fattori storici, edafici e mesoclimatici, la dinamica della vegetazione seriale segue per lo più lo stesso *iter* su tutto il territorio insulare. Come è lecito aspettarsi, le maggiori differenze si notano negli stadi seriali iniziali, dove il condizionamento edafico e stazionale è inevitabilmente più forte. Col progredire della successione e la formazione di comunità vegetazionali sempre più mature, chiuse e complesse, i consorzi stessi si "affrancano" dai fattori limitanti, assomigliandosi sempre di più e tendendo verso poche *tappe mature* legate sostanzialmente ai fattori climatico e litomorfologico.

Per facilitare un'immediata individuazione delle principali categorie tipologiche forestali e preforestali presenti in Sicilia, in Tabella 8.6 viene presentata la loro distribuzione per ambiti bioclimatici e fasce altitudinali. I colori riportati in tabella individuano tre grandi gruppi tipologici: boschi naturali (verde), formazioni arboree seminaturali (turchese), aspetti di macchia e arbusteto (rosso); con il termine *macchia mediterranea* si indicano tutte le formazioni caratterizzate fisionomicamente da specie legnose tipiche degli ambienti caldo-aridi, di carattere primario e a determi-

simo edafo-climatico o di natura secondaria e derivanti da azioni di disturbo di varia natura.

#### *Piano inframediterraneo*

Gli aspetti di vegetazione preforestale presenti in questo contesto climatico vanno riferiti all'alleanza *Periplocion angustifoliae* diffusa, fra l'altro, in diverse aree del sud del Mediterraneo. Il principale fattore limitante, che determina la fisionomia di queste formazioni, è il prolungato periodo siccitoso, che inizia già nel primo mese primaverile (metà aprile) e dura 5,5-6 mesi. Nel territorio siciliano queste condizioni si verificano alle Pelagie e nelle porzioni costiere più basse e calde di Pantelleria.

Per disturbo da incendio le formazioni del *Periplocion* tendono verso aspetti di gariga riferibili al *Cisto-Ericion*. Un'ulteriore recrudescenza dei processi erosivi porta dapprima a formazioni di prateria xerica perenne (*Hyparrhenion hirtae* e *Bromo-Oryzopsis miliceae*).

- *Serie della macchia basifila del piano inframediterraneo* (Figura 8.51). Ancora a metà del XIX secolo l'isola di Lampedusa era coperta da una fitta macchia termoxerofila, riferibile al *Periploco angustifoliae-Euphorbietum dendroidis* e al *Periploco angustifoliae-Juniperetum turbinatae* nei microclimi più freschi. Appare difficile stabilire quanto la scomparsa della macchia primaria sia effetto degli incendi e quanto sia dovuta invece alle concomitanti azioni di disturbo (taglio, dissodamento, sovrappascolo). Testimonianze storiche illustrano come il passaggio all'attuale paesaggio naturale, aperto e degradato, sia stato quasi fulmineo (30-40 anni!). In pratica la regressione della vegetazione ha proceduto "per salti": gli aspetti di vegetazione preforestale sono stati letteralmente eliminati (è il caso della pineta a *P. halepensis*, *Thymo capitati-Pinetum halepensis*) o risultano sporadici e gravemente alterati sotto il profilo floristico-strutturale, come nel caso della gariga a *Thymus* (*Thymo capitati-Cistetum parviflori*). Per effetto del sovrappascolo, o di frequenti incendi, la gariga dà origine a formazioni degradate a *Thymus capitatus*.

#### *Piano termomediterraneo*

I consorzi che si sviluppano in questo piano sono i più esposti agli incendi. Questo piano merita dunque una trattazione particolarmente dettagliata: allo scopo, in linea con quanto proposto da BRULLO e collaboratori, è stato suddiviso in due subunità climatiche: termomediterraneo inferiore e superiore.

Il piano termomediterraneo inferiore corrisponde al tratto costiero dell'intera Sicilia compreso tra 50 e 400(600) **m s.l.m.**, con precipitazioni annue di circa 400-600 mm e un periodo arido di circa 4,5-5 mesi (da maggio a settembre). È presente in modo discontinuo nel tratto costiero nord-orientale tra Cefalù e Messina. Fanno parte di questo ambito anche la parte bassa delle Egadi e delle Eolie, nonché il basso bacino idrografico del Simeto e la porzione meridionale e nord-orientale dei bassi Iblei.

Il paesaggio vegetale è dominato dalle formazioni di macchia rada dei *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alatarni*. Nei contesti più caldi si osservano tuttavia aspetti riferibili al *Periplocion angustifoliae*: è il caso delle Egadi, dove sussistono lembi del *Periploco angustifoliae-Euphorbietum dendroidis*, o della parte costiera della Sicilia sud-orientale, dove si osserva il *Calicotomo infestae-Rhoetum tripartitae*.

All'alleanza *Juniperion turbinatae* vanno invece riferiti le tappe mature costiere (*Ephedro fragili-Juniperetum macrocarpae*, *Junipero turbinatae-Quercetum cocciferae*, *Juniperetum macrocarpae-turbinatae* e *Asparago acutifolii-Zizyphetum loti*).

Per il resto, il paesaggio vegetale del piano termomediterraneo inferiore è caratterizzato da consorzi dell'*Oleo-Ceratonion siliquae* (macchia e pinete termofile). La diffusione di queste e altre formazioni dell'*Oleo-Ceratonion* appare fortemente condizionata dal fuoco: senza il suo periodico passaggio esse verrebbero sostituite da aspetti più chiusi di macchia-foresta (*Quercion ilicis* e *Erico-Quercion ilicis*); è questo il caso del *Chamaeropo humili-Sarcopoterietum spinosi* e del *Pistacio lentisci-Pinetum halepensis* nell'area iblea, dell'*Erico arboreae-Pinetum halepensis* alle Eolie, del *Pistacio lentisci-Chamaeropotum*

*humilis* nell'area costiera del Trapanese e del Palermitano, ecc.

Il piano termomediterraneo superiore coincide col tratto costiero Cefalù-Messina e con la fascia collinare della Sicilia meridionale. Si rinviene tra 300 e 600(800) m s.l.m. nel Trapanese, nell'Agrigentino, nel Nisseno e nell'area iblea, ed è presente anche in ristrette aree del medio tratto del bacino idrografico del Simeto e della zona collinare tra Palermo e Termini Imerese, con alcune penetrazioni nell'area submontana dell'Etna (versante sud-orientale), degli Iblei e delle Madonie. Vi prevalgono i consorzi termofili del *Quercion ilicis* (*Oleo sylvestri-Quercetum virgiliana*, *Pistacio lentisci-Quercetum ilicis*, ecc.) sui substrati basici e dell'*Erico-Quercion ilicis* (*Erico arborea-Quercetum ilicis*, *Erico arborea-Quercetum virgiliana*, *Stipo bromoidis-Quercetum suberis*, *Genisto aristatae-Quercetum suberis*, ecc.) su quelli acidi.

Il piano termomediterraneo è anche l'area in cui si è da sempre concentrata l'arboricoltura da frutto e che è oggi maggiormente interessata dall'attività di rimboschimento. Attività che favorisce la diffusione del Pino d'Aleppo; (unica tra le essenze forestali utilizzate negli ultimi decenni nei rimboschimenti siciliani) che riesce a sfruttare al meglio le condizioni generate dagli incendi, e già da tempo ha iniziato a perpetuarsi e a conquistare spazi anche al di fuori degli impianti.

In seguito a ripetuti incendi, i consorzi del piano termomediterraneo, indipendentemente dall'alleanza d'appartenenza tendono via via verso formazioni di gariga (*Cisto-Ericion multiflorae*), e verso prati-pascoli (*Hyparrhenietalia hirtae*, *Hyparrhenion hirtae*). Buona parte delle comunità aperte del piano termomediterraneo vanno riferite alla grande categoria *macchie e garighe degli ambienti mesici e/o caldo-aridi*, mentre gli aspetti di macchia-foresta corrispondono alle categorie: *querceti caducifogli puri e misti a roverella, leccete, sugherete*.

L'ambito bioclimatico "termomediterraneo superiore" è fortemente interessato dagli incendi, quasi esclusivamente concentrati nel periodo estivo.

Dall'osservazione della carta del rischio d'incendio si evince come la morfologia del suolo giochi un ruolo discriminante sull'entità, la frequenza e le modalità di propagazione degli incendi. Laddove il rilievo è poco acclive e le superfici sono interessate dalle pratiche agrarie (coltivazioni annuali, frutteti, colture promiscue), il rischio è fortemente ridotto rispetto alle aree termomediterranee più accidentate e sempre più spesso avulse da qualsiasi attività gestionale, su cui invece si concentra il maggior numero di incendi.

Per evidenziare le differenze e le similitudini tra la serie basifila e quella acidofila, sono stati scelti cinque casi di studio in cui diverse formazioni forestali e preforestali del piano termomediterraneo inferiore e superiore appaiono geograficamente contigue e dinamicamente connesse. Si tratta di tipologie alquanto diffuse sul territorio siciliano, per le quali si dispone di abbondanti dati.

- *Serie della macchia basifila del piano termomediterraneo* (Figura 8.52). L'*Oleo sylvestri-Euphorbietum dendroidis* è una formazione basifila discontinua a oleastro ed euforbia arborescente si sviluppa in stazioni costiere o sulle colline prossime al mare, per lo più esposte a Sud, tra 50 e 500(700) m s.l.m. È diffusa in ambiti rupestri e semirupestri, e si ritrova nella parte bassa dei Monti di Palermo e di Trapani, dei Nebrodi, dei Peloritani, degli Iblei, dell'Etna e di alcune isole minori (Ustica, Eolie ed Egadi), nonché sulle colline e le coste dell'Agrigentino. Essa rappresenta uno stadio durevole di degradazione di formazioni termofile dei *Quercetalia ilicis*. Per ulteriore disturbo da incendio si hanno consorzi di prateria perenne (all. *Hyparrhenion hirtae*, *Oryzopsis miliaceae* e *Avenulo-Ampelodesmion mauritanici*), la cui evoluzione richiede tempi molto lunghi. In aree contigue, ricadenti nel piano termomediterraneo superiore, l'*Oleo sylvestri-Euphorbietum dendroidis* cede il passo all'*Oleo sylvestri-Quercetum virgiliana*, bosco basifilo durevole dominato da querce termofile decidue (*Quercus virgiliana* e *Q. amplifolia*). Per effetto degli incendi cui è frequentemente soggetto dà origine a garighe riferibili al *Cisto-Ericion*.

- *Serie della macchia acidofila del piano termomediterraneo* (Figura 8.53). L'*Erico arborea-Pinetum halepensis* è una pineta acidofila ricca di componenti del *Cisto-Ericion* e dell'*Helianthemion guttati*. Con la loro intensa e continua attività vulcanica, le Eolie devono essere stato teatro di incen-

di naturali piuttosto frequenti. Sino a tempi recenti dunque questa pineta doveva essere piuttosto comune sulle isole, mentre oggi se ne rinvengono esigui lembi solo a Salina. Alle quote superiori, in corrispondenza del piano termomediterraneo superiore, l'*Erico arboreae-Pinetum halepensis* è vicariato dall'*Erico arboreae-Quercetum ilicis*, fitta lecceta acidofila ricca di specie differenziali dei *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*.

- *Serie della sughereta mesoxerofila del piano termomediterraneo* (Figura 8.54). Il *Genisto aristatae-Quercetum suberis* è una formazione rada che ha il suo optimum tra (400)600 e 700(850) **m s.l.m.** Frequentemente percorso dal fuoco e fortemente degradato dal pascolo intenso, il sottobosco è costituito da densi fruticeti a ginestre e cisti riferibili al *Cisto-Ericion multiflorae*. Dove si innesca una successione secondaria si osserva lo sviluppo di ampelodesmeti (*Avenulo-Ampelodesmion mauritanici*), cisteti e cespuglieti a *Calicotome infesta* (*Cisto-Ericion multiflorae*); questi stadi possono condurre nuovamente alla sughereta, che in genere rappresenta uno stadio durevole. In corrispondenza del piano termomediterraneo superiore, fanno il loro ingresso querce caducifoglie come *Quercus amplifolia* e *Q. congesta*, e il *Genisto aristatae-Quercetum suberis* cede il passo all'*Erico arboreae-Quercetum virgiliana*, diffuso in aree interessate da precipitazioni medie annue superiori a 800 mm. Per degradazione da incendio l'*Erico arboreae-Quercetum virgiliana* dà origine ad arbusteti riferibili al *Pruno-Rubion ulmifolii* e/o a cespuglieti a *Erica arborea* e *Arbutus unedo*, cisteti e arbusteti a genistee (*Cisto-Ericion multiflorae*).
- *Serie della sughereta termoxerofila del piano termomediterraneo* (Figura 8.55). Allo *Stipo bromoidis-Quercetum suberis* vanno riferite le sugherete termoxerofile tipiche dei terreni sciolti delle colline (250-500 m s.l.m.) della Sicilia sud-orientale (Caltagirone, Niscemi, Mazzarino, Mazzarrone, ecc.): esse ricadono in un'area le cui precipitazioni medie annue sono comprese tra 500 e 600 mm, le temperature medie annue di 15,5-16 °C e il periodo arido dura circa 5 mesi.
- *Serie della macchia termoxerofila subacidofila del piano termomediterraneo* (Figura 8.56). Il *Thymo capitati-Pinetum halepensis* è una pineta naturale presente qua e là nelle aree costiere dell'Italia meridionale, su suoli subacidi, poveri e con forte drenaggio. In Sicilia è nota per Vittoria, dove si sviluppa su terre rosse in condizioni di marcata aridità (precipitazioni medie annue di 400-500 mm). Questa formazione è in stretto contatto con le cenosi della serie psammofila litorale (*Juniperion macrocarpa*), e dovrebbe evolvere verso consorzi del *Quercion ilicis* o dell'*Oleo-Ceratonion* (questo processo può richiedere secoli, anche perché interrotto da frequenti incendi).

#### *Piano mesomediterraneo*

Comprende buona parte dei rilievi siciliani (M. di Trapani e di Palermo, di Trabia, Sicani, Madonie, Erei, Nebrodi, Iblei, versante ionico dei Peloritani e dell'Etna), il tratto superiore del bacino idrografico del Simeto, la porzione meridionale e nord-orientale della fascia collinare degli Iblei e la porzione sommitale delle Eolie; corrisponde alla porzione più fresca e ombrosa della fascia submontana (tra 400 e 800 m s.l.m.) e a buona parte della fascia montana, sino a 1.200-1.400 m s.l.m. Le precipitazioni medie annue sono molto variabili (500-1350 mm), mentre il periodo di aridità estiva dura 3-4 mesi. Questo piano è caratterizzato dai boschi mesofili del *Quercion ilicis* (*Doronico orientali-Quercetum ilicis*, *Ostryo carpinifoliae-Quercetum ilicis*, *Aceri campestris-Quercetum ilicis*, ecc.) e dell'*Erico-Quercion ilicis* (*Teucro siculi-Quercetum ilicis*, *Arabido turritae-Quercetum congestae*, *Quercetum gussoni*, ecc.).

Forse ancor più di quelle pertinenti al piano termomediterraneo, le tipologie di vegetazione presenti in questo ambito bioclimatico sono fortemente esposte al rischio di incendi. Si tratta di aree della fascia collinare e submontana, generalmente caratterizzate da aspetti di macchia secondaria, molto spesso fortemente degradati, arbusteti, garighe, praterie perenni, formazioni rupestri, che trovano nell'azione del fuoco il maggior ostacolo alla loro normale evoluzione dinamica. Gli even-

ti pirologici risultano quasi esclusivamente concentrati tra la fine della primavera e l'inizio dell'autunno.

Anche per il piano mesomediterraneo vengono descritte due serie: una per le formazioni basifile e una per quelle acidofile anche se le differenze tra le serie appaiono alquanto sfumate: i consorzi forestali che crescono su questi suoli, profondi e maturi, appaiono del tutto affrancati dal condizionamento del substrato.

- *Serie della lecceta mesofila basifila del piano mesomediterraneo* (Figura 8.57). Il *Doronico orientali-Quercetum ilicis* è una lecceta mesofila calcicola, tipica delle stazioni fresche ed ombreggiate degli Iblei orientali (Val d'Anapo, F. Cassibile, Palazzolo Acreide, Ferla, M.ti Climiti) e sporadica in Calabria: colonizza le pendici rocciose e il fondo dei valloni dei canyon, in un'area caratterizzata da precipitazioni di 700-1000 mm e temperature medie annue anche inferiori a 16°C. Questa formazione è distribuita tra (300) 400 e 700 m s.l.m. All'aumentare e del disturbo (taglio e incendio) al posto della lecceta si hanno formazioni termoxerofile dell'*Oleo-Ceratonion* (*Salvia trilobae-Phlomidetum fruticosae* e *Chamaeropo humili-Sarcopoterietum spinosi*) e, se perdura il disturbo da incendio, si assiste alla formazione delle praterie perenni.
- *Serie della lecceta mesofila acidofila del piano mesomediterraneo* (Figura 8.58). La lecceta acidofila del *Teucro siculi-Quercetum ilicis* mostra un range altitudinale piuttosto ampio, essendo presente tra (450)600 e 950 m s.l.m. (1.400 sull'Etna!). Si riscontra sia in ambienti relativamente umidi, con precipitazioni piovose annue pari a 1.200 mm, sia in ambienti più xerici di bassa e media montagna, caratterizzati da piogge ridotte (600-900 mm annui) e da un periodo secco di 3-4 mesi. Da tempo immemorabile questa tipologia di bosco è sottoposta a perturbazioni dovute al pascolo, alla ceduzione e ai frequenti incendi, per cui è spesso associata agli arbusteti del *Pruno-Rubion* e ai fruticeti del *Cisto-Ericion*, che possono deteriorarsi dando luogo ad aspetti riferibili all'*Avenulo-Ampelodesmion mauritanici* o al *Plantaginion cupanii* alle quote più elevate. Diffuso nella fascia climatica dei querceti mesofili decidui nei contesti più freschi è in contiguità catenale con cerrete e faggete del *Geranio-Fagion*.

#### *Piano supramediterraneo*

Questo piano si trova compreso tra 900-1000 e 1800-1900 **m s.l.m.** A eccezione dell'Etna, esso corrisponde dunque alle cime delle principali catene montuose della Sicilia: i relativi consorzi forestali si rinvergono sui Sicani, Madonie, Nebrodi, Peloritani, Iblei, mentre sulle più alte vette dei Monti di Palermo (Kumeta e Pizzuta) se ne osservano solo aspetti secondari molto impoveriti. In questo contesto paesaggio vegetale è caratterizzato da formazioni miste ricche di querce decidue mesofile, riferibili all'*Erico-Quercion ilicis* (es.: *Festuco heterophyllae-Quercetum congestae* e *Mespilo germanicae-Quercetum virgiliana*), al *Quercion ilicis* (*Sorbo torminali-Quercetum virgiliana*), o da formazioni dei *Quercio-Fagetea*, come le cerrete mesofile (*Pino-Quercion congestae*), i querceti mesofili (*Carpinion*) e i faggeti (*Doronico-Fagion sylvatica*) nonché dagli aggruppamenti pionieri etnei a *Populus tremula* e/o a *Betula aetnensis* e/o *Pinus nigra* subsp. *calabrica*.

Le precipitazioni medie annue del piano bioclimatico supramediterraneo sono in genere superiori a 1000 mm, mentre il periodo di aridità estiva dura 2-3 mesi. In questo contesto climatico non avrebbe dunque senso parlare di incendi. Gli unici casi plausibili di incendi naturali in quest'area sono connessi all'attività eruttiva dell'Etna. Purtroppo, invece, il fuoco sta diventando un fattore di disturbo sempre più ricorrente, e ha sempre una matrice colposa. Le specie che si sviluppa in quest'area non mostrano buone capacità di ripresa dopo gli incendi, ad eccezione del Faggio, che anzi sembra aver tratto vantaggio dal disturbo antropico già in epoche preistoriche e storiche.

- *Serie dei boschi mesoigrofilo a faggio, rovere ed agrifoglio del piano supramediterraneo delle Madonie* (Figura 8.59). Il bosco montano a rovere con denso sottobosco di agrifoglio (*Ilici aquifolii-Quercetum petraeae*) è localizzato sui substrati subacidi delle Madonie e sui Nebrodi a M. Soro a 1250-1350(1600) **m s.l.m.** In questo contesto bioclimatico non è il fuoco il principale fattore di degradazione, data comunque l'importanza biogeografica si è ritenuto opportuno segnalar-



ne la presenza. Il pascolo eccessivo, il taglio indiscriminato ed una fruizione turistica che, soprattutto in alcune aree delle alte Madonie, causa impatti davvero gravi, concorrono alla degradazione di alcuni tra gli esempi più pregiati delle tipologie forestali ivi presenti. La degradazione di questo consorzio porta alla costituzione di una macchia-foresta ad Agrifoglio o alle formazioni basso-arbustive del *Genistetum cupanii*.

- *Serie mesoxerofila della pineta mista a pino laricio con Q. congesta e betulla dell'Etna* (Figura 8.60). L'*Agropyro panormitani-Quercetum congestae* è una pineta a *Pinus laricio* subsp. *calabrica* mista a querce mesofile, legata a substrati vulcanici. Si sviluppa sul versante orientale e settentrionale dell'Etna, a quote comprese tra 1.000-1.500(1.800) m s.l.m., in stazioni caratterizzate da suoli profondi e ben umificati. In questo contesto il pino laricio mostra un'ottima rinnovazione, anche in risposta agli incendi naturali provocati dall'attività del vulcano, e costituisce formazioni alquanto uniformi sotto un profilo floristico-strutturale, accompagnandosi negli stadi prossimi alla tappa matura a *Q. congesta*, *Castanea sativa* e, talora, a *Fagus sylvatica*. Nelle radure e sui bordi di queste formazioni osserviamo aggruppamenti a *Genista aetnensis* e/o *Juniperus hemisphaerica*, che per degrado formano gli aspetti ancor più aperti riferiti all'*Astragaletum siculi*. L'intervento del fattore-fuoco sulla successione, contrariamente a quanto avviene negli ambienti più caldi ed aridi del piano meso- e termo-mediterraneo, non ha origini dolose, ma deriva di norma dalle colate laviche che, durante il deflusso dai diversi crateri etnei, incendiano la vegetazione che incontrano.

#### *Piano oromediterraneo*

Questo ambito climatico è presente in Sicilia solo sull'Etna tra (1.900)-2.100 e 2.300(2.450) m s.l.m. e in maniera puntiforme sulla parte cacuminale delle Madonie (1.700-1990 m s.l.m.). Le severe condizioni climatiche locali (forte ventosità, prolungato periodo di copertura nevosa e temperature gelide per buona parte dell'anno) rendono difficoltosa la sopravvivenza delle piante superiori: infatti, sebbene le precipitazioni piovose siano comprese tra 1.200 e 1.400 mm, la temperatura è inferiore ai 4 °C per circa 7 mesi all'anno e la neve inizia a sciogliersi solo in aprile. Le formazioni basse e discontinue riferite alla classe *Rumici-Astragaletea siculi* costituiscono gli aspetti maturi zonali altomontani, formando una cintura più o meno continua sulle maggiori vette dell'isola. Anche di grande interesse floristica, vegetazionale e biogeografico non viene illustrato in dettaglio in quanto praticamente non interessato da incendi se non sporadici e naturali sull'Etna.

#### *Incendi boschivi in Sicilia: fattori scatenanti e possibilità di prevenzione e intervento*

Buona parte degli incendi che avvengono sul territorio regionale si concentrano nei piani bioclimatici infra-, termo- e meso-mediterraneo, cioè dove maggiore è la concentrazione degli interessi e delle attività umane; molto più ridotti in termini di numero e di superficie risultano gli incendi ai danni dei piani bioclimatici superiori. L'estremo grado di antropizzazione che caratterizza la Sicilia è dunque strettamente connesso con l'elevato rischio di incendi cui è soggetto pressoché tutto il territorio insulare. Per la loro quasi totalità, gli eventi incendiari sono di natura dolosa e si verificano soprattutto in contesti in cui il disagio sociale è molto accentuato.

Gli incendi, infatti, dipendono spesso da fatti vandalici e/o speculativi, ma molte altre volte sono legati a pratiche tradizionali di utilizzazione del suolo: sempre più spesso, infatti, colpiscono aree preforestali dove l'abbandono dell'attività agricola ha consentito una lenta ripresa della vegetazione arbustiva. In queste aree, adibite prevalentemente al pascolo, gli incendi sono spesso appiccati con lo scopo di distruggere tale vegetazione, che appare limitare l'attività pascoliva. In seguito all'abbandono colturale, avvenuto un pò dovunque sul territorio regionale, si è registrato un intensificarsi dell'attività pastorale e della connessa pratica dell'incendio. Il fuoco, sommandosi all'effetto diretto del sovrappascolo, ha accentuato la già marcata discontinuità ed eterogenetità floristico-strutturale dei lembi di vegetazione preforestale e forestale superstiti, favorendo la formazione di prateria xerica o di arbusteto, in cui spesso e volentieri hanno fatto il loro ingresso taxa subnitro-

fili e semiruderali, facilitati dalla frequenza e dall'intensità del disturbo stesso.

Altra ragione evidente della diffusione degli incendi, almeno in certe aree, è la pratica della bruciatura delle stoppie che, a dispetto dei vincoli imposti, viene applicata in tutte le aree cerealicole secondo logiche e tempi propri dei decenni passati.

Tuttavia, gli incendi si verificano con cadenza stagionale e rappresentano ormai un fatto strutturale, che purtroppo interessa sempre più anche le aree boscate. Ciò non può non fare riflettere sullo sforzo profuso dall'Azienda Foreste Demaniali della Regione Siciliana al fine di incrementare e di difendere le aree boscate: in Sicilia, infatti, l'attività forestale coinvolge oltre 20.000 operai forestali.

La suddivisione in aree bioclimatiche della Sicilia corrisponde solo parzialmente alle caratteristiche e alle ragioni della diffusione degli incendi nell'isola, che, come si è detto, sembra piuttosto rispondere ad altri fattori.

Il paesaggio naturale della Sicilia può essere suddiviso in aree piuttosto omogenee. Nell'area comprendente la parte occidentale dell'Isola, con la provincia di Trapani, buona parte del Palermitano e dell'Agrigentino, sono frequenti le pratiche già accennate della bruciatura delle stoppie e degli arbusteti. Le superfici boschive appaiono ridotte a causa della millenaria antropizzazione, mentre i lembi residui di vegetazione preforestale e forestale presentano un elevato valore biogeografico (si pensi agli aspetti di macchia a sughera e leccio del Trapanese, o alle formazioni di gariga a palma nana).

La parte meridionale della provincia di Palermo e buona parte della provincia di Agrigento mostrano condizioni differenti, essendo principalmente occupate dai rilievi montuosi dei Monti Sicani (Rocca Busambra, Monte Cammarata, Monte Delle Rose, ecc.). Queste aree sono caratterizzate dalla presenza di diverse riserve naturali, dove però manca un piano organico di tutela dell'intero comprensorio, che andrebbe invece messo in atto.

La Sicilia nord-orientale si caratterizza invece per la presenza di tre grossi parchi regionali (Madonie, Etna e Nebrodi), nei quali gli interventi di tutela appaiono più efficaci anche per la presenza del particolare regime di tutela cui sono soggette.

Diversa è la condizione delle aree collinari interne, in cui le superfici boscate sono quasi interamente costituite da boschi di eucalitto. Gli sporadici processi di rinaturalizzazione, in atto o comunque incentivati, sono il più delle volte annullati dagli incendi che si verificano con estrema frequenza.

Gli Iblei (Sicilia Sud-orientale) rappresentano una realtà a parte, per la presenza di estesi rimboschimenti di conifere e di pochi lembi di vegetazione naturale, anch'essi funestati dal frequente passaggio degli incendi.

A prescindere da alcune specificità prima accennate, bisognerebbe intervenire più efficacemente nelle tre fasi di prevenzione, spegnimento e ricostituzione. In particolare, andrebbe privilegiato il primo dei tre aspetti (vd. § 6): la prevenzione necessiterebbe di un'adeguata programmazione, e andrebbe realizzato un significativo snellimento delle relative procedure burocratiche. È noto infatti, che gli interventi di prevenzione, comprese la pulizia dei viali tagliafuoco (vd. § 6.3.2), iniziano a stagione avanzata; occorrerebbe pertanto una programmazione su base pluriennale e non annuale. Il sistema di avvistamento, oggi di fatto delegato alle torrette antincendio, andrebbe implementato promuovendo una campagna di sensibilizzazione contro gli incendi, come avviene in altre Regioni.

Gli interventi colturali nei boschi, inoltre, non possono essere ritardati o addirittura ignorati. Soprattutto nei soprassuoli di conifere occorrerebbe intervenire con i diradamenti e le spalcatore, oltre che, progressivamente, così come già evidenziato per l'Appennino centrale, con la rinaturalizzazione e sostituzione con latifoglie autoctone, notoriamente più resilienti (vd. § 6.4.2).

Queste indicazioni, così puntuali per la Sicilia, risultano un gran parte concretamente operative per

vaste aree della Calabria e della Sardegna.

## 9. INTERVENTI DI RECUPERO

L'art. 4, comma 2, della legge 353/2000 prevede di porre in essere specifici "interventi finalizzati alla mitigazione dei danni conseguenti" agli incendi boschivi (vd. § 5.1.1). In questa prospettiva, assume peculiare rilevanza l'attivazione di misure idonee a favorire le capacità intrinseche di recupero dell'ecosistema danneggiato (interventi di recupero ambientale; vd. § 8).

L'intensità del fronte di fiamma, il suo tempo di residenza, l'epoca dell'evento, lo stadio fenologico e le caratteristiche floristiche e strutturali della vegetazione determinano conseguenze molto diversificate sulle condizioni dei soprassuoli percorsi dal fuoco, con perturbazioni evidenti (e talvolta irreversibili nel breve-medio periodo) a carico di tutte le componenti dell'ecosistema, compreso il suolo. A parità di altre condizioni, gli interventi post-incendio vanno attuati in modo differenziato in funzione del tipo di danno, della gravità delle conseguenze e delle caratteristiche adattative delle specie arboree che costituiscono i soprassuoli, rispettandone le strategie rigenerative. Alla luce di quanto esposto nel § 8, risulta evidente come numerose specie arboree forestali, in particolare con areale mediterraneo, presentino molti caratteri favorevoli un'elevata resilienza intrinseca, e siano dunque potenzialmente in grado di garantire un'ottima capacità di recupero dopo il passaggio del fuoco nei soprassuoli da esse edificati. Tuttavia, secondo LEONE (1995), le modalità di ricostituzione boschiva post-incendio praticate in ossequio alle consuetudini e alla normativa amministrativa spesso non tengono conto di ciò, e così spesso non risultano le più idonee ad agevolare la naturale tendenza sindinamica della vegetazione a ritornare allo stadio di pre-disturbo attraverso un processo di cosiddetta autosuccessione (vd. § 8.4). Gli interventi di ricostituzione vanno invece calibrati alla luce delle acquisizioni su modi, tempi e strategie di recupero che le biocenosi forestali adottano per superare l'alterazione di equilibrio connessa al passaggio del fuoco, e in tal senso vanno orientati a favorire i meccanismi naturali che permettono la rinnovazione dell'individuo e della popolazione dopo il passaggio del fuoco, tenendo pertanto sempre conto della serie di vegetazione autoctona.

## 9.1. Operazioni di bonifica

P. Corona

In linea di principio, i residui legnosi di un popolamento forestale percorso dal fuoco andrebbero rimossi immediatamente dato che rappresentano un accumulo di massa pericoloso, sia in quanto facilmente combustibile (almeno relativamente al *materiale morto minuto*), sia in quanto favorente la pullulazione di parassiti animali (ad esempio, scolitidi nei boschi di conifere) e fitopatie (ad esempio, marciumi radicali). In tale ottica, l'effettuazione dell'intervento di *bonifica* (abbattimento; allestimento, concentramento ed esbosco; abbruciamento; triturazione; spargimento della ramaglia di risulta) viene normalmente prescritta per l'autunno del medesimo anno o per la primavera successiva all'incendio.

Peraltro, un'immediata esecuzione delle operazioni di bonifica può assumere un ruolo negativo sulla rinnovazione. Varie esperienze indicano che la rinnovazione spesso trae beneficio dal taglio degli alberi morti procrastinato nel tempo: la persistenza di esemplari arborei morti o danneggiati in piedi nelle formazioni mediterranee di *Pinus halepensis* e *P. brutia*, nonché in quelle di *P. nigra* e *P. sylvestris* può agevolare la rinnovazione, soprattutto se viene evitata l'asportazione della frasca con gli strobili. Questo modo di operare aumenterebbe la capacità di rinnovazione tramite lo stock di semi conservato negli strobili, il quale si trova a esplicare la propria azione con gradualità nel tempo. Inoltre, su terreno privo di copertura le plantule germinate risulterebbero facilmente soggette a danneggiamenti per stress termico e/o idrico nell'estate successiva alla bonifica. Infine, una dilazione temporale delle operazioni selvicolturali di bonifica permetterebbe di valutare meglio le capacità di ricaccio delle latifoglie.

Non tutte le considerazioni sono comunque a favore di una dilazione temporale della bonifica. Infatti, la presenza di copertura arborea morta sembrerebbe favorire maggiormente, a lungo andare, lo sviluppo della vegetazione erbacea e arbustiva, risultando indirettamente sfavorevole alla rinnovazione arborea. Inoltre, la persistenza del soprassuolo danneggiato mal si concilia con l'opinione pubblica, che potrebbe equivocarla come un manifesto segno di abbandono e disinteresse da parte dei proprietari e delle autorità competenti, e potrebbe contribuire a ulteriori episodi di incendio (LEONE, 1995).

In sintesi, sembra di poter consigliare che, in linea generale e indicativa, gli interventi di bonifica siano attuati entro la fine del primo inverno successivo all'evento nel caso in cui la rinnovazione sia abbondante e uniformemente distribuita nello spazio, mentre conviene che siano generalmente posticipati almeno alla fine della seconda stagione vegetativa nel caso di basse densità e rinnovazione distribuita tendenzialmente a gruppi.

Teoricamente, dovrebbero essere rilasciati in piedi solamente gli alberi non significativamente danneggiati dal fuoco. In vari casi, però, si tende a rilasciare quante più portasemi possibile, anche parzialmente danneggiate, quali potenziali fonti attive di disseminazione. Ad esempio, nella bonifica di una vasta pineta di *Pinus pinea* presso Roma, interessata da un incendio di chioma di elevata intensità, sono stati rilasciati in piedi tutti gli alberi di pino con una superficie di chioma ancora verde anche solo uguale ad appena un terzo del totale, se sufficientemente equilibrata.

L'opportunità di recuperare con la bonifica eventuali prodotti commerciabili dipende dalla loro quantità, dal loro valore unitario e dal costo richiesto per la raccolta. Quando il valore dei prodotti recuperati non compensa tale costo, è ovviamente preferibile una bonifica generale senza selezionare materiale dal dubbio valore mercantile (SPINELLI e BALDINI, 1995).

### 9.1.1. Bonifica con recupero del materiale legnoso

In molti casi, i residui del popolamento percorso dal fuoco possono fornire una certa quantità di prodotti commerciabili: il recupero è in genere possibile se il terreno è facilmente accessibile e la concentrazione di materiale idoneo sufficientemente elevata.

Il taglio e l'allestimento del materiale bruciato avviene con motosega, con produttività del lavoro variabile in relazione sia alle dimensioni dei singoli fusti (da 4-8 m<sup>3</sup>/gg per operaio per fusti di conifere di dimensioni medie inferiori a 20 cm a oltre 15 m<sup>3</sup>/gg per operaio per fusti di dimensioni superiori a 40 cm) che alle specifiche condizioni operative. Molto raro, e in genere inadatto alle concrete condizioni operative dei boschi percorsi dal fuoco nel nostro paese, è l'impiego di *harvester* configurati per l'abbattimento e l'allestimento completamente meccanizzato, con produttività di lavoro molto alte (in condizioni ottimali fino a oltre 60-90 t/gg per macchina).

Il concentramento e l'esbosco vengono in genere operati a semistrascico mediante trattori gommati in versione forestale, di 50-80 kW di potenza e dotati di verricello portato sul sollevatore idraulico. L'impiego di questi mezzi deve attestarsi, per quanto possibile, su piste predefinite, preservando in particolare le aree a maggiore densità di rinnovazione naturale. Particolare attenzione va posta ai gruppi di rinnovazione intorno alle ceppaie delle piante madri, che rappresentano i nuclei che riedificheranno il nuovo soprassuolo: si tratta di semenzali probabilmente selezionati a germinare in condizioni di substrato differenti rispetto a quelli ubicati a distanza dalla ceppaia, cioè al di fuori dell'area di insidenza della chioma. In alcune situazioni (terreno pianeggiante e accessibile, ecc.), può essere preferibile che il trasporto fuori dal bosco avvenga tramite trattore gommato dotato di gru portata sul sollevatore idraulico per il carico del materiale direttamente dal letto di caduta sul rimorchio. A seconda delle condizioni ambientali e delle modalità operative, la produttività delle operazioni di concentramento ed esbosco (relativamente a fusti allestiti con trattore e 2 operai addetti) può orientativamente arrivare da 5 a 15 m<sup>3</sup>/gg in soprassuoli giovani fino a 20-40 m<sup>3</sup>/gg in soprassuoli con fusti di grandi dimensioni.

La ramaglia di risulta viene accumulata in zone idonee e bruciata, e quindi rapidamente mineralizzata. Alternativamente, e preferibilmente, può essere sminuzzata mediante apposite macchine (ad esempio, sminuzzatrici all'imposto, con motori di 110-140 kW di potenza, dotate di gru idraulica per l'alimentazione, con produttività di lavoro fino a 80-100 t/gg) e recuperata per la produzione di energia, oppure distribuita *in situ* arricchendo il terreno di sostanza organica e conservandone o migliorandone così le proprietà chimiche e fisiche.

### 9.1.2. Bonifica senza recupero del materiale legnoso

Nel caso in cui non sia economico provvedere al recupero del materiale legnoso, la bonifica può avvenire come descritto al § 9.1.1, omettendo però le operazioni di esbosco e provvedendo all'abbruciamento oppure, preferibilmente, sminuzzando il materiale direttamente *in situ*.

Ove possibile (fusti con diametro a petto d'uomo non superiore a 15 cm e pendenze inferiori al 30-40%), la tecnica più conveniente consiste nell'impiego di decespugliatori forestali di tipo pesante. Questo tipo di bonifica è adatta soprattutto a quelle situazioni in cui il bosco si rinnova per via agamica e/o si vogliono evitare disturbi al suolo e agli apparati radicali. Occorre impiegare decespugliatori ad asse orizzontale (produttività di lavoro pari a 0.5-1.5 ha/gg) che sopportino bene la pietrosità del terreno, perché altrimenti l'operatore è portato a tagliare troppo in alto: un taglio alto non solamente lascia troppo materiale sul suolo, ma produce anche una quantità di spuntoni appuntiti che finiscono per danneggiare gli pneumatici del trattore (SPINELLI e BALDINI, 1995).

### 9.1.3. Interventi posticipati

Motivi di opportunità culturale o finanziaria possono consigliare di ritardare le operazioni di boni-

fica del soprassuolo bruciato o addirittura impedirle per lungo tempo nel caso, non infrequente, di vincoli burocratico-amministrativi. In queste situazioni, se dopo qualche anno la rinnovazione naturale risulta ben affermata, l'eventuale prescrizione di un intervento di sgombero potrebbe causare più danni che benefici al nuovo soprassuolo. In questi casi, è preferibile un ulteriore rinvio dell'intervento nella speranza che i residui in lenta decomposizione non favoriscano alcun incendio o attacco parassitario: appena tecnicamente opportuno, si interverrà con un diradamento selettivo dal basso (vd. § 6.4.2), contestualmente al quale si potrà procedere, ove necessario, alla bonifica, parziale o totale, dei residui dei fusti bruciati rimasti in piedi.

Nei boschi governati a ceduo, si può attendere la maturità tecnica del soprassuolo, intervenendo a quel punto con il taglio di utilizzazione di fine ciclo il quale, oltre alla bonifica dei residui di fusti bruciati, possa orientare la composizione dendrologica del popolamento in modo coerente con la serie di vegetazione, attraverso un'accurata selezione delle matricine. Alternativamente, si può effettuare un diradamento dei polloni per l'avviamento del soprassuolo all'altofusto.

## 9.2. Riqualificazione del substrato pedologico

A.M. Persiani

La possibilità di accelerare i cicli naturali e di favorire il recupero della copertura vegetale deve necessariamente prevedere la riqualificazione del substrato pedologico rispetto alle alterazioni subite in termini di struttura, tessitura, chimismo e caratteristiche biologiche (vd. § 2.2). Tale riqualificazione è strettamente legata alla conduzione delle misure selvicolturali di recupero, descritte successivamente al § 9.3. È importante, comunque, tenere in considerazione il rischio che interventi non appropriati possano alterare gli organismi del suolo, con particolare riferimento alle associazioni micorriziche, e i rapporti tra di loro, modificando così la traiettoria della successione. Per quanto riguarda le aree del bacino del Mediterraneo, un fuoco di alta intensità può determinare caratteristiche comuni a quelle che si verificano in aree aride degradate (vd. § 2). In esse, la presenza di una vegetazione sparsa, un basso contenuto di sostanza organica del suolo e di attività microbica, una bassa capacità di trattenere l'umidità, bassi livelli di nutrienti, impongono misure di ripristino volte a superare tali limitazioni. A tale scopo, la conservazione del suolo e dell'acqua è considerata la prima priorità nel recupero.

In climi semiaridi, in piantagioni sperimentali di *Pinus halepensis*, un miglioramento della percentuale di sopravvivenza delle plantule è stato ottenuto solo nelle parcelle in cui si era provveduto alla preparazione del suolo e all'aggiunta di ammendanti organici, in quanto ciò aveva favorito una penetrazione profonda dell'acqua. A tale scopo, l'aggiunta di rifiuti solidi urbani aveva avuto effetti significativi sulla crescita della pianta, per tutte le tecniche di preparazione del suolo. Anche la crescita di plantule micorrizzate risultava più significativa se associata con la preparazione del suolo e l'aggiunta di rifiuti solidi urbani.

In suoli degradati, particolarmente quelli ricchi di particelle di sabbia e poveri di sostanza organica, è frequente la formazione di croste superficiali che riducono l'infiltrazione, riducendo le riserve idriche del suolo per le piante. In aree bruciate è stata applicata con successo l'aggiunta di paglia quale concime naturale, in quanto gli ammendanti organici favoriscono la capacità di infiltrazione dell'acqua. Uno strato di concime organico naturale può avere effetti sulla evaporazione dell'acqua, poichè cambia il bilancio di radiazione a livello della superficie del suolo. In questo modo, tali concimi possono migliorare la germinazione dei semi per l'instaurarsi di un microambiente più umido: l'aggiunta di ammendanti quali sabbia, frammenti di legno, paglia, frammenti rocciosi e altri materiali organici e sintetici, intorno alla base dei semi piantati, è una pratica forestale comune.

Allo scopo di migliorare la fertilità del suolo nel ripristino di aree semiaride sono stati usati ammendanti organici quali i fanghi provenienti da acque di scarico; tale uso può tra l'altro rappresentare un'alternativa all'incenerimento. Questi fanghi sono stati frequentemente sagggiati per il loro potenziale nell'incrementare il contenuto di sostanza organica e di attività biologica, come pure la disponibilità di nutrienti in forme più stabili di quella inorganica. Gli eventuali effetti negativi potrebbero essere il risultato dell'aumentata competizione tra le plantule introdotte e la vegetazione preesistente; infatti la densità di radici diverse da quelle delle plantule introdotte aumenta dopo l'aggiunta dei fanghi. Il costo di ammendanti organici, quali i fanghi di acque di scarico, possono essere bassi e strettamente legati a operazioni di trasporto.

In seguito all'instaurarsi di processi di degradazione, l'intensità e la durata del disturbo possono portare alla soppressione di microrganismi che facilitano l'attività biologica del suolo. In tali circostanze, l'uso di piante micorrizzate con specifici funghi e l'applicazione *in situ* di microrganismi non simbiotici, può notevolmente migliorare la prestazione della plantula. I risultati ottenuti sono già così promettenti che in molti paesi vengono commercializzati inoculi da microrganismi selezionati, quali le associazioni di azoto-fissatori. L'utilizzo di suolo fresco, l'aggiunta di paglia di grano e di lettiera di allevamenti di pollame, per il loro elevato contenuto di cellulosa e lignina, possono migliorare la struttura del suolo. Inoltre, gli escrementi di pollo hanno una abbondante microflo-



ra saprofitaria che viene incorporata al suolo insieme al residuo stesso. D'altro canto è stato anche verificato che l'aggiunta di residui animali o vegetali a suoli non sottoposti a trattamento termico modifica alcune caratteristiche della sua comunità microbica. I risultati ottenuti hanno mostrato un notevole incremento nella carica microbica dei suoli inoculati con suolo fresco; la proporzione relativa a ciascun gruppo tendeva a essere simile a quello rilevato per altri suoli forestali non trattati termicamente. La paglia di grano, invece, influenzava solo il numero di propaguli fungini mentre poteva indurre una diminuzione negli altri gruppi microbici. I residui dell'allevamento di pollame portavano a un incremento di tutti i gruppi tassonomici e degli organismi ammonificanti. Tale aggiunta aveva effetto negativo sui cianobatteri e sulle alghe, probabilmente per la loro incapacità di competere efficacemente con gli organismi eterotrofi.

Tale residuo è, comunque, ritenuto adeguato nel recupero di suoli trattati termicamente, perché influenza positivamente i microrganismi del suolo, l'aggregazione delle particelle e la crescita delle piante in suoli bruciati. Altri autori hanno riportato che l'inoculo con suolo fresco di suolo sterilizzato permette il superamento dell'inibizione della crescita vegetale in suoli riscaldati a temperature di 200 °C. Lo sviluppo di ulteriori conoscenze, relative agli effetti a lungo termine e in condizioni di campo di ammendanti organici, ottimizzerà le loro possibilità di uso nel recupero dei suoli nel post-incendio.

### 9.2.1. Gestione delle associazioni micorriziche

G. Puppi

Una corretta gestione delle associazioni micorriziche è fondamentale nelle attività di recupero post-incendio. Meccanismi per assicurare una ripresa delle popolazioni fungine ectomicorriziche sono legati alla conservazione, nell'area percorsa dal fuoco, di nicchie di rifugio. Viene osservata una notevole attività micorrizica in relazione a tronchi in decomposizione, i quali rappresentano una riserva di umidità in caso di siccità prolungata e fuoco.

In un ceduo della Columbia Britannica (Canada), piantine vicino ad alberi di betulla mostravano una ricchezza di morfotipi micorrizici pari a quella di piantine presso alberi maturi in foreste. Gli alberi rifugio potrebbero quindi rappresentare una sorgente di inoculo soprattutto di funghi degli stadi maturi.

In ambiente mediterraneo potrebbero assumere questo ruolo alcuni arbusti in grado di rigenerarsi vegetativamente nel post-incendio. Vari Autori indicano che la ricolonizzazione dei funghi ectomicorrizici dopo un incendio potrebbe avere luogo a partire dai funghi simbiotici di piante *resprouters*, i cui sistemi radicali rimangono inalterati. Questo modello di ricolonizzazione sarebbe applicabile anche alle foreste di *Pinus halepensis*, dove *resprouters* come *Quercus coccifera* e *Q. rotundifolia* funzionerebbero come corridoi biologici per molti funghi ectomicorrizici.

Questo ruolo potrebbe essere assunto anche da altre specie, come corbezzolo o *Erica arborea*. In alcuni ecosistemi, le micorrize ericoidi potrebbero proprio rappresentare una strategia di risposta alle variate condizioni del suolo in seguito a incendi ripetuti.

In alcune situazioni particolarmente compromesse, analogamente a quanto viene fatto per la rivegetazione con piante superiori, anche nel caso dei funghi micorrizici può rendersi opportuna l'introduzione di inoculi. Le modalità possono essere così schematizzate:

- recupero dei microbiota esistenti per mezzo di appropriate strategie gestionali, comprendenti la tutela e la conservazione del suolo, nonché delle specie vegetali che meglio si prestano a supportare e diffondere i funghi micorrizici;
- aumento (inoculo) di specie esistenti. In questo caso si rendono evidentemente necessarie una fase di studio sul territorio e la valutazione e moltiplicazione dei ceppi presenti;
- introduzione di specie esotiche. Andrebbe limitata a casi particolarmente gravi, in quanto potrebbe determinare una sorta di inquinamento biologico, specie se la diversità naturale è andata perduta anche nei siti vicini; in questo caso, oltre a valutare l'idoneità di una specie

fungina per la pianta e per il suo momento fisiologico, va considerato il suo grado di adattamento alle condizioni ambientali del suolo (pH, temperatura, contenuto in sostanza organica, ecc.) e la persistenza dell'inoculo nel terreno. Maggiore attenzione dovrebbe essere dedicata a specie indigene e a funghi micorrizici più specifici.

Il primo passo è dunque quello di verificare, attraverso saggi biologici, se gli endofiti micorrizici presenti siano in numero sufficiente, e idonei a promuovere lo sviluppo delle piante ritenute più interessanti per la riqualificazione della parcella in questione. Poiché qualche fungo sarà probabilmente disponibile (e certo qualunque micorrizza è migliore di nessuna micorrizza), il punto cruciale sarà valutare l'opportunità di promuovere, anche attraverso un'inoculazione, le micorrizze migliori, assicurandosi naturalmente che non sussistano altre condizioni che limitino lo sviluppo dei funghi micorrizici o la loro attività.

La determinazione della capacità di un terreno di formare micorrizze, determinazione che viene generalmente condotta in condizioni standardizzate, è un parametro importante per valutare l'opportunità o meno di interventi di inoculazione. Tuttavia, a questa si deve associare la valutazione della possibilità di una reintroduzione micorrizica da aree limitrofe (possibilità di estensione dei miceli, continuità o meno della copertura vegetale, presenza di animali vettori), come pure valutazione dell'idoneità ambientale e dell'efficienza micorrizica dei ceppi, presenti o da introdurre.

Il metodo più valido ai fini di introduzione o reintroduzione controllata di inoculi micorrizici in ambienti naturali è di impiantare esemplari micorrizzati in vivaio. Va in ogni caso tenuto presente che i ceppi introdotti possono subire la competizione di altri ceppi presenti. Il metodo da sempre praticato di aggiungere suolo non disturbato di situazioni compatibili può evidentemente funzionare, ma non consente valutazioni puntuali di efficacia, e può comportare qualche rischio di inquinamento biologico.

### 9.3. Misure selvicolturali

P. Corona

Gli interventi di recupero devono essere prioritariamente volti al ripristino delle potenzialità naturali delle biocenosi interessate, tenendo conto del livello di degrado indotto dal tipo e dall'intensità dell'incendio e in funzione delle caratteristiche biotiche e abiotiche dell'ambiente. In particolare, l'approccio gestionale va modulato in maniera da evitare di forzare in modo innaturale l'evoluzione delle biocenosi, la cui intrinseca dinamica tenderà a formare un sistema alla ricerca di nuovi equilibri in connessione con le modificazioni subite dopo l'evento distruttivo.

Una volta riconosciuta la serie di vegetazione e completate le operazioni di bonifica, le opzioni possibili per la gestione delle biocenosi forestali degradate dal fuoco sono principalmente tre:

- *destinazione dei soprassuoli percorsi dal fuoco al solo recupero naturale.* Ciò può essere ottenuto attraverso la semplice esclusione di qualsiasi uso del suolo (pascolo, in particolare) e con l'accuratezza di prevenire eventi degradanti (ad esempio, ulteriori passaggi del fuoco); è in questo modo che, ad esempio, negli ultimi decenni si sono evoluti i soprassuoli boschivi e molte formazioni pre-forestali percorse dal fuoco nei massicci calcarei della dorsale appenninica. La gestione si concretizza in un attento monitoraggio dei processi sindinamici che si instaurano naturalmente e nella verifica della loro coerenza con gli obiettivi proposti di assetto forestale;
- *accelerazione del recupero,* al fine di prevenire fenomeni di dissesto (terreni in forte erosione, ecc.) oppure perché lo sviluppo post-incendio della biocenosi in ricostituzione limita la rinnovazione di talune specie arboree ritenute meritevoli di essere salvaguardate. In questi casi, bisogna innanzitutto verificare se il popolamento è ancora in grado di rinnovarsi naturalmente; in genere, almeno in area mediterranea, le formazioni forestali reagiscono efficacemente agli incendi (vd. § 8) e la principale misura tecnica da attuare è una gestione selvicolturale e vegetazionale a sostegno. Occorre infatti considerare che la qualità della composizione floristica può mutare in senso regressivo nelle zone più danneggiate, dove possono prevalere per lungo tempo specie pioniere ad ampia distribuzione non successionali. È comunque opportuno decidere se avviare gli interventi di recupero subito dopo l'incendio o attendere fino a che la rinnovazione naturale si sia affermata. La differenza è radicale: il recupero immediato mira alla creazione di condizioni ottimali per l'affermazione della rinnovazione, mentre gli interventi posticipati cercano unicamente di favorire la migliore evoluzione di una rinnovazione già affermata. Da un punto di vista generale, la prima opzione è spesso la migliore, e non esclude comunque ulteriori interventi per favorire lo sviluppo della rinnovazione;
- *recupero parziale della densità del soprassuolo arbustivo e in parte arboreo,* con interventi coerenti per autoecologia e sinecologia alla serie di vegetazione, nei casi in cui il bosco è così danneggiato da non poter garantire nel medio periodo una rinnovazione naturale soddisfacente.

#### 9.3.1. Sostegno alla rinnovazione

##### *Rinvigorismento della rinnovazione agamica*

La facoltà di rinnovazione agamica è una caratteristica biologica delle latifoglie e di qualche conifera non autoctona, la cui esplicazione va messa in relazione a grado, tempi e modalità di reazione al trauma della ceduzione e ad alcuni caratteri quali la natura delle gemme che danno origine ai polloni, la rapidità di accrescimento di questi e la facoltà o meno di affrancamento.

Nel caso di boschi percorsi dal fuoco si possono di frequente osservare ceppaie deperienti. Per favorire il ripristino dell'efficienza e della produttività di queste ceppaie, si può intervenire con le operazioni di *succisione* e *tramarratura*. Queste tecniche consistono in particolari modalità di taglio della ceppaia: nella succisione, il taglio viene effettuato raso terra; nella tramarratura sotto il livel-

lo del suolo e la ceppaia, in genere, viene ricoperta con terra. L'efficacia di queste semplici tecniche per accrescere e stimolare l'emissione di polloni è stata tradizionalmente molto utilizzata nel recupero di soprassuoli percorsi dal fuoco.

#### *Ripuliture*

In molte situazioni, all'incendio in bosco segue in pochissimi anni il sopravvento di arbusti (*Cistus*, *Rubus*, *Crataegus*, ecc.). Per accelerare la ripresa arborea possono essere necessarie apposite ripuliture a favore dei soggetti arborei da seme. In particolare, le ripuliture sono convenientemente eseguibili a beneficio di quei gruppi di semenzali che si formano dopo annate di piena sementa. Le ripuliture dovrebbero essere estese a una superficie significativa, ma in tal senso raramente risultano realisticamente applicabili: così, questa pratica colturale potrebbe essere limitata ai casi in cui la rinnovazione risulti del tutto deficitaria, soggetta cioè a forte mortalità per competizione interspecifica, come ad esempio avviene spesso nelle pinete litoranee percorse dal fuoco. La protezione di semenzali isolati non ha efficacia e pertanto, se ritenuta necessaria, l'operazione di ripulitura va localizzata in corrispondenza dei nuclei di rinnovazione, e in particolare di quelli in prossimità delle ceppaie delle piante madri ove in genere la rinnovazione ha le migliori possibilità di affermazione. Per l'effettuazione di questo tipo di ripuliture localizzate esistono svariati tipi e modelli di decespugliatori spalleggati, adatti a vegetazione di diversa densità e consistenza, con lama a disco (potenza del motore di circa 1-1,5 kW) e caratterizzati da produttività di lavoro per operatore di circa 0,1-0,2 ha/gg. Si consiglia comunque grande attenzione nella fase di ripulitura in quanto, come si è avuto il modo di specificare nel § 6.4.2, le specie arbustive del mantello favoriscono la germinazione di alberi pionieri e quindi, nel tempo, la ripresa della successione naturale.

### **9.3.2. Ripristino della densità del soprassuolo**

La densità di effettivi arborei per unità di superficie è fattore determinante per il livello di funzionalità ecobiologica e paesaggistica di una biocenosi forestale. In considerazione di ciò, nel recupero dei boschi percorsi dal fuoco si hanno, non di rado, situazioni in cui risulta necessario aumentare tale densità, preferibilmente mediante interventi di sostegno al rinfoltimento per via naturale o direttamente mediante interventi di rinfoltimento artificiale.

#### *Sostegno al rinfoltimento per via naturale*

Si può migliorare un soprassuolo degradato da incendio puntando sul rinfoltimento per via naturale, attraverso la rinnovazione gamica e agamica. Gli interventi per favorire la rinnovazione gamica sono orientati a incrementare le funzioni di fruttificazione e disseminazione (diradamenti dei nuclei rimasti più densi al fine di permettere alle piante portaseme di espandere la loro chioma; potature per stimolare quantitativamente la fruttificazione; ecc.). Nel caso in cui vi sia sufficiente produzione di seme da parte degli alberi in piedi rimasti vitali, gli interventi si riconducono essenzialmente a quelli di ripulitura, volti a permettere l'affermarsi della rinnovazione stessa (vd. § 9.3.1). Non vengono qui considerati gli eventuali interventi di lavorazione del suolo, volti a favorire la germinazione dei semi e l'attecchimento delle plantule: per motivi di ordine sia ecologico che tecnico, essi non sono proponibili all'interno di biocenosi che si suppongono ancora funzionali per capacità di fruttificazione e disseminazione e facoltà pollonifere.

Nei cedui, per aumentare la densità dei soggetti arborei, si può cercare di favorire l'*affrancamento dei polloni radicali*: una pratica atta a stimolarne l'emissione è di mettere allo scoperto le radici principali, separarle dalla ceppaia e, quindi, ricoprirle.

Sempre nei cedui, interventi di rinfoltimento naturale possono essere condotti anche tramite *propagginata*, sfruttando la facoltà, caratteristica di alcune specie, di radicazione dei polloni caulinari. Questa tecnica, che riveste un certo interesse soprattutto per la ricostituzione di cedui degradati di faggio e di cerro, consiste nel piegare al suolo giovani polloni, ricoprendoli di terra per favo-

rirne l'emissione di radici. A tal fine può essere opportuna anche l'adozione di taluni accorgimenti, quali la creazione di lesioni corticali nella parte interrata e l'eventuale applicazione a tale parte di sostanze rizogene. Una volta radicati, i polloni vengono separati dalla ceppaia madre e quando hanno raggiunto un diametro alla base di almeno 10 cm vengono ceduati, originando così nuove ceppaie.

#### *Rinfoltimento artificiale e pattern di distribuzione naturale*

In soprassuoli molto degradati può risultare necessario il rinfoltimento artificiale a integrazione della rinnovazione naturale, mediante piantagione (o semina) delle specie componenti il soprassuolo e/o di specie diverse caratteristiche del mantello e del prebosco della serie autoctona. In linea di principio, *questo tipo di intervento andrebbe, comunque, in genere scongiurato*, perché può alterare la diversità genetica, la distribuzione spaziale originaria e interferisce sui processi di selezione innescati dal fuoco. Inoltre, in un contesto di gestione forestale ecologicamente sostenibile, spesso può essere opportuno lasciare radure e chiarie, così da mantenere condizioni di mosaico con ecotoni anche internamente alle aree boschive.

A ogni modo, se il popolamento è talmente danneggiato da non poter garantire una rinnovazione naturale soddisfacente su aree troppo vaste in relazione alle esigenze di assetto territoriale, bisognerà ricorrere al rinfoltimento artificiale, da eseguirsi subito dopo l'eventuale sgombero del soprassuolo bruciato. È opportuno privilegiare le specie autoctone. Solamente in casi del tutto particolari, e su aree molto limitate, si potrà ricorrere all'inserimento di specie diverse da quelle autoctone, ad esempio per cercare di creare strutture relativamente poco combustibili (§ 6.4.2), capaci nel tempo di promuovere una dinamica coerente con la vegetazione naturale potenziale.

Gli interventi dovrebbero essere ispirati al *pattern* di espansione naturale della rinnovazione: in genere, è opportuno privilegiare la costituzione di gruppi densi di specie autoctone su piccole superfici nei microambienti più favorevoli piuttosto che una diffusione uniforme di singole piantine equidistanziate tra loro. Anche in questo caso l'analisi del *pattern* e il rilievo fitosociologico su fisionomie affini offrono indicazioni qualitative e quantitative molto utili.

In situazioni pedoclimatiche molto difficili (ad esempio, elevata pietrosità superficiale), non è in genere possibile operare direttamente l'impianto per la costituzione di un nuovo bosco, ma è più opportuno operare con interventi preparatori in vista del successivo impianto e/o ingresso spontaneo delle specie arboree della vegetazione forestale. In questa prospettiva, in taluni particolari casi possono essere di interesse anche interventi idraulico-forestali che possano favorire inerbimenti e messa a dimora di arbusti successionali.

Per quanto riguarda le classiche tecniche di rimboschimento, la *semina* è meno costosa, ma in genere si preferisce la *piantagione*, perché offre maggiori garanzie di successo, soprattutto in ambiente mediterraneo.

L'impianto può, eventualmente, essere preceduto da frantumazione e distribuzione omogenea a parziale copertura del terreno del materiale residuo, derivante dallo sgombero del soprassuolo bruciato.

Su suoli che non presentano particolari limitazioni fisico-chimiche, l'impianto si può attuare, nel migliore dei casi, direttamente con il *metodo a fessura*, senza lavorazioni preliminari. Sono stati studiati numerosi modelli di attrezzi per questo specifico uso, adatti al tipo di postime e contenitore impiegati: il più comune è il bastone trapiantatore (tubo di 8-10 cm di diametro), tramite il quale un operaio esperto riesce mettere a dimora giornalmente fino a oltre 1500 piantine.

In stazioni con maggiori limitazioni deve essere effettuata una vera e propria *preparazione del suolo*, che ovviamente non sarà di tipo andante, ma sempre più o meno *localizzata* limitatamente alle aree senza rinnovazione. La lavorazione consiste in genere nell'apertura di buche all'interno delle quali viene smosso il terreno e sulle quali viene poi messo a dimora il postime. Molto impiegate sono le mototrivelle: sagomando opportunamente l'organo perforante (ad esempio, applicazione di coltelli o dentellature), si può evitare il compattamento delle pareti laterali (cosiddetto *effetto vaso*) e lo

svuotamento della buca. Scavabuche efficaci sono rappresentate anche da speciali frese ad asse orizzontale. Sia le trivelle che le frese possono essere montate sul sollevatore idraulico e azionate da trattori, potendo così operare su volumi di terreno e con produttività ben superiori a quelle ottenibili con il metodo manuale. In condizioni di pendio e di accessibilità difficili, lo scavabuche può essere portato da macchine del tipo dell'escavatore Kamo.

In linea di principio, il postime deve essere costituito da entità botaniche ecologicamente coerenti con la serie di vegetazione e possibilmente ottenuto da seme raccolto in loco. La struttura dell'apparato radicale deve risultare esente da significative deformazioni e caratterizzata da una quantità sufficiente di radici secondarie e di capillizio. A seconda della specie e delle condizioni stazionali, possono essere impiegate piantine allevate a radice nuda o in contenitore. Le piantine allevate in contenitore presentano numerosi vantaggi, tra cui un'elevata percentuale di attecchimento anche in condizioni stazionali difficili, un più pronto superamento della crisi di impianto, una più facile conservazione prima della messa a dimora, ecc. Si hanno, però, inconvenienti per la maggiore onerosità del trasporto e di modalità d'impianto e, soprattutto, per la possibilità di malformazioni radicali, alle quali si può ovviare solamente in parte adottando contenitori adatti e riducendo la permanenza dei semenzali nei contenitori stessi.

Si ritiene inoltre che, nell'ambito della ricostituzione di pinete di *Pinus halepensis*, per non interferire sui processi di selezione innescati dal fuoco, sia consigliabile produrre in vivaio semenzali derivanti da seme raccolto da strobili serotini e allevati con pane di terra, facendo germinare più semi (3-5) su uno strato di 3 cm di ceneri, ottenute da combustione di necromassa e biomassa raccolta sotto alberi di pino di grandi dimensioni, in modo che possano selezionarsi i semi maggiormente adattati a germinare su substrato con elevata concentrazione osmotica della soluzione e di pH con soglia tossica (SARACINO e LEONE, 2001).

Il periodo migliore per il collocamento a dimora del postime è dall'autunno alla fine dell'inverno, tenendo conto dei fattori climatici locali, della distribuzione delle precipitazioni e degli eventuali geli per determinare il momento più conveniente. In ambiente mediterraneo, per molte specie, soprattutto se latifoglie, può essere preferibile la piantagione autunnale, al fine di favorire l'assetamento e una certa espansione dell'apparato radicale già prima dell'inverno, con una conseguente più pronta ripresa vegetativa in primavera.

La ricostituzione della copertura vegetale non si esaurisce con la piantagione: in particolare, nei primi anni dopo l'impianto occorre contrastare la concorrenza di erbe e arbusti circostanti le piantine messe a dimora. Ne consegue che conviene *piantare solamente quanto si possa seguire con cure colturali adeguate*. L'esigenza di controllare lo sviluppo di cenosi erbacee ed arbustive autoctone può variare a seconda del tipo e delle condizioni ambientali, ma, soprattutto in ambiente mediterraneo e nei primi anni di vita, questa cura colturale è essenziale per garantire ai soprassuoli condizioni favorevoli di crescita.

### **9.3.3. Interventi di sfollamento**

I popolamenti naturalmente originati da incendio, soprattutto se di conifere (in particolare, *Pinus halepensis* e *Pinus pinaster*), possono presentare caratteristiche del tutto peculiari di rigogliosità della rinnovazione: frequenti sono i casi con oltre 100.000 semenzali/ha. L'eccessiva densità può determinare significativi fenomeni di competizione e può causare un'elevata mortalità, con soggetti a portamento non equilibrato e instabili da un punto di vista biomeccanico. Popolamenti di questo tipo necessitano dunque di regimi di diradamento *ad hoc*, volti prioritariamente a migliorare la stabilità individuale, asportare la necromassa accumulata e consentire l'accesso per i successivi interventi: per le considerazioni di carattere tecnico, si rimanda a quanto illustrato nel § 6.4.2.

## CONCLUSIONI

La presente monografia affronta il fenomeno degli incendi boschivi in modo sistemico, in linea con la moderna visione dell'ecologia e della selvicoltura, e apre un'interessante pagina in merito ai nuovi approcci alla prevenzione e difesa dagli incendi boschivi e alle ricerche integrate nel campo della riqualificazione e del recupero ambientale.

La progettazione ed esecuzione degli interventi di prevenzione e lotta antincendio e di recupero degli ecosistemi percorsi dal fuoco vanno correttamente affrontati in un contesto di pianificazione ecologica e forestale, individuando i differenti effetti degli incendi avvenuti e la dinamica della ricostituzione spontanea. Gli incendi boschivi dipendono da una grande quantità di fattori predisponenti e determinanti, sia fissi sia variabili. Il grande numero delle variabili influenti su inizio, sviluppo ed effetti sortiti sull'ambiente, fa assumere all'andamento degli incendi una grande variabilità. Proprio per questa variabilità si presentano difficoltà per prevedere e fronteggiare gli eventi che si verificano. Poiché non è mai nota con precisione la dimensione del problema che si dovrà affrontare, devono essere fatte stime della probabile situazione, e su questa base si devono prendere le decisioni.

Le difficoltà si presentano in tre differenti momenti: quello pianificatorio, quello dell'intervento e quello del recupero. In particolare, il recupero delle aree incendiate dovrà essere inserito all'interno della progettazione ambientale, intesa come l'insieme delle azioni portate avanti da un gruppo di progettazione eterogeneo per competenze disciplinari, ma unificato dall'obiettivo di legare l'intervento con le potenzialità ambientali del territorio stesso.

Con la pianificazione si devono distribuire sul territorio interventi di prevenzione e preparazione alla lotta attiva. La definizione progettuale e la collocazione spaziale degli interventi discende dalla dimensione degli incendi, dalla loro estensione, comportamento, frequenza e concentrazione. Pertanto, il pianificatore e successivamente il progettista definiscono gli interventi preventivi sulla base di uno scenario ipotetico che dovrà essere affrontato: possono stabilire di attestarsi sulla situazione media realizzando interventi capaci di opporvisi; tuttavia, in questo caso, non si sarà pronti a combattere le maggiori concentrazioni di incendi o quelli più gravi. Un approccio diverso potrebbe portare a interventi capaci di fronteggiare tutti gli eventi prevedibili, affrontando così il problema in modo completo.

Anche per la fase di intervento e per l'estinzione possono essere impostate, in analogia alla pianificazione, differenti dimensioni della struttura di protezione: possono essere ipotizzati interventi nei confronti di tutti gli incendi, dai più deboli fino al livello di incontrollabilità, oppure limitarsi all'estinzione dei fuochi di determinate caratteristiche. Inoltre, possono essere previste differenti modalità organizzative dell'estinzione, a seconda che si ipotizzi di intervenire su tutti gli eventi che si sviluppano contemporaneamente o che si preferisca selezionare tra essi solo quelli che hanno caratteristiche ritenute di attenzione.

Come base concettuale e di indirizzo operativo, la presente monografia propone un approccio integrato che parte dalla classificazione gerarchica del territorio e si completa con le conoscenze raggiunte dalla pianificazione forestale e dalla sinfitosociologia. Così facendo si hanno indicazioni sistemiche per la prevenzione e il recupero degli spazi percorsi dal fuoco. Su queste basi, è possibile pervenire alla definizione, anche cartografica, di modelli ambientali e paesaggistici di riferimento attraverso l'integrazione del metodo fitosociologico con l'ecologia del paesaggio. La ricostituzione delle aree danneggiate dal fuoco viene configurata a partire dalla conoscenza funzionale e strutturale del mosaico territoriale, attraverso l'analisi concreta delle caratteristiche sindinamiche (serie di vegetazione) e il confronto tra eterogeneità spaziale reale e eterogeneità potenziale. La conoscenza di questi modelli consente di valutare la congruità tipologica anche di stadi degradati (ad esempio, cespuglieti) e contribuisce all'articolazione di dettaglio degli interventi

È così successivamente possibile definire, caso per caso, i singoli interventi di ricostituzione appli-

cabili alle diverse tipologie riconosciute e modulati nel rispetto della multifunzionalità della copertura forestale, secondo criteri derivanti dall'esperienza tecnica selvicolturale, e in particolare dalla selvicoltura sistemica.

Alla luce di quanto sinteticamente riassunto, la presente monografia merita una particolare considerazione in quanto si tratta di uno dei rari esempi di collaborazione attiva tra componenti scientifiche di diversa estrazione, indispensabile per realizzare interventi compatibili con le caratteristiche dell'ambiente e promuovere una crescita culturale verso una visione integrata e complessa dei sistemi ambientali. Visione che mai come nel caso del fenomeno degli incendi boschivi può assumere come fattore di sintesi l'insieme integrato degli scenari socioeconomico, ecologico-territoriale e urbanistico. A Firenze, nel settembre del 2000 è stata firmata una convenzione sulla "Conservazione dei Paesaggi Europei": gli incendi, oltre a tutte le varie argomentazioni citate, danneggiano e alterano il sistema ambientale a livello di paesaggio. È quindi anche a questa scala che va affrontato il problema della prevenzione e del recupero delle aree incendiate: a questa scala, infatti, si trovano integrati in unico sistema l'uomo, con le proprie attività, e il sistema naturale con le proprie caratteristiche e dinamiche.

Il migliore uso della presente monografia è di considerarla una guida capace di stimolare progetti e interventi collegati con la ricerca, e contestualmente aperti sia alle innovazioni metodologiche e di tecnica forestale, sia alle sempre più puntuali conoscenze fisiche e biologiche a scala di specie, comunità e paesaggio. Anche in questa prospettiva, l'augurio e la speranza degli Autori è che questa monografia diventi non solamente uno strumento per operare, ma anche un momento di dibattito culturale e scientifico e di stimolo per la ricerca.

## **LINEE DI PIANIFICAZIONE ANTINCENDI BOSCHIVI NELLE AREE PROTETTE**

*G. Bovio, A. Camia, C. Blasi, M. Marchetti*

Questo capitolo illustra gli indirizzi da adottare per la pianificazione contro gli incendi boschivi nelle aree protette, di concerto con i piani AIB regionali e in armonia con i piani di assetto di cui alla legge 394/1991. Le indicazioni riportate tengono conto delle direttive della legge 353/2000 e delle linee guida emanate con Decreto del Dipartimento della Protezione Civile del 20 dicembre 2001 e sono state utilizzate per l'elaborazione dello *Schema di piano per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nelle aree naturali protette statali*, predisposto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio a indirizzo e supporto delle attività degli Enti territoriali competenti in materia, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 48 del 26 febbraio 2002.

Il presupposto teorico su cui si basa la pianificazione di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nelle aree protette fa riferimento all'individuazione di criteri di riferimento derivanti dall'applicazione dei metodi dell'*ecologia funzionale*, della *fitosociologia paesaggistico-dinamica*, della *pianificazione forestale* e della *selvicoltura sistemica*, in accordo alle direttive di interesse ambientale elaborate a scala internazionale (convenzione di Rio, Direttiva Habitat, Direttiva sulla Conservazione dei Paesaggi Europei, regolamenti comunitari emanati al fine di proteggere le foreste della comunità contro gli incendi).

La pianificazione antincendi boschivi viene realizzata attraverso un apposito piano AIB, elaborato e articolato per ciascuna realtà di interesse, del quale nel presente capitolo vengono indicati gli elementi fondamentali e le relative linee esplicative di stesura, dettagliando e specificando quanto già illustrato a livello generale nel § 5.3.

### **Specificità e criteri generali**

Il problema degli incendi boschivi assume una connotazione assai delicata nelle aree protette, dove i provvedimenti per contenere i danni degli incendi devono essere specificatamente definiti e rapportati alle caratteristiche delle emergenze naturali oggetto di salvaguardia e conservazione.



La necessità di diversificare la pianificazione AIB nelle aree protette da quella del rimanente territorio è stata sottolineata dal legislatore con la legge 353/2000, che prevede la predisposizione di un apposito piano per le aree protette statali (art. 8, 2° comma). La stessa legge prevede anche che il piano regionale per la prevenzione, prevenzione e lotta contro gli incendi boschivi comprenda un'apposita sezione dedicata alle aree naturali protette regionali (art. 8, 1° comma).

Per le aree protette devono essere impostate e seguite linee di pianificazione antincendio che, sebbene strettamente integrate a quelle del piano AIB regionale, sono inevitabilmente più complesse di quelle riferite al rimanente territorio. Ciò è dovuto soprattutto al fatto che nelle aree protette, unitamente alla differenziazione delle realtà territoriali, si deve valutare in modo più attento il problema della complessità delle emergenze naturalistiche e del loro rapporto con il trauma causato dal fuoco. In tal senso, è opportuno considerare che la Direttiva Habitat (Dir. 43/1992/UE), caposaldo dell'attuale politica di conservazione e tutela degli ambienti naturali in Europa e nel nostro Paese, tende a rivalutare anche i siti degradati, purchè essi abbiano mantenuta inalterata la capacità di recupero funzionale e strutturale: ciò modifica la valutazione dei sistemi ambientali, in quanto richiede che il pianificatore sia in grado di riconoscere non solo le valenze ambientali attualmente presenti, ma anche quelle potenziali.

In sede di pianificazione, l'adozione dei criteri di base di cui al § 5.3 (carattere omeostatico del piano; integrazione tra prevenzione ed estinzione; priorità di intervento; verifica della pianificazione; protezione dagli incendi boschivi: materia in veloce evoluzione) consente una armonizzazione con i dettami dell'art. 12 della legge 394/1991, facendo riferimento in particolare all'organizzazione e differenziazione d'uso del territorio, ai vincoli e all'accessibilità veicolare e pedonale, secondo quanto previsto dal *piano di assetto* dell'area protetta. Oltre a ciò, la pianificazione antincendi boschivi nelle aree protette deve integrarsi strettamente con la pianificazione ambientale (*piani di bacino, piani paesistici*) e con quella forestale, a livello regionale e locale (*piani di assestamento forestale*), in coerenza con i principi dell'ecologia del paesaggio, della sinfitosociologia, della selvicoltura sistemica e della gestione forestale sostenibile.

L'obiettivo che si vuole raggiungere con il piano antincendi nelle aree protette è di limitare i danni, mirando prioritariamente alla riduzione delle superfici percorse piuttosto che alla diminuzione del numero di eventi. Pur non trascurando le cause determinanti più difficilmente contrastabili, l'intervento di prevenzione va maggiormente focalizzato sul controllo e sulla gestione delle cause predisponenti, cioè su quei fattori che concorrono a condizionare il comportamento del fuoco, e quindi la forza distruttiva e i danni che esso può causare, e il grado di difficoltà di controllo da parte del servizio di estinzione. I danni più ingenti sono causati da fronti di fiamma che si propagano con intensità elevata e che caratterizzano incendi di grandi dimensioni, mentre gli eventi più piccoli causano danni in misura meno che proporzionale alla minore superficie percorsa, e spesso non hanno alcun effetto negativo rilevante. Nelle aree protette, la limitazione dei danni si potrà ottenere prevalentemente con provvedimenti che mirano a evitare l'accadimento di eventi di grandi dimensioni. Gli incendi piccoli dovranno essere combattuti per la loro potenzialità di sviluppo più che per il danno rappresentato. Resta comunque inteso che nella valutazione complessiva anche la frequenza dell'evento gioca un ruolo negativo. Non va trascurata infatti né la percezione dell'evento, percezione che può arrecare grave nocimento all'immagine stessa dell'area protetta e alla capacità dell'Ente gestore e delle popolazioni locali di opporsi a tali eventi, né l'alterazione permanente del mosaico territoriale, nel caso di specifiche zone a elevata frequenza del passaggio del fuoco su superfici di pur ridotte dimensioni.

In un'area protetta, indipendentemente dalla sua dimensione, si deve comprendere tutto il territorio nel contesto della pianificazione AIB, senza escludere zone in cui il problema sia meno intenso o trascurabile, ma, anzi, considerando anche le porzioni di zone contigue, eventualmente significative ai fini preventivi. Questa scelta è motivata sia dalla comune valenza ambientale di tutte le zone che sono ritenute tali solo per essere comprese nella delimitazione a parco, sia dalla necessità di evitare la complicazione di sovrapporre, in modo discontinuo sull'area del parco, regole previste dalla legge che differenziano le zone comprese e le zone escluse dal piano.

Dato che spesso le aree protette sono state delimitate non tenendo conto dei sistemi e sottosistemi ambientali interessati, è opportuno, anche solo per la delimitazione dell'area oggetto della pianificazione, fare riferimento alla classificazione gerarchica del territorio. Da tale approccio è possibile ricavare meglio le aree omogenee interessate da eventuali incendi e delimitare, su base scientifica, gli ambiti da sottoporre a pianificazione.

Nelle aree protette *la prevenzione diretta deve essere realizzata con metodi di basso impatto ambientale*, anche accettando il concetto che la conservazione non contrasta con gli interventi mentre il non-intervento può con-

trastare con la possibilità di contenere incendi di elevata intensità. Deve inoltre essere sottolineato che le realizzazioni di prevenzione diretta non devono essere traumatiche per il territorio e non devono causare trasformazioni irreversibili. Per tale motivo si deve fare ricorso a tecniche, che puntino, soprattutto, sui processi di rinaturalizzazione e sull'aumento delle capacità omeostatiche dei sistemi e il loro grado di resilienza, evitando, per quanto possibile, interventi che comportano trasformazioni, quali ad esempio invasi di rifornimento idrico in cemento o nuove strade. Particolare cura va anche posta nella valutazione dell'incidenza, in termini di frammentazione e perdita della connettività, di eventuali opere finalizzate alla prevenzione dell'incendio stesso.

## **Indagini preliminari**

Vengono indicati i principali elementi conoscitivi di base da raccogliere, con riferimento a quelli più specifici per l'elaborazione di un piano AIB in aree protette.

### **Copertura del suolo ed eterogeneità spaziale**

A monte di qualsiasi elemento pianificatorio è essenziale conoscere nel dettaglio l'articolazione spaziale, strutturale e funzionale della copertura del suolo e del suo attuale uso. Purtroppo spesso vaste porzioni di territorio sono ancora prive di questa informazione a scala adeguata, mentre il rischio e la pericolosità sono strettamente connessi con la disposizione spaziale delle diverse fisionomie.

In questo senso è estremamente utile realizzare la classificazione gerarchica del territorio finalizzata alla individuazione delle unità ambientali e delle unità di paesaggio.

Particolare importanza è, inoltre, legata alla conoscenza non solo tipologica delle diverse coperture, ma anche alla conoscenza puntuale delle informazioni connesse con la definizione della struttura verticale e orizzontale di una comunità vegetale. L'aggiornamento della cartografia di dettaglio, ad esempio secondo la nomenclatura prevista dallo sviluppo del programma *CORINE Land Cover*, almeno al IV o V livello, non è quindi solo un elemento conoscitivo di base, ma è elemento essenziale del progetto del piano. Con questo documento, da tenere sempre aggiornato, è inoltre possibile aggiornare anche le priorità di intervento.

### **Assetto selvicolturale e assetto vegetazionale**

Si provvede a esaminare quale ruolo e sviluppo ha la selvicoltura, e in particolare la selvicoltura preventiva, nel concreto contesto territoriale dell'area protetta e delle aree contigue: la distribuzione, la tipologia e l'intensità degli interventi influenzano, infatti, notevolmente la possibilità di diffusione degli incendi. Nelle aree protette i boschi vengono considerati più per la loro multifunzionalità che per la produzione di legname e degli altri prodotti non legnosi. All'interno dell'area protetta, in prima istanza, va definito in quali boschi si intende conservare una attitudine produttiva o turistico ricreativa specifica e a quali lasciare prevalere l'attitudine naturalistica: la conoscenza dello stato di gestione del bosco consente anche di realizzare una mappatura del probabile comportamento del fuoco e rappresenta la base per la definizione puntuale dell'impatto accettabile (vd. § 5.3.2). Essendo comunque evidenti le relazioni dinamiche tra le diverse fisionomie e in particolare riconoscendo il ruolo attivo che possono avere i diversi tipi di cespuglieti è utile derivare anche dalla carta fitosociologica il probabile comportamento del fuoco e quindi dell'impatto accettabile

### **Gestione dei pascoli**

Questa indagine è giustificata dalla rapida diffusibilità dei fronti di fiamma radenti nei pascoli. Poiché in questi ambiti la velocità del vento non è rallentata dalla copertura arborea o arbustiva, gli incendi assumono qui i valori più alti di velocità di propagazione. Tale fatto giustifica una conoscenza della ubicazione e delle caratteristiche dei pascoli. È inoltre evidente come questa fisionomia risenta, ancora più delle fisionomie forestali, dell'andamento climatico, degli effetti di prolungati periodi di aridità estiva e in particolare del carico animale (erbivori domestici e selvatici) che dovrebbe essere opportunamente regolamentato. La figura del pastore e in generale del gestore privato locale, può assumere un importantissimo ruolo nell'attività di prevenzione dell'incendio boschivo, per cui un suo coinvolgimento, anche con incentivi economici, è senz'altro auspicabile.

### **Definizione e analisi delle zone di interfaccia urbano-foresta**

Le aree di interfaccia urbano foresta richiedono interventi pianificatori particolari (vd. § 5.4). Infatti, in questa zona il bosco può essere il veicolo per un incendio che potrebbe danneggiare insediamenti civili. Si verifica anche la situazione contraria, divenendo il bosco l'oggetto di trauma da parte di incendi originati dalle attività in ambienti urbanizzati. Per tali motivi si ritiene opportuno disporre di un'indagine che evidenzi la distribuzione e la concentrazione dell'interfaccia. In linea generale, in tale interfaccia deve essere privilegiata la riduzione del rischio d'incendio, rispetto anche alla conservazione di elementi strutturali e funzionali

caratteristici del sistema forestale stesso. Assai importante è, quindi, la definizione di interfaccia urbano-foresta e la caratterizzazione tipologica della zona di interfaccia, secondo: differenziazione delle tipologie di bosco in termini forestali e vegetazionali; differenziazione delle tipologie di combustibili; simulazione di comportamento del fronte di fiamma; stima della pericolosità specifica.

### **Cartografia di base e banche dati**

Per realizzare il piano di protezione contro gli incendi boschivi sono utili documentazioni base di descrizione del territorio:

- carta topografica di base;
- carta dell'uso del suolo e relativi gradi di copertura per le formazioni forestali;
- carta tipologica forestale;
- carta delle unità ambientali e delle unità di paesaggio (sigmeti e geosigmeti);
- carta delle serie di vegetazione;
- carta delle emergenze floristiche e faunistiche;
- carta della zonazione dell'area protetta;
- inventario forestale;
- carta dei modelli di combustibile;
- orografia (DTM);
- fitoclima;
- rete viaria principale e secondaria.

Per le descrizioni dell'andamento degli incendi e dei fattori predisponenti e per l'individuazione delle zone a rischio alto, medio e basso (decisione CEE C(93) 1619/1993, integrata dalla decisione Sg. (95) D/2205/1995), è necessario anche disporre dei dati seguenti:

- serie storica degli incendi (comprendendo tutte le informazioni rilevate attualmente per ciascun incendio dal Corpo Forestale dello Stato e dai Servizi Forestali delle Regioni e Province Autonome) per almeno 10-15 anni;
- carta delle aree percorse dal fuoco nell'ultimo quinquennio;
- serie storica dei dati meteorologici (precipitazioni, vento, umidità e temperatura dell'aria, insolazione) con localizzazione delle stazioni meteorologiche e modalità di raccolta dei dati, nonché di elaborazioni degli stessi sulla distribuzione spazio-temporale degli incendi;

Si sottolinea, in particolare, l'importanza che per tutto il territorio su cui si estende il piano siano conosciuti il tipo, il carico e la distribuzione del combustibile, che si identificano attraverso associazione con le diverse tipologie di copertura vegetale. Tale conoscenza consente e conduce alla mappatura dei *modelli di combustibile* (vd. Tabella 4.1), che rappresentano una delle fondamentali variabili di *input* per l'impiego di modelli di previsione del comportamento del fuoco.

Analogamente da sottolineare è la conoscenza dei dati anemologici e la determinazione dell'impedenza ai venti da parte delle coperture forestali: è indispensabile individuare per ciascuna zona i *venti pericolosi* nella loro tipologia predominante e in particolare è opportuno conoscere il tipo di rallentamento che la copertura forestale ha sugli stessi. Infatti, la tipologia e la distribuzione dei boschi hanno influenza sul rallentamento della velocità del vento e consente di prevedere, con sufficiente attendibilità, il comportamento del fuoco.

## **Quadro pianificatorio**

Deve essere considerato il complesso delle linee di pianificazione ecologica dell'area protetta. Con questa analisi si tenderà ad acquisire conoscenze da utilizzare sia per l'impostazione delle attività pianificatorie, sia per la realizzazione dei relativi progetti attuativi. È opportuno, in particolare, evidenziare il ruolo che il *modello organizzativo* dell'area protetta assume nei riguardi della previsione, prevenzione, estinzione e ricostituzione delle superfici percorse dal fuoco.

Le aree protette si pongono l'obiettivo di conservare la biodiversità. Nel nostro Paese, spesso, la biodiversità è legata all'azione dell'uomo, e in particolare negli ecosistemi a carattere più mediterraneo è fortemente legata all'uso del fuoco per liberare porzioni di territorio dalle cenosi legnose e quindi favorire il pascolo; ciò complica notevolmente l'opera del pianificatore, in quanto spesso per conservare alcune popolazioni animali e/o vegetali è necessario intervenire onde evitare la ripresa del bosco o di cespuglieti che riducono la superficie delle zone aperte. Nelle aree protette, in relazione alla specificità stessa dell'area, possono assumere una primaria importanza anche popolazioni animali e vegetali, habitat, comunità o sistemi di paesaggio che di norma non sempre si riconoscono di elevato interesse ambientale.

### **Pianificazione forestale**

Devono essere esaminate le linee di pianificazione seguite nella realizzazione dei piani di gestione forestale. Queste informazioni sono necessarie per conoscere soprattutto le principali finalità (beni e servizi) che si vogliono ottenere dal bosco, in quel contesto ambientale e socioeconomico.

La conoscenza delle finalità di carattere generale e, quindi, i criteri seguiti per realizzare i *piani di assestamento forestale* e di gestione (riordino, riassetto, piani speciali di settore nell'ambito dei piani di assetto dei parchi e delle riserve, ecc.) delle risorse forestali sono necessari per comprendere meglio gli obiettivi che si vogliono ottenere con la utilizzazione del bosco. Tutto questo è dato dal fatto che vi è uno stretto rapporto tra le trasformazioni previste con l'assestamento forestale e gli interventi di pianificazione nella protezione delle aree contro gli incendi boschivi.

### **Pianificazione faunistica**

Tra le numerose popolazioni animali che vivono negli ecosistemi forestali, alcune, come gli ungulati selvatici, hanno una particolare interferenza con i soprassuoli arborei e il loro sviluppo. Per tale motivo possono essere intrapresi interventi che modificano la copertura forestale conferendole la capacità di ospitare un maggior numero di animali. In altri casi non si desidera aumentare il numero ma proporre una migliore gestione. Per tali motivi è opportuno conoscere gli interventi finalizzati alla pianificazione faunistica, poiché essi si correlano con interventi di protezione contro gli incendi boschivi.

Il territorio forestale e il suo mosaico vanno analizzati in funzione specifica degli habitat che offrono alla fauna selvatica. In particolare, si dovrà porre attenzione non solo ai vertebrati e alla fauna superiore, ma anche a tutte le forme animali che costituiscono parte fondamentale della biodiversità. In questo senso, misure volte a favorire l'accumulo di legno morto in foresta, in possibile contraddizione con l'opportunità di limitare la necromassa legnosa in quanto prima propagatrice del fuoco, vanno gestite con particolare attenzione, e sarà comunque necessario inventariare e monitorare questa componente della foresta con appositi rilievi.

## **Zonizzazione pirologica (zonizzazione attuale)**

Poiché il piano di protezione contro gli incendi boschivi prevede interventi diversi distribuiti sul territorio in relazione a quanto precedentemente detto, è necessario provvedere a zonizzare il territorio stesso in funzione delle problematiche causate dal passaggio del fuoco (*zonizzazione attuale*). In tal senso, è utile correlare le zone alla classificazione gerarchica del territorio, e comunque (soprattutto in funzione della dimensione dell'area protetta) individuare parti omogenee per distribuire su di esse interventi altrettanto omogenei e proporzionati.

### **Cause predisponenti**

Questi fattori sono costituiti dall'insieme di quelle variabili che con azione combinata consentono il verificarsi delle potenziali condizioni per lo sviluppo del fuoco. Mentre, infatti, le cause determinanti sono nel nostro Paese, e in generale in tutta l'Europa mediterranea, legate direttamente o indirettamente alle attività antropiche, i fattori predisponenti sono riconducibili alle variabili meteorologiche e topografiche e alle caratteristiche della biomassa bruciabile presente negli ambienti naturali. In particolare, la biomassa bruciabile è costituita dalla componente vegetazionale degli ecosistemi, a cui nella protezione dagli incendi boschivi si fa spesso riferimento con il termine di combustibile forestale.

I fattori rilevanti per il rischio di incendio sono dunque molti e caratterizzati da forti interazioni. Se, in linea generale, possono essere identificati gli elementi del territorio che hanno un ruolo significativo nel determinare la distribuzione spaziale del rischio, con riferimento a specifiche realtà il peso di ogni singolo fattore può essere molto diverso, e le interazioni giocano un ruolo chiave. Si pensi, ad esempio, agli incendi dell'arco alpino, concentrati nel periodo invernale e primaverile, per i quali un fattore fortemente limitante può essere la presenza della neve, che non ha invece alcuna relazione con gli incendi negli ambienti mediterranei. Negli ultimi anni, grazie anche alla grande diffusione dei sistemi informativi geografici e all'aumentata disponibilità in forma digitale di dati georiferiti, sono stati messi a punto vari metodi per la mappatura del rischio di incendio a partire da informazioni relative alle caratteristiche territoriali e alla distribuzione spaziale dei fattori influenti (vd. § 4.6.1). Per impostare l'analisi dei fattori predisponenti il rischio di incendio e quindi l'analisi del rischio derivato dalle variabili di predisposizione, vanno affrontati i seguenti temi:

- le componenti spaziale e temporale;
- le variabili di rischio, solitamente riconducibili alle tre citate componenti di meteorologia, topografia e combustibili;
- le modalità d'integrazione delle variabili di rischio.

### **Cause determinanti**

Gli aspetti che in una situazione definita da fattori predisponenti possono dar luogo all'immediato sviluppo e alla propagazione del fuoco sono definiti cause determinanti (vd. § 5.3.2).

Per quanto riguarda le cause determinanti, le differenze possono essere ancora più marcate (seguendo la variazione delle condizioni socio-economiche) rispetto ai fattori predisponenti. Le variabili umane o le serie storiche degli incendi sono, infatti, assai più difficili da comprendere e cartografare. Con riferimento a quest'ultimo aspetto, in particolare, è opportuna un'approfondita analisi e conseguente carta delle infrastrutture connesse con le possibilità di innesco (ad esempio, viabilità), identificando nel contempo le fasce all'intorno a cui associare una certa incidenza di cause determinanti (ad esempio, fasce coassiali di varia larghezza in funzione della distanza da una strada).

### **Aree a rischio**

Per *rischio* si intende la somma delle variabili che rappresentano la propensione delle diverse formazioni vegetali a essere percorse più o meno facilmente dal fuoco. Il rischio è un fattore statico che caratterizza il territorio nell'ambito della zonizzazione attuale. Il rischio può cambiare solo sul lungo termine e deve essere mantenuto distinto dal concetto di pericolo che è per definizione variabile nel tempo, in relazione al verificarsi di più fattori predisponenti.

Per la zonizzazione del rischio statico, è opportuno uniformarsi alla classificazione approvata dall'Unione Europea (C(93) 1619/93 integrata dalla SG (95)D 2205/1995), che prevede:

- *zone ad alto rischio*: zone il cui rischio permanente o ciclico di incendio di foresta minaccia gravemente l'equilibrio ecologico, la sicurezza delle persone e dei beni o contribuisce all'accelerazione dei processi di desertificazione;
- *zone a medio rischio*: le zone in cui il rischio di incendio di foresta, pur non essendo permanente o ciclico, può minacciare in misura rilevante gli ecosistemi forestali;
- *zone a basso rischio*: tutte le altre zone.

## **Pericolosità di incendio**

Il *fire regime* è dato dalla frequenza, l'intensità e la stagionalità del fenomeno incendi, mentre la *fire severity* rappresenta il prodotto dell'intensità dei fenomeni per il tempo di residenza. In sintesi, questi parametri consentono di evidenziare la cronologia e la caratterizzazione con cui si verificano gli incendi nell'area in esame, unitamente alla incidenza che hanno sul territorio forestale.

La *pericolosità* di incendio su un determinato territorio esprime la possibilità del manifestarsi di incendi unitamente alla difficoltà di estinzione degli stessi. La pericolosità sarà quindi definita sulla base dell'analisi dei fattori ambientali (naturali e antropici).

In generale, saranno considerati gli aspetti orografici quali quota, esposizione dei versanti, rugosità della superficie, pendenza, geomorfologia, per valutare come il fuoco può diffondersi. Verranno poi considerate le caratteristiche della vegetazione forestale, quali composizione floristica, forme di governo e trattamento, continuità verticale e orizzontale dei popolamenti, densità delle chiome, altezze dendrometriche e altezze di inserzione delle chiome, modelli di combustibile, per risalire alle probabili caratteristiche del fronte di fiamma con particolare riferimento alla intensità, presenza, quantità e distribuzione della necromassa. Infine, si dovranno considerare le caratteristiche relative alle reti idriche e viarie e alle infrastrutture civili. L'area di riferimento per l'analisi e la rappresentazione della distribuzione spaziale delle variabili indicate è di un ettaro, anche se in casi di particolare interesse si potrà adottare un dettaglio maggiore. Tuttavia, quest'ultima scelta deve essere seguita solo in caso di effettiva necessità. Quindi, l'insieme delle variabili riferite all'area elementare di 1 ettaro esprime un *profilo di pericolosità* univoco che è relazionato all'insorgenza, alla propagazione e alla difficoltà di controllo degli incendi.

Per aree vaste o per aree dove gli incendi sono più frequenti e quindi vi è una significativa quantità di dati, si possono eventualmente predisporre modelli empirici di validità locale. In generale, se non si ritiene di ricorrere alla costruzione di appositi modelli statistici, si può ricorrere al procedimento di statistica multivariata della *cluster analysis*. In tale modo si possono raggruppare aree con profilo di pericolosità simile e, con riferimento al centroide di ciascun gruppo, si potrà avere il *profilo di pericolosità tipo* da attribuire a ciascuna situazione omogenea.

In ogni area omogenea sarà indispensabile realizzare simulazioni del probabile comportamento del fuoco con i modelli di previsione, in grado di fornire indicazioni su: probabile intensità, velocità di avanzamento, tempo di residenza, altezza e lunghezza di fiamma. Le simulazioni saranno riferite alle condizioni generali che informano sulla tipologia di incendio da considerare poiché maggiormente caratterizzante la zona. Queste variabili sono strettamente legate al danno sofferto dalla copertura forestale e alla possibilità di lotta. In modo particolare l'intensità lineare, più avanti definita, informa sulla possibilità di attacco diretto. Questo è l'attacco che permette di minimizzare i danni e che tuttavia può essere applicato solo a certe condizioni di intensità lineare del fronte di fiamma. Se queste non si verificano diviene necessario ricorrere ad altre tecniche di estinzione, decisamente più traumatiche per la copertura forestale, quali l'abbattimento di porzioni di bosco. Pertanto la conoscenza di dove sia fisicamente possibile adottare le migliori soluzioni è una tappa irrinunciabile per un'area protetta.

Ipotizzando scenari meteorologici prestabiliti, con l'uso dei modelli di previsione del comportamento del fuoco, potrà essere prodotta una carta del comportamento atteso dell'eventuale fronte di fiamma.

## **Gravità reale di incendio**

La *gravità* esprime le conseguenze che derivano alle coperture forestali in seguito al passaggio del fuoco. La gravità reale esprime le variazioni che gli incendi boschivi causano nell'ambiente con il quale interagiscono. In questa fase della pianificazione si tratta di esprimere il conflitto tra gli effetti negativi del potenziale incendio e la funzione attesa dal sistema ambientale nella sua complessità strutturale e funzionale (vd. § B.2).

In modo particolare nelle aree protette, poiché non è verosimile proporre una pianificazione che elimini nel periodo di validità tutti gli incendi, deve essere proposta una serie di provvedimenti che possa contenerne gli effetti negativi. In questo contesto, è utile il concetto di *impatto atteso* definito nelle diverse zone come insieme di:

- intensità attesa del fronte di fiamma, da cui discende la forza distruttiva potenziale dell'incendio;
- effetto atteso del fuoco nei confronti della resistenza e della resilienza dei popolamenti forestali; questa informazione esprime la vulnerabilità dell'ecosistema nei confronti del fuoco e l'entità del disturbo che questo è in grado di sopportare;
- impatto nelle diverse zone dell'area protetta, con i diversi livelli di tutela, da cui discende la valutazione dell'importanza e del servizio atteso attribuito alle diverse formazioni minacciate dal fuoco; il peso dei livelli di tutela è relativo in quanto va sempre correlato con la relativa suscettività all'incendio della tipologia in esame; si può infatti avere una riserva integrale per una zona umida e una tutela inferiore per un bosco rado di roverella in esposizione meridionale: sarà questo secondo aspetto a essere sottoposto al massimo delle attenzioni possibili.

Concretamente, l'*impatto atteso* sarà quantificato sulla base della combinazione dei seguenti fattori:

- *intensità attesa*: gli effetti del fuoco sono legati al suo comportamento; l'intensità lineare (quantità di calore emanata nell'unità di tempo per unità lineare di fronte di fiamma) è il parametro maggiormente correlato agli effetti del fuoco e può determinare conseguenze da molto limitate a gravissime sull'ecosistema; si ritiene di proporre la valutazione del livello di impatto con un punteggio compreso tra 1 (molto basso) e 5 (molto alto); a partire da questa configurazione, all'intensità attesa del fronte di fiamma può essere attribuito un punteggio di impatto atteso, secondo quanto di seguito indicato: per intensità attese  $<400 \text{ kWm}^{-1}$ , punteggio = 1; per intensità attese tra 400 e  $800 \text{ kWm}^{-1}$ , punteggio = 2; per intensità attese tra 801 e  $1600 \text{ kWm}^{-1}$ , punteggio = 3; per intensità attese tra 1601 e  $3200 \text{ kWm}^{-1}$ , punteggio = 4; per intensità attese  $>3200 \text{ kWm}^{-1}$ , punteggio = 5;
- *effetto atteso sulla tipologia vegetazionale*: l'effetto (o impatto) atteso sulla copertura forestale, e in generale sull'ambiente dell'area protetta, dipende dall'intensità, dall'estensione dell'incendio, ma in gran parte dalla vulnerabilità della vegetazione, e in particolare dalla sua resilienza e resistenza; queste caratteristiche devono essere evidenziate con indagini puntuali basate sull'ecologia forestale e sulla selvicoltura; si propone di valutare l'impatto atteso assegnando alle diverse formazioni punteggi compresi da 1 a 5;
- *impatto nelle diverse zone dell'area protetta*: relativamente all'impatto atteso degli incendi nelle diverse zone protette si dovrà procedere a una caratterizzazione differente; gli interventi dovranno essere modulati in funzione delle differenti finalità dell'area protetta considerando quanto previsto dalla legge 394/91, che indica diversi gradi di protezione: (A) riserve integrali (in cui l'ambiente naturale è conservato nella sua integrità), (B) riserve generali orientate (con forti limitazioni nella realizzazione di nuove opere o di trasformazione del territorio, in cui possono essere consentite utilizzazioni produttive tradizionali e i servizi connessi); (C) aree di protezione (nelle quali possono ammettersi attività agrosilvopastorali nei limiti fissati dall'ente parco), (D) aree di promozione economica e sociale (in cui sono ammesse attività più intensive e azioni di valorizzazione economica, culturale e sociale, coerenti con le finalità dell'area protetta); nell'ambito dei differenti livelli di protezione per definire i livelli di impatto, si farà riferimento ai caratteri con cui gli incendi sono maggiormente in conflitto tenendo sempre ben presente la naturale predisposizione al rischio d'incendio delle diverse formazioni; la zonazione per gradi di protezione naturalistica dell'area protetta (A, B, C e D ove esiste e 1 e 2 negli altri casi) è una macrozonizzazione, vista l'estensione relativamente grande di ogni zona rispetto alle diverse tipologie morfologiche e vegetazionali interne a ognuna di esse; pertanto, si ritiene che tale zonazione non abbia una diretta rilevanza sul comportamento del fuoco, bensì determini una diversa considerazione sulle priorità d'intervento, data la diversa valenza naturalistica: quindi si ritiene di valutare l'impatto atteso da 1 a 4 rispettivamente per le zone D, C, B e A e da 2 a 3 rispettivamente per le zone 2 e 1.

La combinazione delle tre variabili considerate si realizza per semplice somma dei punteggi di impatto parziale, assegnando quindi uguale peso al contributo delle diverse componenti. Il punteggio derivante dalla somma verrà, quindi, segmentato in classi, secondo quanto di seguito indicato:

- per un punteggio di impatto tra 3 e 6, *impatto basso*;
- per un punteggio di impatto tra 7 e 9, *impatto medio*;



- per un punteggio di impatto tra 10 e 12, *impatto alto*;
- per un punteggio di impatto tra 13 e 14, *impatto molto alto*.

### **Identificazione delle aree omogenee di sintesi e attribuzione delle priorità di intervento**

Avvalendosi delle elaborazioni precedenti, il territorio viene suddiviso in aree omogenee che indicano rispettivamente la pericolosità e la gravità reale d'incendio.

Il passo successivo della pianificazione a fini di protezione della zona contro gli incendi, non può prescindere dal considerare ambedue i parametri valutati unitamente e in modo sintetico. Pertanto, per ciascuna area la conoscenza della pericolosità e della gravità, che tiene conto di tutti i parametri pirologici considerati precedentemente, consentirà di avere una situazione pirologica complessiva mediante un'operazione di intersezione spaziale delle aree omogenee definite dalla pericolosità e dalla gravità d'incendio, ottenendo aree omogenee per entrambi questi due parametri.

La *priorità degli interventi di prevenzione diretta* sarà accordata in funzione della *combinazione dei valori di gravità e pericolosità di ogni area omogenea*. Tuttavia, può accadere che nel territorio dell'area protetta vi siano più zone di pari valore di gravità e pericolosità. In previsione di tale evenienza, disponendo dei dati sufficienti, si prevede di ricorrere al concetto del *tempo di rotazione*. Il tempo di rotazione viene definito come il rapporto tra la superficie boscata dell'area e la superficie boscata media annua percorsa della stessa area. Il reciproco di questo rapporto può essere visto come *tempo di ritorno* (numero di anni necessari affinché la stessa superficie venga nuovamente interessata dall'incendio) oppure periodo di tempo necessario affinché tutta la superficie boscata dell'area venga percorsa dal fuoco.

## **Obiettivi di difesa (zonizzazione degli obiettivi)**

I criteri da seguire sono assai variabili, a seconda delle condizioni ambientali, della dimensione dell'area e del problema degli incendi (vd. § 5.4.1). Dovranno comunque essere tenute distinte le aree protette per le quali devono essere previsti obiettivi più rigorosi e specifici, considerando in modo particolare la zonazione contemplata dal piano d'assetto dell'area protetta.

L'approccio più adeguato per perseguire la conservazione del patrimonio boschivo è di promuovere e incentivare le attività di previsione e di prevenzione, anziché privilegiare la fase emergenziale legata allo spegnimento degli incendi.

La connotazione della pianificazione antincendio in aree protette impone di porre come *obiettivo ideale l'esclusione totale degli incendi*, anche di intensità contenuta. Pertanto, gli obiettivi da perseguire per la protezione AIB devono essere assai rigorosi e strettamente connessi con gli obiettivi specifici per i quali l'area protetta è stata costituita. In generale, l'obiettivo si concretizza con la *superficie percorsa dal fuoco massima accettabile*.

L'obiettivo del piano, quindi, deve basarsi sull'applicazione del criterio della *riduzione attesa di superficie media annua percorsa dal fuoco*, da realizzare per tappe successive, tendendo a raggiungere il contenimento totale. La riduzione attesa di superficie percorsa è comunque un obiettivo parziale, di cui si deve verificare la concreta realizzabilità nel periodo di validità del piano. Le linee di pianificazione devono essere stabilite e mantenute valide nella loro impostazione per un periodo sufficiente a valutarne i risultati. Detto periodo viene previsto indicativamente tra tre e cinque anni. L'impostazione pluriennale non esclude le revisioni annue, di cui alla legge 353/2000 (art. 3, comma 3) che per le aree protette devono avere soprattutto l'obiettivo di controllo degli effetti delle azioni preventive.

Non si deve intendere la revisione annua come l'occasione per valutare i risultati di contenimento degli incendi. Infatti, detti risultati si potranno valutare in periodi sufficientemente lunghi, in cui si sia manifestata una gamma rappresentativa delle condizioni meteorologiche predisponenti. Neppure l'obiettivo finale di eliminazione totale degli incendi boschivi può, in genere, essere concretamente raggiunto in un triennio. Detto obiettivo è comunque subordinato alla corretta collocazione degli interventi previsti. A tale fine è indispensabile fare riferimento alle zone omogenee precedentemente descritte, collocando in esse gli interventi in funzione dell'impatto atteso.

Integrano gli interventi assegnati alle singole zone omogenee gli interventi generali, che estendono la loro efficacia su tutto il territorio del parco.

## **Impatto accettabile per area omogenea e tipologia forestale**

Ogni area omogenea può sopportare un impatto che viene deciso dal pianificatore. La variabilità di situazioni non permette di fornire indicazioni generali: si può spaziare da livelli di impatto nulli a elevati. In funzione del livello di impatto accettato, cambiano molto l'impegno e i costi per rispettarlo. Per tale motivo, questa parte del piano collega strettamente i criteri per la definizione degli obiettivi con le tipologie di intervento.

## **Esigenze di protezione e tipologie d'intervento nelle aree omogenee**

Questa fase consiste nell'assegnazione delle tipologie d'intervento di contenimento del fuoco alle differenti zone omogenee. Sulla base dell'obiettivo, relativo alla zona omogenea, si stabilisce quali siano gli interventi da realizzare per raggiungerlo. Gli interventi saranno distribuiti tra prevenzione ed estinzione, impiegando tutti i possibili mezzi e tecniche. Questa fase è assai delicata, poiché comporta l'inserimento di un provvedimento in una situazione, dovendone prevedere i risultati.

## **Superficie percorsa dal fuoco massima accettabile e riduzione attesa di superficie media annua percorsa dal fuoco**

La superficie percorsa dal fuoco massima accettabile ( $AB\%$ ) per ogni zona omogenea è una parte fondamentale del piano e può essere determinata, anche con procedimenti di simulazione di comportamento del fronte di fiamma, nelle varie situazioni tipo riscontrate nella realtà del territorio oggetto di pianificazione. La definizione della superficie percorsa massima deve essere correlata anche con le diverse caratteristiche

di recupero spontaneo della vegetazione stessa. La conoscenza della resilienza e della tempistica del recupero dovranno entrare operativamente nel modello finalizzato alla definizione di  $AB\%$ . Per un'area naturale protetta, che assume dimensioni ampie (come alcuni Parchi Nazionali), serve una specifica successione di tappe pianificatorie. Nel caso specifico, essendo le aree protette costituite per la salvaguardia di particolari situazioni ambientali o per la conservazione di certe popolazioni, si dovrà in prima istanza valutare il danno potenziale in relazione a tale obiettivo e quindi successivamente si dovrà cercare di limitare al massimo il valore di  $AB\%$  considerando sempre che esso è inversamente proporzionale ai costi.

La *riduzione attesa di superficie media annua percorsa dal fuoco* rappresenta una tappa parziale, da adottare nel caso in cui non sia possibile raggiungere, nel periodo di validità del piano, il valore desiderato di  $AB\%$ .

## **Pianificazione degli interventi (zonizzazione degli interventi)**

In questo capitolo del piano si provvederà alla definizione degli interventi che si devono realizzare per ogni area omogenea determinata a seguito delle indagini e delle zonizzazioni attuale e degli obiettivi. Gli interventi devono essere dapprima descritti nelle loro caratteristiche generali e in seguito precisamente determinati nell'intensità, tipologia e collocazione solo sulla base delle risultanze delle precedenti zonizzazioni (vd. § 5.4.2).

Alcuni interventi sono di carattere generale: non sono, cioè, assegnati a priori alle singole aree omogenee, in quanto aventi una ricaduta su tutto il territorio, e non necessitano pertanto di essere localizzati puntualmente in sede di pianificazione. Tra questi è prevista la *prevenzione indiretta*, cioè l'attività che consente di portare a conoscenza della cittadinanza le problematiche legate agli incendi boschivi, affinché siano adottati comportamenti più prudenti.

La funzione dell'attività indiretta è diminuire le cause antropiche determinanti l'insacco degli incendi. Si possono evidenziare due fasi della sunnominata prevenzione: una a lungo e una a breve termine. La prima è composta dall'insieme delle attività miranti a creare una coscienza della cittadinanza, in modo da evitare comportamenti che possano innescare incendi. Quella a breve termine (più importante) si configura come informazione, mirata alla cittadinanza in genere, relativa al grado di pericolo esistente al momento attuale. Per la prevenzione indiretta a lungo termine saranno necessarie campagne d'informazione, oltre alla diffusione di pubblicazioni per introdurre elementi di sensibilizzazione a diverse fasce di pubblico e soprattutto ai fruitori dell'area protetta.

Per la prevenzione indiretta a breve termine, si propone di introdurre una cartellonistica dinamica per segnalare ogni giorno il grado di pericolo d'incendio, ottenuto dall'apposito dispositivo di previsione. Strettamente collegato alla prevenzione indiretta è la definizione del flusso informativo, utile a raggiungere la popolazione. Quest'attività, prevista dall'art. 6 della legge 353/2000, è sotto la responsabilità delle Regioni e deve portare la popolazione a conoscenza dei vincoli e dei divieti, dei danni procurabili dal fuoco, delle norme comportamentali da tenere in caso di incendio e dei riferimenti per la segnalazione urgente di eventuali focolai.

### **Previsione del pericolo di incendio**

Con questa attività si mira a conoscere in anticipo, rispetto al momento attuale, la probabilità che avvengano incendi, la loro frequenza e possibilmente anche il loro comportamento. Contemplata dall'art. 3, comma 3, lettere d) e g) della legge 353/2000, la previsione è strettamente collegata con le caratteristiche climatiche fisiche e biologiche del territorio e pertanto con la classificazione gerarchica del territorio (vd. § 6.1). Questa attività, di per sé molto importante nella pianificazione antincendi boschivi in generale, assume rilevanza singolare per le aree protette dove si deve poter contare sull'elevata probabilità di non permettere che l'incendio si diffonda.

Pertanto, si dovrà disporre di una previsione di livello generale tramite il collegamento con servizi di previsione di scala regionale e continentale. Si deve poi affiancare a queste informazioni una previsione di dettaglio: essa deve essere realizzata preferibilmente con un metodo meteorologico, cumulativo, di inizio e diffusione, del quale si sia validata la risposta dell'indice offerto alle condizioni ambientali dell'area protetta.

### **Interventi di prevenzione**

Con questo termine si intende l'attività a contrasto dei fattori predisponenti, anche solo potenziali, delle cause determinanti l'insacco e lo sviluppo di incendi boschivi nelle aree e nei periodi a rischio. Nel piano saranno previste tutte le possibili attività preventive finalizzate a rendere meno probabili gli incendi, più contenuti i parametri di comportamento e più facile l'estinzione.

#### *Viabilità operativa*

La viabilità è prevista dall'art. 3, comma 3, lettera i) della legge 353/2000 e va intesa come l'infrastruttura che consente il raggiungimento dei luoghi dove si manifesta il fuoco (vd. § 6.3.1). Si tratta di viabilità forestale la cui progettazione e realizzazione presenta aspetti delicati. Infatti non è possibile ipotizzare di raggiungere tutti i luoghi forestali con automezzi. Né può essere ipotizzato di estendere la rete viaria unicamente a tale fine. Pertanto la dimensione di questa infrastruttura deve tenere conto in modo rigoroso della

superficie percorsa dal fuoco massima accettabile e della riduzione attesa di superficie media annua percorsa dal fuoco.

Può accadere che si evidenzino una carenza di collegamento e in tale caso si farà ricorso a un servizio di elicotteri, limitando, il più possibile, il disturbo all'ambiente naturale. Ciò è reso possibile, senza elevare i costi, solo avvalendosi di un efficace sistema di previsione del pericolo.

Nel caso di realizzazioni di nuove strade, esse potranno essere unidirezionali poiché la densità di traffico sarà molto limitata, tuttavia dovranno essere previste frequenti piazzole di scambio per l'andata e il ritorno dei mezzi, che saranno distanti non più di 400 m l'una dall'altra. La pendenza media andrà contenuta al di sotto del 12%. Necessaria è la stretta regolamentazione dell'accesso e dell'uso della viabilità a scopi diversi (utilizzazioni, ricreazione, ecc.).

Dove vi è alta pendenza, l'intensità dei fronti di fiamma e la velocità di avanzamento sono mediamente più elevate, richiedendo un minore tempo di intervento se ci si avvale di strade percorribili a elevata velocità. Queste infrastrutture richiederebbero degli interventi assai impegnativi e modificazioni ambientali conseguenti. Anche questo fatto, soprattutto in territori montani, impone di rivolgersi preferibilmente al mezzo aereo.

#### *Viali tagliafuoco*

Queste infrastrutture, realizzabili con varie tipologie costruttive, sono strettamente collegate alla dimensione della superficie percorsa dal fuoco massima accettabile e della riduzione attesa di superficie media annua percorsa dal fuoco e alle modalità di estinzione previste dal piano per l'area in esame: in particolare, la tecnica di estinzione adottata è strettamente collegata al tipo di viale realizzato.

I viali tagliafuoco sono interventi di prevenzione realizzabili con diversi criteri progettuali (vd. § 6.3.2). È, comunque, essenziale inserire criteri di natura ecologica capaci di valutare gli effetti diretti e indiretti di tale "frammentazione". Si tratta di un problema complesso, che da una parte non può eliminare i viali tagliafuoco, ma può contribuire a tenere sempre presenti gli impatti e le ricadute sul sistema ecologico nella sua complessità, essendo tali interventi, senza dubbio, utili per limitare i danni degli incendi. Nell'area protetta si ricorrerà esclusivamente ai viali tagliafuoco di tipo attivo verde e alle tende tagliafuoco attive. In generale, si prevede che i viali attivi debbano contenere l'intensità lineare del fronte di fiamma sempre al di sotto di 400 kW/m dove si opera con attacco diretto a terra da parte di squadre con attrezzature manuali. Dove si ritiene necessario intervenire con mezzi meccanici, l'intensità lineare che il viale deve poter contenere è di 800 kW/m, mentre dove intervengono mezzi aerei ad ala mobile è di 1200 kW/m.

#### *Approvvigionamento idrico*

L'approvvigionamento idrico è realizzato attraverso una rete di punti di rifornimento, fissi o mobili, che devono essere configurati in relazione a tutti gli altri interventi di prevenzione diretta e alle componenti del servizio di estinzione (vd. § 6.3.3). Deve essere realizzato con sistemi di basso impatto ambientale e, in particolare, evitando la costruzione di invasi in cemento. Si ritiene di dover ricorrere a invasi di piccola capacità, smontabili e asportabili. Risulta quindi assai importante assicurarne una corretta collocazione.

La distribuzione degli invasi sul territorio, le loro caratteristiche costruttive e capacità, sono funzione dei mezzi previsti per lo spegnimento: rifornimento degli elicotteri di tipo leggero; rifornimento dei mezzi a terra. Ogni punto di rifornimento idrico è riferito a un'area servita da una squadra per lo spegnimento in fase di intervento a partire dal punto acqua. In base a questo criterio, cambieranno sia l'area servita sia la capacità di invaso per soddisfare i differenti mezzi e le tecniche di intervento legate agli scenari in cui si opera.

#### *Piazzole di atterraggio elicotteri*

Nelle aree protette l'uso degli elicotteri deve essere previsto in modo assai più intenso rispetto a quello del resto del territorio. Infatti, con questo mezzo si possono servire le zone con scarsa viabilità, realizzando sia il trasporto di squadre, sia parte dell'estinzione. Quest'aspetto è assai importante per evitare la costruzione di strade per l'estinzione. Occorre considerare, quindi, la necessità di piazzole di atterraggio (vd. § 6.3.4), per realizzare le condizioni atte a raggiungere tutte le zone comprese nelle aree protette nel tempo massimo di 10 minuti di volo.

#### *Interventi selvicolturali*

Gli interventi selvicolturali rappresentano la prevenzione diretta più efficace (vd. § 6.4), anche se, purtroppo,

po, non la più diffusa. Si realizza con varie attività di tipo selvicolturale, attuate e dimensionate in funzione del comportamento previsto del fronte di fiamma. Il progetto di questo tipo di prevenzione si attua sulla base della distribuzione dei popolamenti forestali, erbacei e arbustivi, in armonia con le norme previste dai piani di gestione eventualmente presenti, dell'impatto accettabile, della superficie percorsa dal fuoco massima accettabile e della riduzione attesa di superficie media annua percorsa dal fuoco e del comportamento previsto dell'incendio. Per quest'ultimo può essere opportuno avvalersi di modelli matematici di previsione.

La prevenzione diretta selvicolturale mira a sottrarre dal potenziale combustibile vegetale la quota parte di carico non assorbibile con l'estinzione. Nelle aree protette questo tipo di prevenzione si deve, ovviamente, ben raccordare con gli obiettivi, in termini di conservazione della biodiversità e la tendenza ad avere cenosi forestali e boschi vetusti, capaci di far emergere nel modo migliore l'eccezionale complessità funzionale del sistema foresta. Rinaturalizzazione delle cenosi di derivazione antropica, armonizzazione delle strutture, verifica degli ordinamenti presenti (fustaie, cedui, boschi non ordinariamente gestiti, boschi di neoforestazione, formazioni lasciate alla libera evoluzione), secondo i criteri della *selvicoltura sistemica* (vd. § 6.4.1), e identificazione delle eventuali azioni di riordino bioecologico, sono i criteri guida da seguire assieme all'impatto atteso e alla riduzione attesa di superficie media annua percorsa dal fuoco.

### **Lotta attiva**

La lotta attiva comprende tutte le attività di protezione più prossime, in senso spaziale e temporale, al manifestarsi dell'incendio. Bisognerà porre particolare attenzione alla valutazione degli impatti delle azioni e delle infrastrutture da progettare e realizzare nelle diverse fasi della lotta attiva.

#### *Sorveglianza*

Attività di controllo del territorio da attuare quando il livello degli indici di previsione del pericolo di incendio supera una prevista soglia di attenzione. Può essere organizzato un servizio di controllo che avverte la popolazione del livello del pericolo del momento. Ciò è particolarmente valido in aree assai frequentate e di alto pregio ambientale. Il servizio di controllo, che avverte la popolazione del livello dell'indice di pericolo presente, è particolarmente opportuno e valido in zone assai frequentate, soprattutto nelle aree contigue all'area protetta, con alta presenza di zone di interfaccia urbano-foresta.

#### *Avvistamento*

Consiste nell'attività di individuazione diretta dei focolai realizzata da terra sia con mezzi mobili che fissi, oppure dall'aria (vd. § 6.2). Quest'attività, che può essere realizzata con varie tecniche, deve essere applicata sul territorio rigidamente, in conseguenza delle analisi che evidenziano la vulnerabilità della copertura forestale e l'impatto accettabile. Inoltre, deve essere strettamente collegato alla previsione del pericolo ed entrare in funzione solo al superamento di soglie precisamente definite per ogni area omogenea. L'avvistamento è da intendersi come un servizio collocato a valle della previsione del pericolo. Tanto più quest'ultima sarà affidabile ed efficace, tanto minore potrà essere l'impatto della struttura di avvistamento. Nelle aree protette deve, in genere, essere preferito all'avvistamento con postazioni fisse quello basato su pattugliamento sia da terra sia con aerei. Anche i luoghi da osservare e, quindi, il tragitto che deve essere coperto dagli osservatori deve essere definito in sede progettuale, sulla base di consolidate metodologie messe a punto per evidenziare le aree che meritano di essere maggiormente poste sotto controllo. Nei casi in cui si fosse ritenuto necessario ricorrere a impianti fissi, qualora vi siano le condizioni di elevato pregio in zone ad alto rischio e laddove sia possibile ospitarli senza ricorrere a costruzioni di elevato impatto visivo, si ritiene che sia utile impiegare dispositivi con controllo remoto. L'avvistamento è da intendersi come un servizio collocato a valle della previsione del pericolo. Tanto più quest'ultima sarà affidabile ed efficace, tanto minore potrà essere l'impatto della struttura di avvistamento. Ciò porta il vantaggio di avere minori impatti sull'ambiente.

#### *Allarme*

La definizione dell'allarme avviene a seguito di segnalazione di evento avvistato. La segnalazione può pervenire da parte del servizio di avvistamento oppure da cittadini che avvisano tramite canali di comunicazione appositamente pubblicizzati. Con l'allarme si mettono in moto le operazioni di intervento. Per tale motivo l'allarme deve essere emanato solo da una struttura autorizzata e comunque a conoscenza del livel-

lo di pericolo, dell'area interessata, del momento e delle forze che possono essere fatte intervenire.

#### *Coordinamento operativo*

Si ritiene che presso l'area protetta debba sempre essere realizzato un punto di coordinamento. Detto punto di coordinamento, pur essendo autonomo, deve essere in contatto diretto con le SOUP (vd. § 5.1.1) per lo svolgimento della lotta attiva. Deve essere, quindi, assicurato il collegamento tra il livello centrale (Regione) e quello locale (area protetta). Quest'ultimo deve essere messo nelle condizioni di ricevere le informazioni e l'appoggio tecnico per le operazioni, che derivano dal lavoro fatto in sede centrale da personale esperto e possibilmente con Sistemi di Supporto alle decisioni, di cui ogni sala operativa dovrebbe essere dotata. Si dovrà inoltre organizzare il collegamento dell'attività operativa svolta da diverse Regioni.

#### *Estinzione: mezzi e procedure*

L'estinzione deve essere strettamente legata alla prevenzione: in ogni caso, si dovranno stabilire le tecniche da adottare in funzione dell'attuazione degli interventi preventivi già realizzati nell'area protetta. Dovranno essere predisposte le procedure operative da seguire nelle differenti situazioni e applicando differenti tecniche di estinzione. Dette procedure sono legate alle disposizioni AIB regionali. Qualora non fossero ancora stabilite, il piano deve proporle con la finalità di realizzare le migliori condizioni, per rendere efficaci le differenti azioni di lotta intraprese. In modo particolare si devono prevedere procedure operative specifiche per i principali mezzi in dotazione.

### **Formazione**

La formazione del personale è indispensabile per l'efficacia di tutte attività AIB ed è specificatamente prevista dall'art. 3, comma 3, lettera *m*) della legge 353/2000. Pur con differenti livelli di approfondimento deve rivolgersi ai progettisti delle opere di prevenzione, ai coordinatori delle operazioni di spegnimento, agli operatori addetti all'estinzione.

Le funzionalità di tutti gli strumenti in dotazione devono essere conosciute da coloro che attuano il coordinamento operativo, con particolare riferimento alle modalità di impiego dei sistemi di supporto alle decisioni e dei modelli di simulazione di comportamento del fronte di fiamma.

Agli operatori, professionali e volontari, sarà opportuno fare conoscere i dispositivi di sicurezza operativa e di protezione individuale, che devono essere utilizzati, e tutti gli aspetti teorico-pratici delle varie tecniche di estinzione.

## **Interventi post-incendio**

### **Accatastamento delle aree percorse dal fuoco**

Il piano deve offrire delle indicazioni omogenee per la realizzazione del catasto delle aree percorse dal fuoco. È necessario prevedere attività annuali di mappatura delle aree percorse dal fuoco, in conformità a quanto previsto dalla legge 353/2000.

Si ritiene che le informazioni oggi già raccolte siano valide ma che siano, tuttavia, necessarie indicazioni di georeferenziazione specifiche, in ambiente GIS (vd. § 7).

Con riferimento al più generale tema del rilievo e archiviazione dei dati sugli incendi si deve sottolineare che nel caso, non infrequente, in cui l'evento abbia interessato solo focolai di qualche centinaia di metri quadri, fare il sopralluogo, compilare e registrare una dettagliata scheda di descrizione richiede un impegno il più delle volte non proporzionato. Una separazione dei fenomeni di una certa estensione da episodi che sono invece di limitata superficie permette di avere meglio sotto controllo la situazione e più direttamente la sensazione di ciò che realmente accade. Pertanto, si propone di reintrodurre in sede di rilievo e archiviazione degli eventi il concetto di *principio di incendio*, che comprende tutti quegli eventi che, per limitate vastità, diffusibilità, violenza o difficoltà di estinzione, sono da classificare a parte. In particolare il principio di incendio per essere tale deve essere caratterizzato da: superficie percorsa minore di 1000 m<sup>2</sup>; nessun danno significativo; impiego di meno di tre persone per l'estinzione. Per ogni principio di incendio dovrebbero essere rilevati almeno la data, il luogo (sempre secondo un preciso e univoco sistema di coordinate) e la formazione forestale o classe di uso del suolo coinvolta.

### **Stima dei danni e criteri di priorità finanziaria degli interventi**

In sede di pianificazione, un aspetto importante, non sempre adeguatamente considerato, è l'identificazione delle modalità di stima dei danni prodotti dagli incendi e la conseguente individuazione dei criteri di priorità finanziaria nella programmazione degli interventi pubblici di recupero (analoga considerazione vale, del resto, anche per gli interventi di prevenzione e lotta attiva).

Una corretta analisi economica dell'effetto degli incendi boschivi può basarsi sull'ipotetico confronto tra il flusso dei costi e benefici nella situazione con e senza incendi: in questo ipotetico confronto vanno considerati non solamente gli aspetti di mercato (perdita diretta di legname e di prodotti non legnosi), ma anche i danni indiretti, comprendenti i prodotti e servizi non monetizzabili (offerta di aree ricreative, tutela idrogeologica, stabilizzazione climatica, ecc.), secondo quanto delineato nel § 5.6.

### **Recupero della copertura arborea**

Nel piano delle aree protette deve essere dedicata particolare attenzione alla bonifica e ricostituzione delle aree danneggiate dal fuoco. Detto recupero si affronta correttamente in un contesto generale di pianificazione ecologica e forestale, individuando i differenti effetti degli incendi avvenuti e la dinamica della ricostituzione spontanea (vd. § 8).

A tal fine, si propone, come base concettuale e di indirizzo operativo, l'approccio della *classificazione gerarchica del territorio*: integrandosi con le conoscenze raggiunte dalla pianificazione forestale, esso consente di produrre indicazioni a carattere sistemico per la prevenzione e il recupero degli spazi percorsi dal fuoco, così come richiesto dalla direttiva Habitat e, ancora più specificatamente, dalla convenzione per la conservazione della Biodiversità. Su queste basi, è possibile pervenire alla definizione, anche cartografica, di modelli ambientali e paesaggistici di riferimento, attraverso l'integrazione con il metodo della *fitosociologia del paesaggio* (vd. § 8.5.1): la ricostituzione delle aree danneggiate dal fuoco viene configurata a partire dalla conoscenza funzionale e strutturale del mosaico territoriale, attraverso l'analisi concreta delle caratteristiche sindinamiche (serie di vegetazione) e il confronto tra eterogeneità spaziale reale e eterogeneità potenziale. La conoscenza di questi modelli consente di valutare la congruità tipologica anche di stadi degradati (ad esempio, cespuglieti) e contribuisce a supportare l'articolazione di dettaglio degli interventi.

È così successivamente possibile definire, caso per caso, i singoli interventi di recupero forestale applicabili alle diverse tipologie riconosciute e modulati nel rispetto della multifunzionalità della copertura forestale, secondo criteri derivanti dall'esperienza tecnica selvicolturale (§ 9.3). In ogni caso, secondo quanto espresso all'art. 10 della legge 353/2000, non sarà sempre necessario ricorrere al rimboschimento.



Per poter definire e soprattutto distribuire correttamente detti interventi nell'area protetta, si devono prevedere le seguenti analisi: analisi delle possibilità di ricostituzione spontanea, anche in funzione di *fire severity* e *fire regime*; definizione di zone prioritarie di intervento; definizione degli interventi di ricostituzione da realizzare per ogni tipologia e per ogni area omogenea in funzione delle serie di vegetazione e delle unità di paesaggio, del tipo di danno subito e delle caratteristiche adattative delle specie arboree che costituiscono i soprassuoli, rispettandone le strategie rigenerative.

## BIBLIOGRAFIA

- ABBOTT I., BURROWS N. (eds.), 2003 - *Fire in ecosystems of south-west Western Australia: impacts and management*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 466.
- ACOSTA A., FILESI L., DI MARZIO P., BLASI C., 1998 - *Analisi della dinamica post-incendio in un'area permanente del Promontorio del Circeo*. In: Stanisci A. & Zerunian S. (eds.), *Flora e Vegetazione del Parco Nazionale del Circeo*, Ministero per le Politiche Agricole, Gestione ex A.S.F.D. (Sabaudia), pp. 141-148.
- AHLGREN I.F., 1974 - *The effect of fire on soil organisms*. In: Kozłowski T.T., Ahlgren C.E. (eds.), *Fire and ecosystems*, pp. 47-72. Academic Press, New York.
- ALLEN M.F., 1991 - *The ecology of mycorrhizae*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- ALMENDROS G., POLO A., IBAÑEZ J.J., LOBO M.C., 1984 - *Contribución al estudio de la influencia de los incendios forestales en las características de la materia orgánica del suelo*. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 21(1): 7-20.
- ALTENBURG R.G.M., DEN NIJS J.C.M., OOSTERMEIJER J.G.B., 1993 - *Post-fire succession in Quercus suber L. forest near Argeles, France: an initial study of changes in vegetation and ant species composition*. In: Trabaud L., Prodon R. (eds.), *Fire in Mediterranean ecosystems*. Ecosystems Research Report Series of European Communities, Report 5: 237-258.
- ARIANOUTSOU-FARAGGITAKI M., 1984 - *Post-fire successional recovery of a phrygane (East-Mediterranean) ecosystem*. *Acta Oecol. Oecol. Plant.*, 5(19): 387-394.
- ARONNE G., MAZZOLENI S., 1989 - *The effects of heat exposure on seeds of Cistus incanus L. and Cistus monspeliensis L.* *Giorn. Bot. It.*, 123: 283-289.
- ARWOOD J., 2003 - *Living with Wildfires: Prevention, Preparation & Recovery*. Bradford Publishing Co., Denver, pp.171.
- BADIOCCO M., CASAVECCHIA M., BIONDI E., PIETRACAPRINA A., 1996 - *Indagini geobotaniche per il recupero del rimboschimento del Monte Conero (Italia centrale)*. *Doc. Phytosoc.*, 16: 387-425.
- BALLERINI V., BIONDI E., CALANDRA R., 2000 - *Structure and dynamic of a Spartium junceum L. population in the central Apennines (Italy)*. *Coll. Phytosoc.*, 27: 1071-1096.
- BALLERINI V., NERI D., ZUCCONI F., BIONDI E., (in stampa) - *Modello architettonico di ginestra Spartium junceum L.*
- BARBAGALLO C., BRULLO S., FAGOTTO F., 1979 - *Boschi di Quercus ilex L. del territorio di Siracusa e principali aspetti di degradazione*. *Pubbl. Ist. Bot. Univ. Catania*, (2), 25 pp.
- BARBANA L., 1992 - *Studio sulla ricostituzione del patrimonio boschivo danneggiato o distrutto dal fuoco nel marzo 1990 nei comuni di Resia, Cavazzo e Trasaghis*. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia - Direzione Regionale delle Foreste e dei Parchi, pp. 1-36.
- BARBATI A., CORONA P., GARFÌ G., MARCHETTI M., RONCHIERI I., 2002 - *La gestione forestale nei SIC/ZPS della rete natura 2000: chiavi di interpretazione e orientamenti per l'applicazione della direttiva Habitat*. *Monti e Boschi*, 2: 4-13.
- BARBERIS G., PAOLA G., PECCENINI S., 1993 - *Dinamismo e proposte di gestione della vegetazione mediterranea in Liguria (Italia Nord-Occidentale)*. *Coll. Phytosoc.*, 21: 169-182.
- BARBERIS G., PAOLA G., PECCENINI S., 1994 - *Influenza dell'incendio sul dinamismo della vegetazione in Liguria*. In: Ferrari C., Manes F., Biondi E. (a cura di) *Alterazioni ambientali ed effetti sulle piante*, pp. 177-193. Edagricole.
- BARBERO M., BONIN G., LOISEL R., MIGLIORETTI F., QUEZEL P., 1987 - *Impact of forest fire on structure and architecture of Mediterranean ecosystems*. *Ecologia Mediterranea*, 13(4): 39-50.
- BARBERO M., BONIN G., LOISEL R., QUEZEL P., 1990 - *Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin*. *Vegetatio*, 87: 151-173.

- BARET F., GUYOT G., 1991 - *Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment*. Remote Sensing of Environment, 35: 161-173.
- BARTOLI A., GERDOL R., MASSARI G., 1991 - *Forest fire Soil fungi succession in a Mediterranean macchia after fire*. Rev. Ecol. Biol. Sol, 28(4): 387-402.
- BARTOLO G., BRULLO S., LO CICERO E., MARCENÒ C., PICCIONE V., 1978 - *Osservazioni fitosociologiche sulla pineta a Pinus halepensis di Vittoria (Sicilia meridionale)*. Arch. Bot. Biogeogr. Ital., 54(3-4): 137-153.
- BARTOLO G., BRULLO S., MINISSALE S., SPAMPINATO G., 1986 - *Osservazioni fitosociologiche sulle pinete a Pinus halepensis Miller del bacino del fiume Tellaro (Sicilia sud-orientale)*. Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat., 18(325) (1985): 255-270.
- BARTOLO G., BRULLO S., MINISSALE S., SPAMPINATO G., 1990 - *Contributo alla conoscenza dei boschi a Quercus ilex della Sicilia*. Acta Bot. Malac., 15: 203-215.
- BENTIVENGA S.P., HETRICK A.D., 1991 - *Relationship Between Mycorrhizal Activity, Burning and Plant Productivity in Tallgrass Prairie*. Can. J. Bot., 69: 2597-2602.
- BERNETTI G., 1995 - *Selvicoltura Speciale*, UTET, Torino.
- BEZZI A., FEOLI E., 1974-75 - *Osservazioni preliminari sugli effetti dell'incendio di un bosco ceduo nel Trentino meridionale*. Annali Ist. Sperim. Ass. For. e Apicoltura, 4: 45-76, Trento.
- BIONDI E., 1996 - *L'analisi fitosociologica nello studio integrato del paesaggio*. In: "Avances en Fitosociologia": 13-22, Servicio Edit. Universidad del Pais Vasco, Bilbao.
- BIONDI E., ALLEGREZZA M., 1996 - *Il paesaggio vegetale del territorio collinare anconetano*. Giorn. Bot. Ital., 130(1): 117-135.
- BIONDI E., ALLEGREZZA M., GUITIAN J., 1988 - *Mantelli di vegetazione nel piano collinare dell'Appennino centrale*. Doc. Phytosoc., 11: 479-490.
- BIONDI E., BALDONI M., 1994 - *The climate and vegetation of peninsular Italy*. Coll. Phytosoc., 23: 675-721.
- BIONDI E., BALDONI M., 1996 - *Natura ed ambiente della Provincia di Ancona - seconda edizione*. Arti Grafiche Tecnoprint, Ancona.
- BIONDI E., BALDONI M., LOIOTILE A., 2000 - *Utilizzazione del territorio e successioni diacroniche della vegetazione in un'area dell'Appennino umbro-marchigiano*. In: a cura di E. Biondi, R. Colantonio "La pianificazione del paesaggio tra ri-naturazione ed iper-antropizzazione. (Ancona, 27-28 novembre 1997) - Accademia Marchigiana di Scienze Lettere ed Arti: 103-159.
- BIONDI E., TAFFETANI F., 1989 - *Gli incendi boschivi nelle Marche*. In: "Gli incendi boschivi loro effetti e loro prevenzione", Quaderni dell'Ambiente, Provincia di Pesaro, pp. 109-120. Pesaro.
- BIONDI E., TAFFETANI F., ALLEGREZZA M., BALLELLI S., GIUSTINI A., 1990 - *La cartografia della vegetazione del Foglio Cagli (Carta d'Italia alla scala 1: 50.000, F° n. 290)*. Atti. Ist. Bot. e Lab. Critt. Pavia, serie 7 (9): 51-74.
- BISSETT J., PARKINSON D., 1980 - *Long-term effects of fire on the composition and activity of the soil microflora of a subalpine, coniferous forest*. Can. J. Bot., 58: 1704-1721.
- BISWELL H.H., 1974 - *Effects of fire on Chaparral*. In: Kozlowski T.T., Ahlgren C.E. (eds.), Fire and Ecosystems. Academic Press, New York, pp. 321-364.
- BLASI C. (a cura di), 2001 - *Fitoclima d'Italia*. Relazione di progetto "Completamento delle conoscenze naturalistiche di base". Servizio Conservazione Natura, Ministero Ambiente, Roma.
- BLASI C., 1994. *Fitoclimatologia del Lazio*. Fitosociologia, 27: 1-56.
- BLASI C., ACOSTA A., FILESI L., DI MARZIO P., 1999 - *Post-fire patterns in the Mediterranean maquis: a combined phytosociological and structural approach*. Plant Biosystems, 133: 129-136.
- BLASI C., CARRANZA L., DI PIETRO R., 1996 - *Sistemi di paesaggio e recupero ambientale negli oliveti abbandonati dei Monti Ausoni (Lazio meridionale)*. IAED - Quaderno 6, Atti del 1° Congresso, Volume 1: 51-58.
- BLASI C., CARRANZA M.L., 1998 - *Unità ambientali e sottosistemi di paesaggio del Parco Nazionale del Circeo*. In: Stanisci A & Zerunian S. (Eds.), Flora e Vegetazione del Parco Nazionale del Circeo. Ministero per le Politiche Agricole, Gestione ex A.S.F.D. (Sabaudia), pp. 13-21.
- BLASI C., CARRANZA M.L., FRONDONI R., ROSATI L., 2000 - *Ecosystem classification and mapping: A proposal for Italian Landscapes*. International Journal of Applied Vegetation Science, 3: 233-242.
- BLASI C., DI PIETRO R., FORTINI P., 2000 - *A phytosociological analysis of abandoned terraced olive grove shrublands in the Tyrrhenian district of Central Italy*. Plant Biosystems, 134(3): 305-331.
- BOND W.J., 1995 - *Effects of global change on plant-animal synchrony: implications for pollination and seed dispersal*. In: Moreno J.M., Oechel W.C. (eds), Global change and Mediterranean-types Ecosystems. Ecological Studies, 117: 181-202. Springer Verlag, New York..

- BOND W.J., 1998 - *Functional types for predicting changes in biodiversity: a case study in Cape Fynbos*. In: Smith T.M., Shugart H.H., Woodward F.I. (eds.), *Plant functional types. Their relevance to ecosystem properties and global change*. Cambridge University Press.
- BOVIO G., 1992 - *Linee metodologiche per la pianificazione antincendi boschivi*. *Monti e Boschi*, 1: 9-15.
- BOVIO G., 1993 - *Comportamento degli incendi boschivi estinguibili con attacco diretto*. *Monti e Boschi*, 44(4): 19-24.
- BOVIO G., 1993 - *Il posizionamento dei presidi di avvistamento antincendi boschivi*. *L'Italia Forestale e Montana*, 48(3): 182-197.
- BOVIO G., 1993 - *L'avvistamento nella pianificazione antincendi boschivi*. *Cellulosa e Carta*, 44(3): 28-33.
- BOVIO G., 1995 - *Prevenzione degli incendi forestali. Il verde per la difesa e il ripristino territoriale*. Accademia dei Georgofili, Firenze, pp. 31-39.
- BOVIO G., 1996 - *Come proteggerci dagli incendi boschivi*. Collana Protezione Civile e Ambiente. Regione Piemonte.
- BOVIO G., 1996 - *Evoluzione della prevenzione dagli incendi e della ricostituzione dei boschi danneggiati*. In: O. Ciancio (a cura di), *Il bosco e l'uomo*, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 289-307.
- BOVIO G., CAMIA A., 1993 - *Valutazione della predisposizione agli incendi forestali nell'asestamento polifunzionale*. Atti, Seminario UNIF, ENEA Brasimone, pp. 221-250.
- BOVIO G., CAMIA A., 2001 - *Linee di pianificazione antincendi boschivi nei parchi naturali*. In: Barbati A., Corona P., Marchetti M. (a cura di), *Completamento del quadro metodologico e conoscitivo, Definizione delle linee guida per la gestione ecosostenibile delle risorse agrosilvopastorali nei parchi nazionali*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Direzione Conservazione Natura, Ministero dell'Ambiente, Firenze. Pp. 22-56.
- BOVIO G., CAMIA A., GOTTERO F., 1999 - *Piano Regionale per la difesa del patrimonio boschivo dagli incendi 1999-2001*. Regione Piemonte. Assessorato Economia Montana e Foreste, p. 197.
- BOVIO G., GUGLIELMET E., CAMIA A., 2004 - *Fire management plan at Regional scale in an alpine fire prone area (Valle d'Aosta region - Italy)*. Proceedings of the II International Symposium on Fire Economics, Policy and Planning: a global view. 19-22 Aprile, 2004, Córdoba, Spain.
- BOVIO G., LEONE V. 1999 - *Evoluzione e attualità della protezione del bosco dagli incendi*. *L'Italia Forestale e Montana*, 3: 101-108.
- BRULLO S., FURNARI F., 1994 - *Considerazioni sulla flora e vegetazione delle Isole Eolie*. In: Guerrini A., Ed.), *Atti del 2° Workshop del Progetto Strategico C.N.R. "Clima Ambiente e Territorio del Mezzogiorno"* (S. M. Salina, 28-30/5/1990), pp. 379-392.
- BRULLO S., GIARDINA G., MINISSALE P., SPAMPINATO G., 1989 - *Osservazioni fitosociologiche e ruolo dinamico delle cenosi a Helianthemum sessilifolium della Sicilia meridionale*. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.*, s. 4, 20(330) (1987): 133-140.
- BRULLO S., MARCENÒ C., 1985 - *Contributo alla conoscenza della classe Quercetea ilicis in Sicilia*. *Not. Fitosoc.*, 19(1) (1984): 183-229.
- BRULLO S., MINISSALE P., SIGNORELLO P., SPAMPINATO G., 1996 - *Contributo alla conoscenza della vegetazione forestale della Sicilia*. *Coll. Phytosoc.*, 24 (1995): 635-647.
- BRULLO S., MINISSALE P., SPAMPINATO G., 1997 - *La classe Cisto-Micromerietea nel Mediterraneo centrale e orientale*. *Fitosociologia*, 32: 29-60.
- BRULLO S., SCELFI F., SIRACUSA G., SPAMPINATO G., 1996 - *Caratteristiche bioclimatiche della Sicilia*. *Giorn. Bot. Ital.*, 130(1): 177-185.
- BRULLO S., SCELFI F., SIRACUSA G., SPAMPINATO G., 1999 - *Considerazioni sintassonomiche e corologiche sui querceti caducifogli della Sicilia e della Calabria*. *Monti e Boschi*, 50(19): 16-29.
- BULLINI L., PIGNATTI S., VIRZO DE SANTO A., 1998 - *Ecologia generale*. UTET, Torino.
- BURGAN R. E., ROTHERMEL R.C. R., 1984 - *BEHAVE: Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System - Fuel Subsystem*. General Technical Report. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT, pp. 1-126.
- CALABRI G., 1991 - *La prevenzione degli incendi boschivi*. Edagricole, Bologna.
- CALVANI G., MARCHI E., PIEGAI F., TESI E., 1999 - *Funzioni, classificazione, caratteristiche e pianificazione della viabilità forestale per l'attività di antincendio boschivo - l'esperienza toscana*. *L'Italia Forestale e Montana*, 3: 109-125.
- CAMARDA I., SATTÀ V., 1995 - *Degradation of vegetation and desertification processes in Is Olias (Southern Sardinia)*. In: Aru A., Enne G., Pulina G. (eds), *Land use and soil degradation, MEDALUS in Sardinia*. Proceedings, Sassari, 25 May, 1994. Pp. 201-209.

- CAMIA A., 1993 - *Analisi delle serie storiche per la pianificazione antincendi boschivi*. Cellulosa e Carta, 44(3): 34-39.
- CAMIA A., CORONA P., MARCHETTI M., 2001. *Mappatura delle componenti ambientali predisponenti il rischio di incendi boschivi in Italia*. L'Italia Forestale e Montana, 6: 455-476.
- CARBALLAS M., ACEA M.J., CABANEIRO A., TRASAR C., VILLAR M.C., DIAZ-RAVINA M., FERNANDEZ I., PRIETO A., SAA A., VAZQUEZ F., ZEHNER R., CARBALLAS T., 1993 - *Organic matter, nitrogen, phosphorus and microbial population evolution in forest humiferous acid soils after wildfires*. In: Trabaud L., Prodon R. (eds.), *Fire in Mediterranean ecosystems*. Ecosystems Research Report, 5: 379-385. Commission of the European Communities, Brussels.
- CASAL M., 1987 - *Post-fire dynamics of shrubland dominated by Papilionaceae plants*. Ecologia Mediterranea, 13(4): 87-98.
- CASAL M., BASANTA M., GONZALEZ F., MONTERO R., PEREIRAS J., PUENTES A., 1990 - *Post-fire dynamics in experimntal plots of shrubland ecosystems in Galicia (NW Spain)*. In: Goldammer J.G., Jenkins M. J. (eds.), *Fire in Ecosystems dynamics*, SPB Academic Publishing bv, The Hague. Pp. 63-69.
- CFS, 2000 - *Statistiche sull'attività antincendio 2000*. Corpo Forestale dello Stato, Servizi AntIncendio Boschivo, Roma, www.corpoforestale.it.
- CFS, 2001 - *Statistiche sull'attività antincendio 2001*. Servizi AntIncendio Boschivo, Roma, www.corpoforestale.it.
- CHANDLER C., CHENEY P., THOMAS P., TRABAUD L., WILLIAMS D., 1983 - *Fire in forestry. Forest fire behavior and effects*. John Wiley & Sons, New York, pp. 450.
- CHIRICI G., CORONA P., DELLISANTI R., DI GIOVINE M., MARCHETTI M., ROSSINI P., TRAVAGLINI D., 2001 - *Confronto e integrazione di dati telerilevati IKONOS e Landsat 7 ETM+ nella valutazione dei danni da incendio in ambiente mediterraneo: il caso della Pineta di Castel Fusano*. In: Atti, 5a Conferenza Nazionale ASITA, La qualità nell'informazione geografica, 9-12 ottobre, Rimini, I Volume, pp. 529-537.
- CHIRICI G., CORONA P., MARCHETTI M., PORTOGHESI L., TRAVAGLINI D., 2002 - *Feasibility assessment of high and of very high resolution satellite imagery for hierarchical classification of burnt pine stands under in a Mediterranean coastal environment*. Atti. Terzo Congresso SISEF, Viterbo (in stampa).
- CHUVIECO E. (ed.), 2003 - *Wildland Fire Danger - Estimation and Mapping. The role of Remote Sensing Data*. Vol. 4. World Scientific Publishing e Co., pp.264.
- CHUVIECO E., CONGALTON R.G., 1988 - *Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping*, Remote Sensing of Environment, 29: 147-159.
- CHUVIECO E., CONGALTON R.G., 1988 - *Mapping and inventory of forest fires from digital processing of TM data*. Geocarto International, 4: 41-53.
- CIANCIO O., 1991 - *La selvicoltura oggi*. L'Italia Forestale e Montana, 46(1): 7-20.
- CIANCIO O., CORONA P., 1995 - *La pianificazione dei sistemi forestali: applicazioni e prospettive*. Quaderni IAED, 2: 22-37.
- CIANCIO O., CORONA P., IOVINO F., MENGUZZATO G., SCOTTI R., 1999 - *Forest management on a natural basis: the fundamentals and case studies*. Journal of Sustainable Forestry, 1/2: 59-72.
- CIANCIO O., CORONA P., NOCENTINI S., 1996b - *La selvicoltura sistemica e la conservazione del bosco*. In: Atti, Congresso IAED, Conservazione e biodiversità nella progettazione ambientale, Perugia, pp. 48-53.
- CIANCIO O., IOVINO F., MENGUZZATO G. NOCENTINI S. 1995 - *La fustaia chiara: un sistema di trattamento e di gestione poco noto*. L'Italia Forestale e Montana, 3: 264-273.
- CIANCIO O., IOVINO F., NOCENTINI S., 1996 - *La nuova dimensione della foresta mediterranea come prevenzione dagli incendi boschivi*. In: O. Ciancio (a cura di), *Il bosco e l'uomo*, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 189-199.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 1996 - *La selvicoltura sistemica: conseguenze scientifiche e tecniche*. L'Italia Forestale e Montana 51: 112-130.
- COLEMAN D.C., 1985 - *Through a ped darkly: an ecological assessment of root-soil-microbial-faunal interactions*. In: FITTER A.H. (ed.) *Ecological interactions in soil. Plants, Microbes and Animals*: 1-21. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London.
- CONEDERA M., MORETTI M., TINNER W., 2002 - *Storia ed ecologia degli incendi boschivi al sud delle Alpi della Svizzera*. In: Anfodillo T., Carraro V. (eds), *Il fuoco in foresta: ecologia e controllo*. Atti del XXXIX Corso di Cultura in Ecologia: 15-30. Università degli studi di Padova.
- CONEDERA M., TINNER W., 2002 - *Post-fire vegetation dynamics in southern Switzerland*. PAGES News, 10(1): 13-15.
- CORONA P., FACCIOTTO G., LUCCI S., MARIANO A., 1992 - *Contributo conoscitivo sulle tecniche culturali nelle pian-*

- tagioni da legno*. Quaderni di Ricerca SAF, 33, p. 42.
- CORONA P., LA MARCA O., 1993 - *Elementi di metodo per valutazioni tecniche nel settore ambientale*. Genio Rurale, 12: 45-54.
- CORONA P., LEONE M., PETTENELLA D., 1989 - *Valutazione multicriteriale dell'impatto di interventi realizzati in ambienti forestali*. Note Tecniche SAF, 8, p. 24.
- CORONA P., SARACINO A., 1993. *Sperimentazione dei diagrammi sequenziali per la valutazione del grado di rinnovazione in soprassuoli percorsi dal fuoco*. L'Italia Forestale e Montana, 4: 239-254.
- CORONA P., SARACINO A., LEONE V., 1998. *Plot size and shape for the early assessment of post-fire regeneration in Aleppo pine stands*. New Forests, 16: 213-220.
- DAFIS S.A., 1991 - *Silvicultural measures for forest fire prevention and rehabilitation after fires*. Proceedings, UN-ECE, FAO, ILO, Seminar on fire prevention, land use and people, Atene, pp. 239-246.
- DE LILLIS M., 1995 - *Ecologia del fuoco*. In S. Pignatti (ed.) Ecologia vegetale. UTET.
- DE LILLIS M., TESTI A., 1990 - *Post-fire dynamic in a disturbed mediterranean community in Central Italy*. In: Goldammer J.G., Jenkins M.J. (eds.), Fire in Ecosystems dynamics, SPB Academic Publishing bv, The Hague. Pp. 63-69.
- DE MARCO G., FURNARI F., 1976 - *Lineamenti della vegetazione del territorio di Santo Pietro (Caltagirone) a commento della carta in scala 1:25.000*. Atti Accad. Gioenia Sci. Nat., s. 7, 8: 3-15.
- DEBANO L.F., DUNN P.H., CONRAD C.E., 1977 - *Fire's effects on physical and chemical properties of chaparral soils*. Proceed. Environm. Consequences of Fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystems. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-3: 65-74.
- DEBANO L.F., EBERLEIN G.E., DUNN P.H., 1979 - *Effects of burning on chaparral soils. I. Soil nitrogen*. Soil Sci. Soc. Am. J., 43: 504-509.
- DEL FAVERO R. (ed.), 1999 - *Biodiversità e indicatori nei tipi forestali del Veneto*. Regione Veneto - Direz. Reg. Foreste e Economia montana, Accad. Ital. Sci. Forestali, Mestre, pp. 335.
- DEL FAVERO R., LASEN C., 1993 - *La vegetazione forestale del Veneto*. Libreria Progetto Editore, Padova, pp. 311.
- DHILLION S.S., ANDERSON R.C., LIBERTA A.E., 1988 - *Effect of fire on the mycorrhizal ecology of litte bluestem (Schizachyrium scoparium)*. Can. J. Bot., 66: 706-13.
- DI PASQUALE G., MAZZOLENI S., 2001 (in press). - *Late holocene vegetation dynamics in the Cilento region (southern Italy): preliminary data*. British Archaeological Report.
- DIGHTON J., 1991 - *Acquisition of Nutrients from Organic Resources by Mycorrhizal Autotrophic Plants*. Experientia, 47: 362-9.
- DRAGO A., CARTABELLOTTA D., LO BIANCO B., LOMBARDO M., 2000 - *Atlante climatologico della Sicilia*. Regione Siciliana, Ass. Agricoltura e Foreste. CD.
- EOM A.H., HARTNETT D.C., WILSON G.T., FIGGE D.H., 1999 - *The effect of fire, mowing and fertilizer amendment on arbuscular mycorrhizas in tallgrass prairie*. American Midland Naturalist, 142: 55-70.
- ESPOSITO A., MAZZOLENI S., STRUMIA S., 1999 - *Post-fire bryophyte dynamics in Mediterranean vegetation*. J. Veg. Sci., 10(2): 261-268
- FAO, 1986 - *Wildland fire management terminology*. FAO. Forestry Paper, 70, p. 257.
- FARACO A. M., FERNANDEZ F., MORENO J. M., 1993 - *Post-fire vegetation dynamics of pine woodlands and shrublands in the Sierra de gredos*. In: Trabaud L., Prodron R. (eds.), Fire in Mediterranean Ecosystems. Ecosystems Research Report, 5: 29-46.
- FERRAN A., VALLEJO R. V., 1998 - *Long-term plant regeneration after wildfires in mediterranean ecosystems of NE Spain*. In Trabaud L. (ed.), Fire Management and Landscape Ecology. International Association of Wildland Fire - Fairfield, Washington. pp. 155-166.
- FILESI L., BLASI C., DI MARZIO P., 1996 - *L'Orno-Querceto ilicis sigmetum del Promontorio del Circeo. (Italia Centrale)*. Annali di Botanica (Roma), 52, suppl. 2 (1994): 501-517.
- FLANNIGAN M.D., VAN WAGNER C.E., 1991 - *Climate change and wildfire in Canada*. Canadian Journal of Forest Research, 21: 61-72.
- FOX M. D., FOX B. J., 1986 - *The effect of fire frequency on the structure and floristic composition of a woodland understorey*. Australian Journal of Ecology, 11: 77-85.
- FRANCESETTI A., 2003 - *Recenti sviluppi per la classificazione e la cartografia dei combustibili forestali*. Workshop "I Sistemi di supporto alle decisioni nelle attività di pianificazione antincendi boschivi." La Mandria, Torino (Nov. 03).
- FRANCESETTI A., 2004 - *Caratterizzazione dei combustibili forestali*. Alberi e Territorio, 6:41-43. Edagricole.

Bologna.

- FRANSEN W.H., RYAN K.C., 1986. *Soil moisture reduces belowground heat flux and soil temperatures under a burning fuel pile*. Can. J. For. Res., 16: 244-248.
- FURNARI F., 1965 - *Boschi di Quercus suber L. e di Quercus ilex L. e garighe del Rosmarino-Ericion in territorio di Santo Pietro (Sicilia meridionale)*. Boll. Ist. Bot. Univ. Catania, s. 3, 5: 1-31.
- GAFTA D., PEDROTTI F., 1998 - *Fitoclina del Trentino-Alto Adige*. Studi Trentini Sci. Nat., 73: 55-111, Trento.
- GALLIZIA VUERICH L., 1997 - *Carta della vegetazione potenziale del Friuli-Venezia Giulia 1: 100.000 tramite l'utilizzo di una Banca Dati floristica e vegetazionale*. Tesi di Dottorato in Geobotanica, X Ciclo (1994-1997), Università degli Studi di Pavia.
- GALLIZIA VUERICH L., POLDINI L., FEOLI E., 2001 - *Model for the potential natural vegetation mapping of Friuli-Venezia Giulia (NE Italy) and its application for a biogeographic classification of the region*. Plant Biosystem, 135(3): 319-336.
- GENTILE S., 1969 - *Remarques sur les chênaies d'yeuse de l'Apennin méridional et de la Sicile*. Vegetatio, 17(1-6): 214-231.
- GENTILE S., 1982 - *Zonazione altitudinale della vegetazione in Liguria*. Lav. Soc. It. Biogeografia, N.S. - Vol. 9: 1-19.
- GENTILLI J., 1987 - *Cenni di bioclimatologia friulana*. Biogeographia, 13: 25-40.
- GODRON M., GUILLERM J. L., POISSONET P., THIAULT M., TRABAUD L., 1981 - *Dynamics and management of vegetation*. In: di Castri F., Goodall D.W., Specht R.L. (eds.), *Mediterranean-type shrublands - Ecosystems of the world, 11*. Elsevier Scientific Publishing Company, The Netherlands: 317-345.
- GRIME J.P., 1979 - *Plant strategies and vegetation processes*. J.Wiley & Sons, Chichester.
- HANES T.L., 1971 - *Succession after fire in the chaparral of southern California*. Ecol. Monogr., 41: 27-52.
- HANLEY M.E., FENNER M., 1998 - *Pre-germination temperature and the survivorship and onward growth of Mediterranean fire-following plant species*. Acta Oecologica, 19(2): 181-187.
- HIPPOLITI G., 1997 - *Appunti di meccanizzazione forestale*. Edizioni STEF, Firenze.
- HOFMANN A., 1960 - *Il faggio in Sicilia*. Flora et Vegetatio Italica, Mem. n. 2: 1-235.
- JAMESON D.A., 1961 - *Heat and desiccation resistance of important trees and grasses of the pinyon-juniper type*. Bot. Gaz., 122: 174-179.
- JOHNSON E.A., MIYANISHI K. (eds.), 2001 - *Forest Fires Behavior and Ecological Effects*. Academic Press, pp. 594.
- JONSSON L., DAHLBERG A., NILSSON M.C., ZACKRISSON O., KAREN O., 1999 - *Ectomycorrhizal fungal communities in late-successional Swedish boreal forests, and their composition following wildfire*. Mol. Ecol., 8: 205-15.
- KEELY J.E., 1986 - *Resilience of Mediterranean shrub communities to fires*. In: Dell B., Hopkins A.J.M., Lamont B.B. (eds.), *Resilience in Mediterranean-type Ecosystems*. Tasks for Vegetation Science 16. Dr. W. Junk, Dordrecht, pp. 95-112.
- KELLER F., LISCHKE H., MATHIS T., MÖHL A., WICK L., AMMANN B., KIENAST F., 2002 - *Effects of climate, fire, and humans on forest dynamics: forest simulations compared to the palaeological record*. Ecological Modelling, 152(2-3): 109-127.
- KLOPATEK C.C., DEBANO L.F., KLOPATEK J.M., 1988 - *Effects of simulated fire on vesicular-arbuscular mycorrhizae in pinyon-juniper woodland soil*. Plant Soil, 109: 245-249.
- KLOPATEK C.C., DEBANO L.F., KLOPATEK J.M., 1990 - *Impact of fire on the microbial processes in pinyon-juniper woodlands: management implications*. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM- 191: 197-205.
- KLOPATEK, C.C., FRIESE, C., ALLEN, M.F. & KLOPATEK, J.M., 1994 - *Comparisons of field and laboratory studies on the effects of fire on VA mycorrhizal fungi*. Twelfth conference on Fire and Forest Mineralogy, special issue. Journal of the Society of American Foresters, 94: 762-776.
- KUTIEL P., NAVEH Z., 1987 - *The effect of fire on nutrients in a pine forest soil*. Plant and Soil 104: 269-274.
- LA MANTIA T., MARCHETTI M., CULLOTTA S., PASTA S., 2000 - *Materiali conoscitivi per una classificazione dei tipi forestali e preforestali della Sicilia. I Parte: Metodologia ed inquadramento generale*. L'Italia Forestale e Montana, 55 (5): 307-326.
- LA MANTIA T., MARCHETTI M., CULLOTTA S., PASTA S., 2001 - *Materiali conoscitivi per una classificazione dei tipi forestali e preforestali della Sicilia. II Parte: descrizione delle categorie*. L'Italia Forestale e Montana, 56(1): 24-47.
- LAMONT B., 1982 - *Mechanisms for enhancing nutrient uptake in plants, with particular reference to mediterranean South Africa and Western Australia*. Bot. Rev., 48: 596-689.
- LE HOUEROU H.N., 1973 - *Fire and Vegetation in the Mediterranean Basin*. Proc. Tall Timbers Fire Ecology Conference, Tallahassee, Florida, Vol. 13.

- LEONE V., 1995a - *Gli incendi boschivi: difesa e ricostituzione*. In: Il ruolo della selvicoltura per la difesa e il ripristino dell'ambiente. Accademia dei Georgofili, Firenze, pp. 61-78.
- LEONE V., 1995b - *Gli incendi nello spazio rurale. Problemi e prospettive*. L'Italia Forestale e Montana, 6: 605-615.
- LEONE V., 1996 - *Aspetti sociologici nella fenomenologia degli incendi boschivi*. In: Ciancio O. (a cura di) L'uomo e il bosco, Acc. Ital. Sc. Forestali, Firenze.
- LEONE V., BORGHETTI M., SARACINO A., 2000 - *Ecology of post-fire recovery in Pinus halepensis in Southern Italy*. In: Trabaud L. (ed.) Life and environment in the Mediterranean. Advances in Ecological Sciences, 3: 29-154. Wit Press.
- LEONE V., CORONA P., SARACINO A., 1990 - *Studio sulla percezione degli incendi boschivi: una ricerca sperimentale tra gli addetti ai lavori*. Cellulosa e Carta, 5: 38-47.
- LEONE V., LOVREGLIO R., 2001 - *Metodi preventivi nella lotta agli incendi boschivi*. Legno Cellulosa e Carta, 1:16-28
- LEONE V., SARACINO A., DE NATALE F., 1993 - *I modelli di combustibile e la previsione del comportamento del fuoco*. Cellulosa e Carta, 44(2): 50-58.
- LEONE V., SARACINO A., TRABAUD L., VELEZ R., 2000 - *Fire management and Prevention Policies in West Mediterranean Pine Forests*. In: Ne'eman G., Trabaud L. (eds.), Ecology, Biogeography and Management of Mediterranean Pine Forest Ecosystems (*Pinus halepensis* and *P. brutia*). Backhuys Publishers, The Hague: pp. 335-354.
- LEONE V., SIGNORILE A., 1997 - *Viali parafuoco: tipologie ed efficacia*. L'Italia Forestale e Montana, (5): 307-328.
- LIACOS L. 1986 - *Le pâturage et le feu prescrit, des outils efficaces dans l'aménagement des forêts méditerranéennes du groupe Pin d'Alep*. Options Méditerranéennes, 1: 179-199.
- LUCCHESI S., GIOVANNINI G., 1993 - *Plant communities dynamics following fire: a case study in Tuscany*. In: Trabaud L., Prodron R. (eds.), Fire in Mediterranean Ecosystems. Ecosystems Research Report, 5: 47-54.
- LUSSENHOP J., WICKLOW D.T., 1984 - *Changes in spatial distribution of fungal propagules associated with invertebrate activity in soil*. Soil Biol. Biochem., 16: 601-604.
- MACFAYDEN A., 1963 - *The contribution of the microfauna to total soil metabolism*. In: Doeksen J., Van der Drift J., (eds.), Soil organisms. Pp. 3-15. North Holland, Amsterdam.
- MALANSON G. P., TRABAUD L., 1988 - *Vogour of post-fire resprouting by Quercus coccifera L.* J. Ecology, 76: 351-365.
- MARCENÒ C., OTTONELLO D., 1993 - *Osservazioni fitosociologiche su alcune leccete dei Monti di Palermo (con appendice floristica)*. Atti Accad. Sci. Lett. Arti Palermo, s. 5, 11, P. I: Scienze (1990-91): 121-143.
- MARCHETTI M., 1994 - *Pianificazione antincendi boschivi: un sistema informativo per la modellistica, la cartografia, le cause, i danni*. MIRAAF, Collana Verde, 93.
- MARCHETTI M., LOZUPONE G., 1995 - *Un modello integrato di simulazione del comportamento del fuoco*. L'Italia Forestale e Montana, anno L, 3: 307-318.
- MARCHETTI M., PETTENELLA D., 1994 - *La vegetazione ed il fuoco: analisi di alcune componenti del rischio e dei costi economici*. Cellulosa e Carta, 3: 17-27.
- MARCHETTI M., RICOTTA C., 1993 - *L'impiego di dati Landsat TM per il monitoraggio della ripresa vegetativa in aree incendiate*. Monti e Boschi, 3: 22-26.
- MARCHETTI M., RICOTTA C., VOLPE F., 1995 - *A qualitative approach to the mapping of the post-fire regrowth in Mediterranean vegetation with Landsat TM data*. International Journal of Remote Sensing, 16: 2487-2494.
- MARZANO R., GUGLIELMET E., 2004 - *La previsione del pericolo di incendio boschivo*. Alberi e Territorio. Edagricole, Bologna. In corso di pubblicazione.
- MAZZOLENI S., 1989 - *Fire and Mediterranean plants: Germination responses to heat exposure*. Ann. Bot. Roma XLVII: 227-233.
- MAZZOLENI S., ARONNE G., 1993 - *Introduzione all'ecologia degli incendi*. Liguori Editore, Napoli.
- MAZZOLENI S., ESPOSITO A., 1993 - *Vegetation regrowth after fire and cutting of Mediterranean macchia species*. In: Trabaud L., Prodron R. (eds.), Fire in Mediterranean Ecosystems. Ecosystems Research Report, 5: 87-99.
- NAVEH Z., 1971 - *The conservation of ecological diversity of Mediterranean ecosystem through ecological management. The scientific management of animal and plants communities for conservation*. Proc. Symp. Brit. Ecol. Soc., Norwich, 1970. Pp. 605-622. Blackwell, London.
- NAVEH Z., 1975. *The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region*. Vegetatio, 29: 199-208.
- NAVEH Z., 1990 - *Fire in the Mediterranean - a landscape ecological perspective*. In: Goldammer J.G., Jenkins M.S. (Eds.), Fire in Ecosystem Dynamics: Mediterranean and Northern Perspective. SBP Academic

Publishing, pp. 1-20.

- NEARY D.G., KLOPATEK C.C., DEBANO L.F., FFOLIOTT P.F., 1999 - *Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis*. For Ecol Manage, 122: 51-71.
- NE'EMAN G., LAHAV H., IZHAKI I., 1992 - *Spatial pattern of seedlings 1 year after fire in a Mediterranean pine forest*. Oecologia, 27: 1-6.
- NE'EMAN G., MEIR I., NE'EMAN R., 1993 - *The effect of ash on germination and early growth of Pinus, Cistus and annuals*. Seed Sci. Technol., 21: 339-349.
- NOWAK B., 1987 - *Untersuchungen zur Vegetation Ostliguriens (Italien)*. Diss. Bot. Band III, J. Cramer Berlin Stuttgart.
- ODUM E.P., 1973 - *Principi di Ecologia*. Piccin Editore, Padova.
- OECHEL W.C., HASTINGS S.J., VOURLITIS G.L., JENKINS M.A., HINKSON C.L., 1995 - *Direct Effects of CO<sub>2</sub> in Chaparral and Mediterranean-Type Ecosystems*. In: J. Moreno and W. Oechel. (eds.), *Global Change and Mediterranean-Type Ecosystems*. Ecological Studies, 117: 58-75. Springer, New York.
- OVERPECK J.T., BARTLEIN P.J., WEBB T., 1991 - *Potential magnitude of future vegetation change in Eastern North America: Comparison with the past*. Science, 254: 692-695.
- PAPAVASSILIOU S., ARIANOUTSOU M., 1993 - *Regeneration of leguminous herbaceous vegetation following fire in a Pinus halepensis forest of Attica, Greece*. In: Trabaud L., Prodon R. (eds.), *Fire in Mediterranean ecosystems*. Report N.5 of Ecosystems Research Report Series of European Communities. Pp. 119-126.
- PARMENTER J.R., 1977 - *Effect of fire on pathogens*. In: Mooney H.A., Conrad C.E. (ed.) *Proc. Symp. On the fire and fuel management in Mediterranean Ecosystems*. USDA For. Serv. Gen. Tech Rep WO-3: 58-64.
- PASTA S., 1993 - *Considerazioni teoriche sulle prospettive di ricerca aperte dalla geobotanica ed esempi di applicazioni di questa disciplina al caso specifico dello studio della flora e della vegetazione di un settore dei Monti di Palermo*. Tesi di Laurea in Scienze Naturali, Fac. Sci. MM. FF. NN. Univ. di Palermo, A.A. 1992/93.
- PASTA S., LA MANTIA T., in stampa - *Storia del paesaggio vegetale delle isole minori circumsiciliane. I. Consorzi forestali e preforestali dell'Isola di Lampedusa (AG) ed effetto degli impianti artificiali sulla vegetazione naturale*. Naturalista sicil., s. IV, 25 (suppl.).
- PAUSAS J. G., 1999 - *Response of plant functional types to changes in the fire regime in Mediterranean ecosystems: A simulation approach*. J. Veg. Science, 10: 717-722.
- PAUSAS J.G., 2001 - *Resprouting vs. seeding - a Mediterranean perspective*. Oikos, 94: 193-194.
- PERRY D. A., MOLINA R., AMARANTHUS M.P., 1987 - *Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs*. Can. J. For. Res., 17: 929-940.
- PIGNATTI S., 1998 - *I boschi d'Italia*. UTET, Torino, p. 677.
- PIROLA A., SARTORI F., 1989 - *Contribution a l'étude de la bioclimatologie de la Lombardie (Italie du Nord)*. Publications de l'Association Internationale de Climatologie, 2: 263-270.
- PIUSSI P., 1994 - *Selvicoltura generale*. UTET-Torino, 1: 11-14.
- POLDINI L., 1998 - *Inquadramento fitosociologico*. In: Del Favero R., Poldini L., Bortoli P.L., Dreossi G., Lasen C., Vanone G., *La vegetazione forestale e la selvicoltura nella regione Friuli-Venezia Giulia*. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale delle Foreste, Servizio della Selvicoltura, vol. 1 e 2, Udine.
- POLDINI L., ORIOLO G., VIDALI M., RAGGI L., MAGLIOLA C., 2001 - *Dinamismo evolutivo della vegetazione quale presupposto per ripristini ambientali. Primi risultati dal Carso triestino goriziano*. Inform. Bot. Ital., 33(1): 231-233.
- PRODON R., FONS R., ATHIAS-BINCHE F., 1987 - *The impact of fire on animal communities in Mediterranean area*. In: Trabaud L.(ed.), *The role of fire in ecological systems*. Proceed. Symp. IV Congress of Ecology, Aug. 1986, Syracuse. SPB Academic Publishing, New York.
- PUNTES A., PEREIRAS J., CASAL M., 1985 - *Dinamica de la poblacion de plantulas de Ulex europaeus L. tras incendio y su relacion con la microtopografia*. Studia Oecologica, 6: 12.
- PYNE S. J., 1984 - *Introduction to wildland fire. Fire management in the United States*. John Wiley & Sons, New York, pp. 455.
- RAIMONDO F.M., 1983 - *Carta della vegetazione di Piano della Battaglia e del territorio circostante (Madonie, Sicilia) (scala 1:4.000)*. C.N.R., Programma Finalizzato "Promozione Qualità dell'Ambiente", AQ/1/89 (1980): 1-43. Roma.
- RAIMONDO F.M., VENTURELLA G., GIANGUZZI L., 1992 - *Lineamenti floristici e vegetazionali del Bacino del Fiume Oreto (Palermo) con annessa carta del paesaggio vegetale (1:50.000)*. Quad. Bot. Ambientale Appl., 1 (1990): 77-91.
- RAIMONDO F.M., GIANGUZZI L., SCHICCHI R., 1994 - *Carta della vegetazione del massiccio carbonatico delle Madonie*



- (*Sicilia centro-settentrionale*). Quad. Bot. Ambientale Appl., 3 (1992): 23-40 + carta (scala 1:50.000).
- REEVES F.B., 1985 - *Survival of VA mycorrhizal fungi. Interactions of secondary succession, mycorrhizal dependency in plants, and resource competition*. Proceedings of the 6th NACOM. 110-113. OSU College of Forestry, Corvallis.
- REGGIANI F., 1932 - *Il Monte Conero*. Officine Poligrafiche, Ancona.
- REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1998 - *Piano regionale di difesa del patrimonio forestale dagli incendi*. Legge regionale 18 febbraio 1977, n.8. decreto del Presidente della Giunta 17 aprile 1998, n.0136/Pres. BUR, 26 suppl. ord.n.3 7/7/1998, p. 4502-4630.
- REGIONE VENETO, 1999 - *Piano regionale antincendi boschivi*. Legge regionale 24 gennaio 1992, n.6, articolo 2. BUR, suppl. 74 27/8/99, p. 306.
- REGO F. C., BUNTING S. C., DA SILVA J. M., 1991 - *Changes in understory vegetation following prescribed fire in maritime pine forests*. Forest Ecology and Management, 41: 21-31.
- RIVAS-MARTÍNEZ S, 1990 - *Bioclimatic Belts of West Europe (Relations between Bioclimate and Plant Ecosystems)*. Comm. Europ. Communities, Climat. Nat. Hazards Rev. Prog., Arles, France.
- RIVAS-MARTINEZ S., 1987a - *Bioclimatología*. In: Peinado Lorca M., Rivas-Martinez (eds.), La vegetación de España, Coll. Aula Abierta, 35-45. Madrid.
- RODRÍGUEZ Y SILVA F., 2004 - *Economic analysis in the control of fuel loading in Mediterranean forest ecosystems. Prescribed burning, an alternative to mechanical methods*. Proceedings of the II International Symposium on Fire Economics, Policy and Planning: a global view. 19-22 Aprile, 2004, Córdoba, Spain.
- RONCHI B., BODAN J.A., VALFRÈ F., 1985 - *Possibilità e limiti del bestiame pascolante nelle fasce frangifuoco*. Economia Montana, 6: 14-17.
- ROTHERMEL R.C., 1972 - *A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels*. Research Paper. USDA Forest Service, Intermountain Forest And Range Experiment Station, Ogden, UT, pp. 1-40.
- ROTHERMEL R.C., 1983 - *How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires*. General Technical Report. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT, pp. 1-161.
- ROTHERMEL R.C., DEEMING J.E., 1980 - *Measuring and Interpreting Fire Behavior for Correlation with Fire Effects*. General Technical Report. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT, pp. 1-4.
- RUNDEL P.U., 1981 - *Fire as an Ecological Factor*. In: Lange O.E., Nobel P.S., Osmond C.B., Ziegler H. (eds.), Physiological Plant Ecology, I. Springer-Verlag, New York. Pp.501-528.
- SALA A., SABATÉ S., GRACIA C.A., 1987 - *Structure and organisation of a Quercus coccifera garrigue after fire*. Ecologia Mediterranea, 13: 99-110.
- SARACINO A., CORONA P., LEONE V., 1993 - *La rinnovazione naturale del pino d'Aleppo (Pinus halepensis Miller) in soprassuoli percorsi dal fuoco*. Monti e Boschi, 3: 10-20.
- SARACINO A., LEONE V., 1993 - *Natural regeneration 2 and 4 years after fire of Pinus halepensis Miller in dunal environment*. In: Trabaud L., Prodrón R. (eds.), Fire in Mediterranean Ecosystems. Ecosystems Research Report, 5: 141-150.
- SARACINO A., LEONE V., 2001 - *Strategie di sopravvivenza al fuoco e meccanismi di recupero post-incendio in ambiente mediterraneo: il caso delle pinete di pino d'Aleppo*. Monti e Boschi, 2: 38-44.
- SCOTT J.H., 1998 - *Fuel reduction in Residential and Scenic Forest: a Comparison of Three Treatments in a Western Montana Ponderosa Pine Stand*. USDA Forest Service, Rocky Mountains Research Station, Res. Pap. RMRS-RP-5.
- SCHWEINGRUBER F.H., 1992 - *Annual growth rings and growth zones in woody plants in southern Australia*. IAWA, bull. 13, 4: 359-379.
- SCHWEINGRUBER F.H., 1996 - *Influence of fire*. In: Schweingruber F.H. (ed.), Tree rings and environment dendroecology. Swiss Federal Institute for Forest Snow and Landscape Research WSL/FNP, Birmensdorf. Haupt. Pp. 217-240.
- SPADA F., 1993 - *Incendi e vegetazione potenziale nell'Italia medio-tirrenica*. In Mazzoleni S., Aronne G. (eds.), Introduzione all'ecologia degli incendi. Liguori Editore, Napoli. Pp. 73-90.
- SPINELLI R., BALDINI S., 1995 - *Il restauro dei boschi percorsi da incendio: possibilità operative*. EM-Linea Ecologica: 4-8.
- SWETNAM T. W., 1993 - *Fire history and climate change in giant Sequoia groves*. Science, 262: 885-889.
- TAYLOR D.L., BRUNS T.D., 1999 - *Community structure of ectomycorrhizal fungi in a Pinus muricata forest: minimal overlap between the mature forest and resistant propagule communities*. Mol. Ecol., 8: 1837-1850.

- TOMASELLI R., BALDUZZI A., FILIPELLO S., 1973 - *Carta bioclimatica d'Italia*. Collana Verde, 33: 5-24, Ministero Agricoltura e Foreste, Roma.
- TORPY F.R., MORRISON D.A., BLOOMFIELD B.J., 1999 - *The influence of fire frequency an arbuscular mycorrhizal colonization in the shrub Dillwynia retorta (Wendland) Druce (Fabaceae)*. Mycorrhiza, 8: 289-296.
- TRABAUD L., 1981 - *Man and fire. Impacts on the mediterranean vegetation*. Ecosystem of the world, Mediterranean type shrublands, Vol. 2. Springer Verlag, pp. 523-537.
- TRABAUD L. (ed.), 1987 - *The role of fire in ecological systems*. SPB Academic Publishing. Pp. 121-157.
- TRABAUD L., 1987a - *Fire and survival traits of plants*. In Tra baud L. (ed.) *The role of fire in ecological systems*. SPB Academic Publishing. pp. 65-89.
- TRABAUD L., 1987b - *Dynamics after fire of sclerophyllous plant communities in the mediterranean basin*. Ecologia Mediterranea, 13: 25-37.
- TRABAUD L., 1989 - *Les feux de forets*. Editions France-Selection, Montpellier, Cedex.
- TRABAUD L., 1991 - *Fire regimes and phytomass growth dynamics in a Quercus coccifera garrigue*. Journal of Vegetation Science, 2: 307-314.
- TRABAUD L., LEPART J. 1980 - *Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire*. Vegetatio, 43: 49-57.
- TRABAUD L., METHY M., 1992 - *Effects de températures sub-létales sur l'appareil photosynthétique du chêne vert (Quercus ilex L.)*. Ann. Sci. For., 49: 637-649.
- TURNER M., HARGROVE W.W., GARDNER R.H., ROMME W.H., 1994 - *Effects of fire on landscape heterogeneity in Yellowstone National Park*. Wyoming Journal of Vegetation Science, 5: 731-742.
- TURNER M., ROMME W.H., GARDNER R.H., HARGROVE W.W., 1997 - *Effects on fire size and pattern on early succession in Yellowstone National Park*. Ecological Monographs, 67: 411-433.
- VAGGE I., 1999 - *La diffusione del bioclina mediterraneo in Liguria (Italia Nord Occidentale)*. Fitosociologia, 36(1): 95-109.
- VAGGE I., 2000 - *La vegetazione costiera dei substrati carbonatici del Golfo della Spezia (Liguria orientale - Italia)*. Fitosociologia, 37(1): 3-19.
- VELEZ MUÑOZ R., 1983 - *Il problema degli incendi dolosi e suoi rapporti con le condizioni sociali ed economiche delle zone interessate*. In: Leone V. (a cura di) *Atti Conv. Internaz. di Studi sui Problemi degli Incendi Boschivi in Ambiente Mediterraneo, Regione Puglia, Bari*, 101-134.
- VELEZ MUÑOZ R., 1986 - *Incendios forestales y su relacion con el medio ambiente*. Rev. Estud. Agro-Sociales, 136: 195-221.
- VÉLEZ MUÑOZ R., 2004 - *Europe: development and fire*. Proceedings of the II International Symposium on Fire Economics, Policy and Planning: a global view. 19-22 Aprile, 2004, Córdoba, Spain.
- VIEDMA O., MELIA J., SEGARRA D., GARCIA-HARO J., 1997 - *Modeling rates of ecosystem recovery after fires by using Landsat TM data*. Remote Sensing of Environment, 61: 383-398.
- VIEGAS D., SOL B., BOVIO G., NOSENZO A., FERREIRA A., 2000 - *Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe*. International Journal of Wildland Fire, 9(4): 235-246.
- WALTER H., 1968 - *Die Vegetation der Erde. Die gemässigten und arktischen Zonen*. G. Fischer, Jena.
- WALTER H., LIETH H., 1964 - *Klimadiagramm-Weltatlas*. 2<sup>a</sup> ed., Jena.
- WEATHERSPOON C.P., 1996 - *Fire-silviculture relationships in Sierra Forests*. Sierra Nevada Ecosystem Project: Final Report to the Congress, University of California, Davis, California, USA, vol. II, chapt. 44, pp. 1167-1176.
- WEATHERSPOON C.P., SKINNNER C.N., 1996 - *Landscape-level strategies for forest fuel management*. Sierra Nevada Ecosystem Project: Final Report to the Congress, University of California, Davis, California, USA, vol. II, chapt. 56, pp. 1471-1492.
- WICKLOW D.T., WITTINGHAM W.F., 1978 - *Comparison of soil microfungal populations in disturbed and undisturbed forests in northern Wisconsin*. Can. J. Bot., 56: 1702-1709.
- WIDDEN P., PARKINSON D., 1975 - *The effects of forest fire on soil microfungi*. Soil Biol. Biochem., 7: 125-138.
- WRIGHT H.A., BAILEY A.W., 1982 - *Fire ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- ZANZI SULLI A., 1994 - *Il fuoco*. In: Piussi P., *Selvicoltura generale*. UTET, Torino. Pp. 21-39.

























