

# PROGETTO SIMIB: MAPPE DEGLI INCENDI E VALUTAZIONE DEI DANNI DA OGGI A PORTATA DI MOUSE

di Maurizio Carlini \*, Riccardo Valentini \*,  
Claudio Belli \*\*, Bruno Capitoni \*\*, Dario Papale \*\*

*Un'attività di sperimentazione e di ricerca finalizzata a migliorare le conoscenze per il rilievo e la mappatura delle aree forestali percorse dal fuoco: questo l'obiettivo alla base del sistema informativo di monitoraggio degli incendi boschivi (SIMIB) realizzato dal Dipartimento delle Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse dell'Università della Tuscia. Il progetto mira a realizzare un completo sistema informativo territoriale dell'evento incendio boschivo: la rappresentazione finale dei dati è stata definita in modo da renderli compatibili con il Sistema Informativo della Montagna (SIM). In questo articolo, per motivi di spazio, viene illustrato nel dettaglio uno degli obiettivi del progetto SIMIB: il catasto degli incendi boschivi della regione Lazio, Anno 2004.*

*Experimental and research activities to improve knowledge to survey and map forests affected by fire: this is the goal set for the so-called Sistema Informativo di Monitoraggio degli Incendi Boschivi (SIMIB), i.e., the Monitoring Information System for Forest Fires, set up by the Dipartimento delle scienze e dell'ambiente forestale e delle sue risorse dell'Università della Tuscia. The project's aim is to build a complete forest fire territorial information system. The final representation of data has been defined to make them compatible with the Sistema informativo della montagna (SIM), i.e., the Information System for the Mountain Environment. Due to lack of space, this article describes in detail one of the objectives of the SIMIB project, namely, the realization of a cadaster for fires in the region of Latium in year 2004.*

**I**l progetto SIMIB (Sistema Informativo di Monitoraggio degli Incendi Boschivi) è stato realizzato dal DISAFRI (Dipartimento delle Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse)

\* Docente all'Università degli Studi della Tuscia, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse (DISAFRI)

\*\* Assegnista di Ricerca all'Università degli Studi della Tuscia, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse (DISAFRI)





dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo, per conto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, che ha concordato un'attività di sperimentazione e ricerca finalizzata al miglioramento delle conoscenze in merito ad un nuovo sistema di rilievo e mappatura delle aree forestali percorse dal fuoco e valutazione del danno attraverso il telerilevamento aereo spettrale.

Il progetto è nato dall'esigenza di diffondere l'utilizzo di nuove tecnologie al servizio del Corpo forestale dello Stato e degli Enti che in ottemperanza agli obblighi della Legge Quadro 353/2000 hanno il compito di stimare i danni a fine stagione e di redigere il Catasto Incendi delle aree boschive e pascolive percorse dal fuoco.

SIMIB ha proseguito il lavoro iniziato nel 2002-2003 dal progetto SAGMA (convenzione di ricerca con il Centro Interuniversitario di Ricerca sui Paesi in via di Sviluppo - CIRPS - dell'Università degli Studi La Sapienza di Roma, in collaborazione con il DISAFRI dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo) attraverso il quale era stato sviluppato un sistema di telerilevamento aereo a basso costo per la mappatura ad elevata risoluzione delle aree boschive bruciate.

In tal senso si è estesa l'attività di ricerca a scala regionale, individuando la Regione Lazio come unità territoriale e amministrativa dove condurre tutti i rilievi e a cui fare riferimento per i risultati del Catasto Incendi. Nell'ambito del progetto SIMIB sono state seguite diverse linee di studio, di seguito esposte, allo scopo di realizzare un completo *sistema informativo territoriale* dell'evento incendio boschivo in cui sono state registrate le mappe, i dati geometrici dell'area bruciata, il livello di danno, arrivando a fare una stima del carbonio perso in seguito al passaggio del fuoco. La rappresentazione finale dei dati è stata definita in modo da renderli compatibili in ambiente SIM (Sistema Informativo della Montagna), considerando il ruolo e il riferimento che questo strumento ormai rappresenta per tutti gli addetti del settore.

In questo studio viene illustrato soltanto l'obiettivo principale che consiste nella realizzazione del Catasto Incendi della regione Lazio.

### Obiettivi del progetto

Gli obiettivi specifici per cui è stato ideato e realizzato il progetto SI-





MIB sono essenzialmente tre:

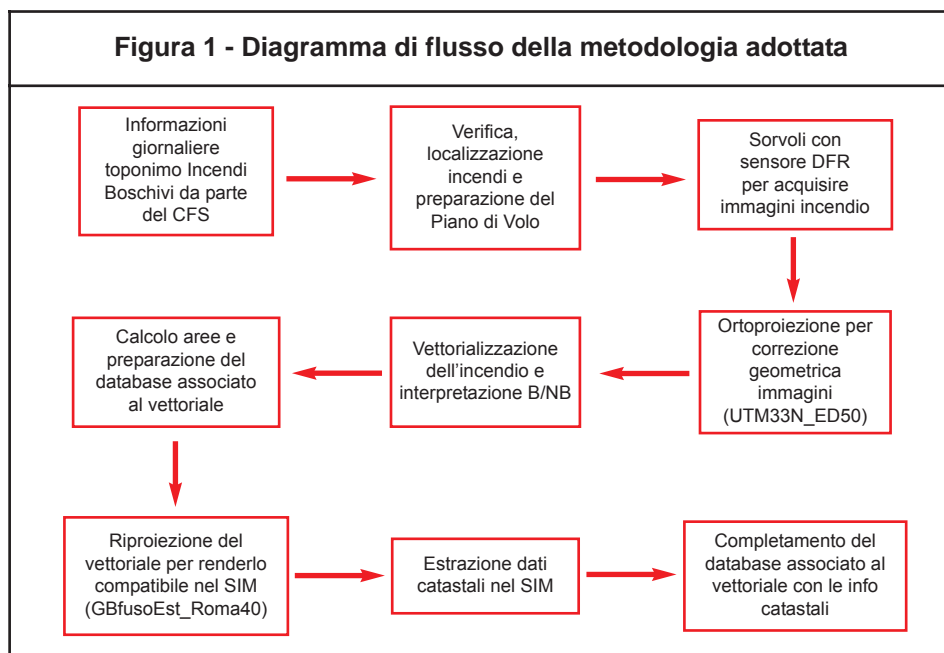
- Catasto Incendi della regione Lazio;
- Valutazione del danno occorso alla vegetazione;
- Stima delle emissioni di CO<sub>2</sub> dovute al passaggio dell'incendio boschivo e possibili ripercussioni sugli obiettivi del protocollo di Kyoto.

SIMIB ha sperimentato una nuova metodologia basata sul telerilevamento aereo multispettrale sviluppando una tecnica rigorosa in risposta a quanto viene richiesto nell'art. 10 dalla Legge Quadro 353/2000 in materia di incendi boschivi riguardo la realizzazione del Catasto Incendi.

Allo scopo di valutare tale tecnica è stato condotto, su alcuni incendi, un confronto tra i dati ottenuti e quelli provenienti da altre metodologie di mappatura incendi, quali le osservazioni di campo condotte dal Corpo forestale dello Stato per la realizzazione della scheda AIBFN e il rilievo a terra con GPS differenziale. Tale confronto ha messo in evidenza aspetti diversi relativi all'uso di ogni metodologia.

## Metodologia

Nella *Figura 1* è riportato lo schema della metodologia adottata. Alcuni importanti elementi e scelte di base vengono di seguito elencati:





- si è cercato per quanto possibile di effettuare i sorvoli a distanza massima di 20 giorni dall'incendio; dopo tale periodo infatti l'impronta dell'area percorsa dal fuoco risulta meno riconoscibile a causa del rinnovo della vegetazione;
- l'elaborazione delle immagini è stata fatta nel sistema di proiezione UTM33N, *datum* European 1950 per un fattore di compatibilità con la base dati geografica in possesso;
- come ultimo passaggio i risultati delle elaborazioni sono stati trasformati nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est, *datum* Roma 40 per poter essere rappresentati nel SIM.

### Ricezione e organizzazione dei dati incendio

Questa parte iniziale del processo metodologico ha avuto come obiettivo quello di acquisire i dati incendio dal Corpo forestale dello Stato, organizzarli in un database e pianificare l'attività di volo. Tutti i dati incendio sono stati inseriti ed elaborati in un database in formato Excel (\*.xls) nel quale ad ogni incendio è stato assegnato un codice univoco denominato CIS (Codice Incendio SIMIB) che lo accompagna per tutta la sua "storia". Per ogni incendio sono stati associati i seguenti dati: data dell'incendio, provincia, comune, località segnalata nella scheda giornaliera o direttamente dal Corpo forestale dello Stato, superficie boscata, superficie non boscata e superficie totale percorsa dal fuoco segnalata in prima istanza dal Corpo forestale dello Stato. A questi dati ne sono stati aggiunti altri, utili per la pianificazione e l'effettuazione dell'attività di volo, come: la quota stimata del toponimo, le coordinate del punto in UTM fuso 33 e *datum* E50; latitudine e longitudine in *datum* WGS84, CTR in scala 1:10.000 e ortofoto di riferimento, tavola IGM in scala 1:25.000 più degli eventuali commenti che possono risultare utili al momento dell'elaborazione delle foto degli incendi.

Una volta ottenuti i dati informatizzati AIBFN, ad ogni incendio, identificato dal toponimo e dalla data dell'evento, sono stati assegnati al database i dati della relativa scheda AIBFN. Questi dati utilizzati al momento dell'elaborazione delle foto sono: numero della scheda AIBFN informatizzata, codice ISTAT del comune, località segnalata, coordinate del punto incendio, superficie boscata, non boscata e totale bruciata







L'attività di volo è stata basata sulla redazione del piano di volo. Questo è inteso come studio del circuito di volo con aeroporto di partenza e di arrivo; eventuale atterraggio intermedio per rifornimento carburante; tempi di esecuzione; consumi; studio dell'orografia; considerazione dei vari spazi aerei con richiesta di eventuali permessi di sorvolo e coordinamento con gli enti a terra di controllo delle aree interessate, oltre ovviamente alla pianificazione delle aree incendio da sorvolare. Il circuito di volo viene costruito nel programma *Map Source* in cui si registrano le coordinate dell'incendio, le direttrici e gli angoli di volo che vengono poi scaricati come traccia nel GPS di bordo. Questa rappresenta di fatto il percorso "comandato" del volo da effettuarsi. L'oculata pianificazione delle missioni è stata necessaria per intercettare le aree incendio e massimizzare i risultati, riducendo al minimo i tempi di trasferimento. Mediamente, con un sorvolo di 3,5 ore (autonomia del velivolo), ad una quota variabile tra i 1.000 e i 1.500 metri sulla linea di terra, si riescono ad acquisire circa dai 10 ai 20 incendi in funzione della dislocazione e dell'evidenza degli stessi sul territorio.

Il riconoscimento dell'incendio a partire dal raggiungimento del *punto-toponimo* più prossimo ha comportato, oltre ad un dispendio di tempo e carburante, una ricerca visiva dall'aereo non sempre agevole, ancor più complicata se si tratta di una piccola estensione boschiva incendiata. Altri problemi sorgono dove ci sono più incendi ravvicinati ma sviluppatisi in differenti giorni. In questo caso risulta molto difficile ricostruirne la cronologia in abbinamento alle aree, spesso aggravata anche dalla fusione dei singoli focolai. In corrispondenza di questi incendi si è proceduto con una mappatura totale di un intero territorio attraverso la tecnica delle 'griglie' ovvero acquisizioni continue su passaggi paralleli, consecutivi ed equidistanti di grandi aree di terreno. Tale tecnica è stata utilizzata soprattutto in provincia di Latina.

### Elaborazione dei dati immagine

Per elaborazione si intende il processo di preparazione (conversione, ordinazione, controllo e selezione) e correzione geometrica delle immagini degli incendi a partire dalle immagini grezze del volo, che è alla base delle successive fasi di perimetrazione dell'area d'incendio e della





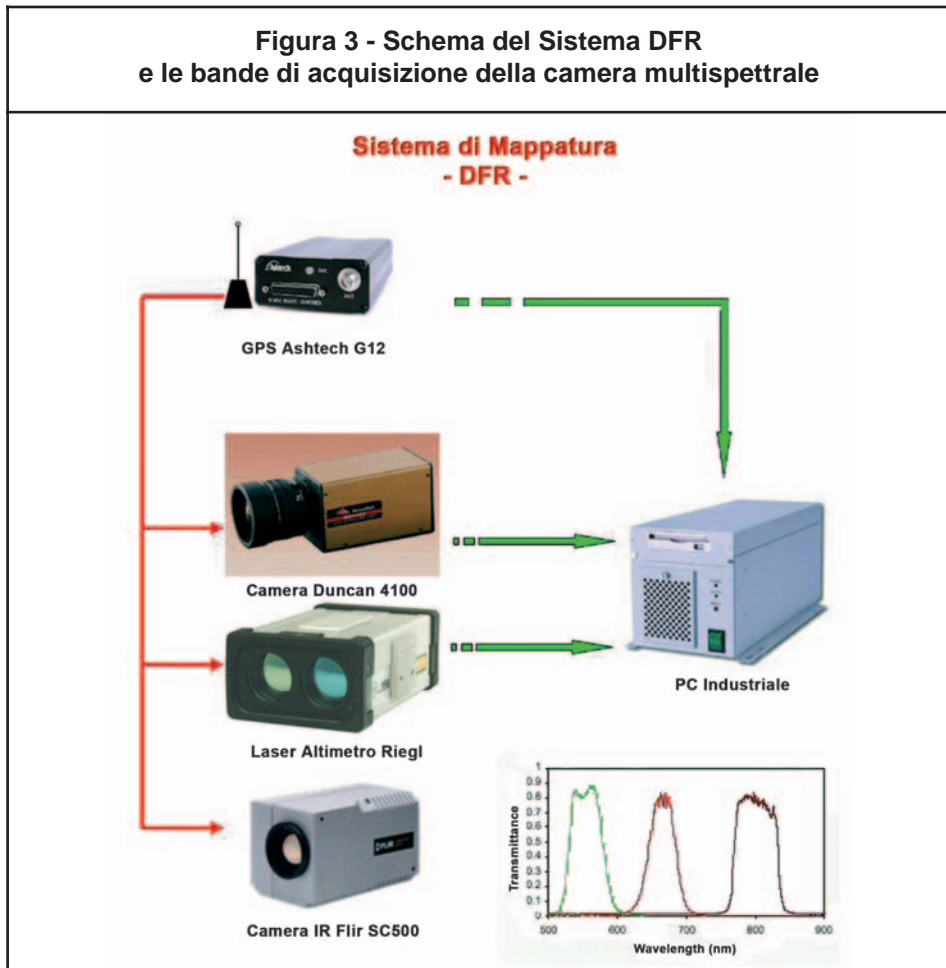
identificazione delle classi boscato/non boscato.

Il processo di elaborazione è stato svolto in tre fasi principali:

- a) preparazione delle immagini (conversione, archiviazione, controllo e selezione);
- b) ortoproiezione delle immagini Duncan;
- c) mosaicatura delle immagini.

a) *Preparazione delle immagini* - Le immagini del sistema DFR hanno una risoluzione di 1920 x 1075 pixel e sono in falsi colori (Figura 3) ovvero composizione delle bande spettrali del verde (550 nm), del rosso (680 nm) e dell'infrarosso vicino (780 nm). Le immagini sono state acquisite

**Figura 3 - Schema del Sistema DFR e le bande di acquisizione della camera multispettrale**



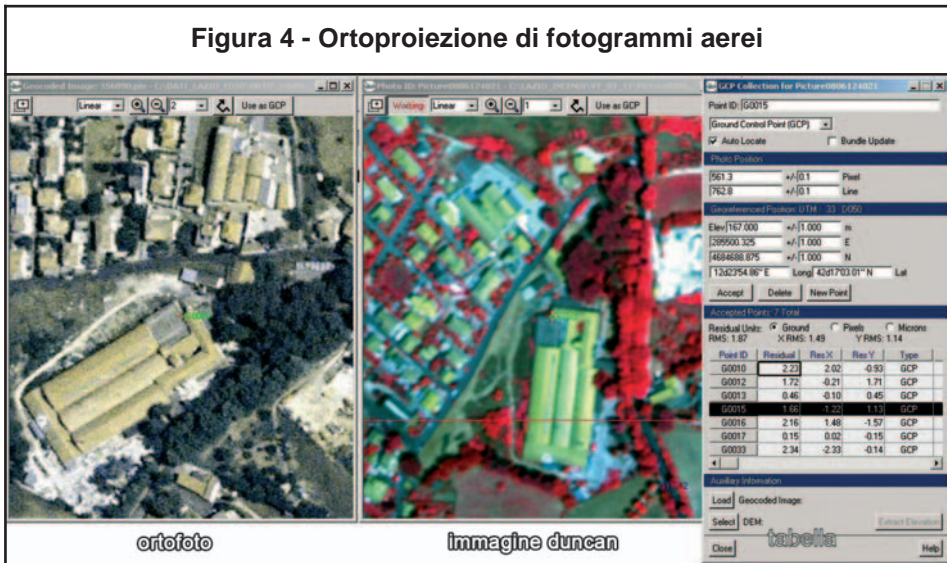


con un'ottica di 14 mm di lunghezza focale e registrate in formato proprietario (\*.U32) che successivamente è stato trasformato in formato RGB (\*.bmp); scopo della trasformazione è rendere le immagini leggibili dai più comuni software di grafica. I voli sono stati effettuati ad una quota compresa tra 1.000 e 1.500 metri sul suolo a cui corrisponde una risoluzione media a terra del dato immagine di 0.5 - 0.8 metro/pixel.

b) *Ortoproiezione delle immagini Duncan* - L'ortoproiezione di fotogrammi aerei, o più generalmente di immagini, è un'operazione necessaria per ristabilire le corrette relazioni geometriche tra gli oggetti rappresentati in un contesto di proiezione sul piano. La metodologia di ortoproiezione che è stata utilizzata per le immagini DFR è quella per singole immagini, con punti di appoggio a terra (GCP: *Ground Control Point*) e orientamento interno noto. Ai fini pratici questo processo permette di eliminare le distorsioni geometriche di acquisizione e rilievo e assegnare alle immagini un sistema di riferimento cartografico.

Per ogni immagine sono stati individuati un minimo di 15 GCP, con il massimo grado possibile di accuratezza, nell'immagine da ortorettificare e nella ortofoto. Per ogni GCP sono state registrate la posizione (*pixel - line*) sull'immagine non rettificata, le coordinate geografiche sulla ortofoto e la quota sul livello del mare ricavata dal DTM. L'insieme dei GCP permette al programma di elaborare il modello di ortoproie-

Figura 4 - Ortoproiezione di fotogrammi aerei



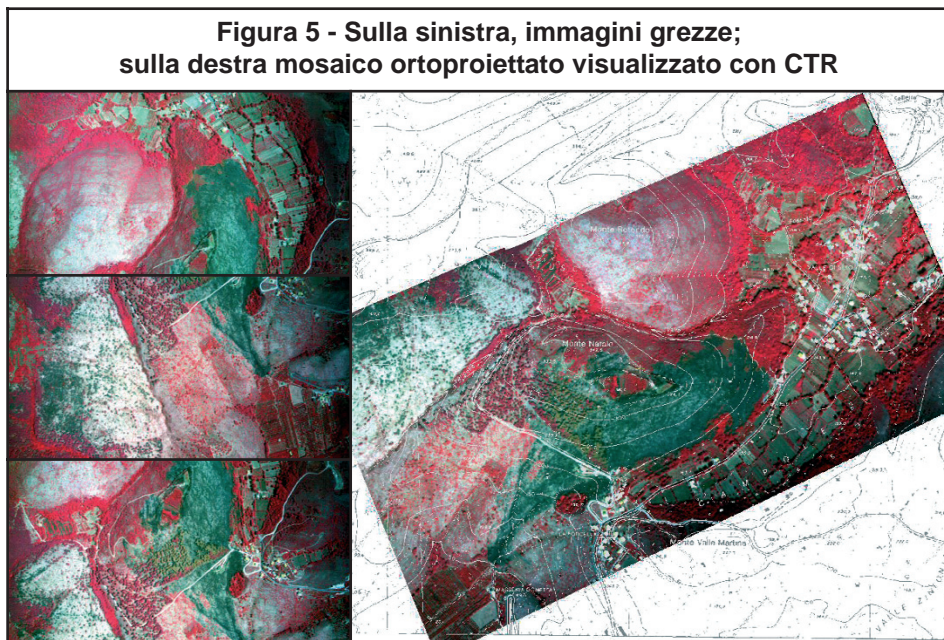




zione e calcolare il relativo valore di errore associato (RMS: *Root Mean Square*) che esprime in metri il grado di accuratezza geometrica in X e Y.

L'utilizzo di TP (*Tie points*), ovvero coppie di punti omologhi su più foto, è stato necessario quando l'area incendio ricade su più fotografie contigue in modo da collegarle una con l'altra in un sistema rigido. I TP permettono di migliorare l'accuratezza e la qualità della ortoproiezione e mosaicatura delle immagini. In questo modo è stato possibile ridurre l'inserimento di GCP e velocizzare il processo.

*Nota:* In verde è evidenziata la posizione del GCP sull'ortofoto (immagine a sinistra) e sull'immagine DFR (immagine a destra). Nella tabella sono riportati per ogni GCP: le coordinate, la quota e il valore RMS associato.



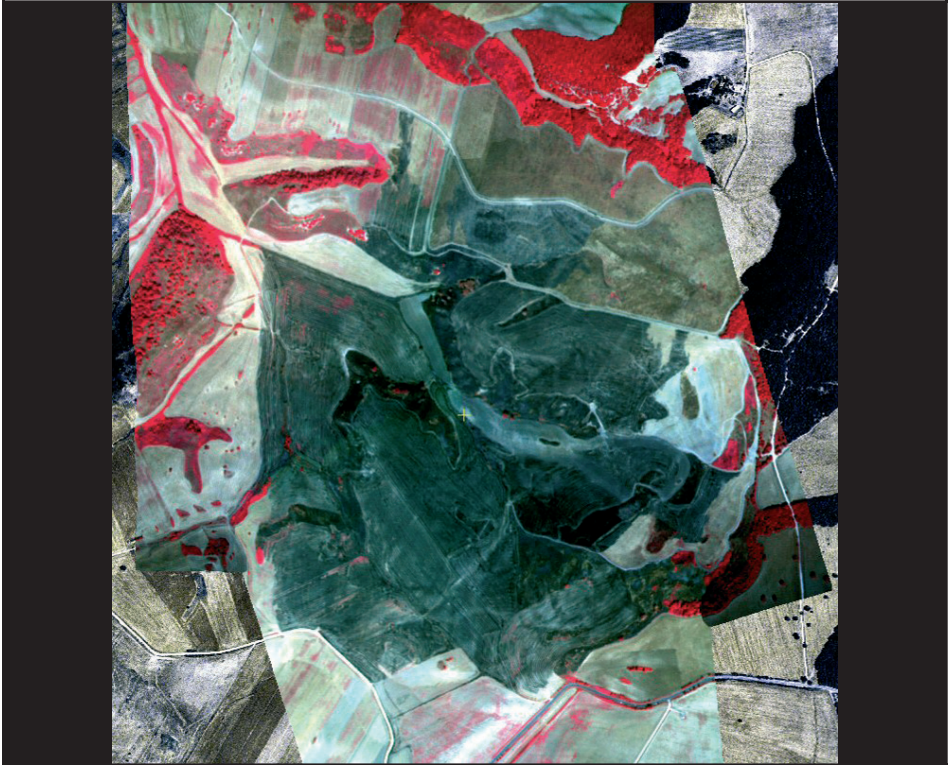
*c) Mosaicatura delle immagini* - In questo ultimo caso (più immagini per incendio), dopo la ortoproiezione di ogni singolo fotogramma, si è proceduto alla mosaicatura delle immagini, componendole in un file unico attraverso un procedimento automatico.

Le immagini ortoproiettate e i mosaici sono stati salvati in formato GeoTIFF. Tale formato mantiene le informazioni di georeferenziazione ed è leggibile da molti software come ad esempio PCI, ArcView, Idrisi e dal SIM.





**Figura 6 - Mosaico costituito da cinque immagini DFR visualizzato su ortofoto (Tarquinia, località Ara della Regina, Viterbo)**



### **Perimetrazione dell'incendio e interpretazione delle aree boscato/non boscato**

Sulle immagini in falsi colori acquisite entro 20 giorni dall'incendio, l'area bruciata, come è possibile osservare nelle *Figure 5 e 6*, risulta sempre ben riconoscibile. A supporto dell'interpretazione delle immagini si è ricorsi, per chiarire punti dubbi, alle immagini termiche e al confronto con le ortofoto del Volo Italia 2000. Sulla base di questa interpretazione è stato digitalizzato il perimetro dell'incendio creando un file vettoriale unico per tutti gli incendi.

Ogni incendio è stato successivamente fotointerpretato, distinguendo la parte boscata da quella non boscata, attenendosi alla definizione di bosco in base alla quale si intende “superficie forestale boscata” un terreno che presenta una copertura forestale (o popolazione equivalente) superiore al 10% ed una superficie unitaria supe-





riore a 0,5 ha, in cui gli alberi dovranno raggiungere a maturità una altezza minima di 5 m. L'evidenza della presenza del bosco (vista la risoluzione, la colorazione in falsi colori in cui la vegetazione risulta rossa e molto diversa dal resto degli altri oggetti presenti sul terreno), risulta nella grande maggioranza dei casi molto palese. In altre situazioni si è fatto ricorso al confronto con le ortofoto del Volo Italia 2000 e all'informazione dell'Uso del Suolo Istat '91. Sarebbe opportuno in questi casi poter accedere anche all'informazione della qualità e classe catastale delle particelle interessate per tenere in considerazione anche un dato storico.

Nel file vettoriale l'incendio è identificato dal CIS ma può essere costituito da due o più poligoni se ricopre aree boscate e non boscate, o se costituito da aree non contigue, ognuna delle quali è identificata dal programma con un proprio codice identificativo. In questo modo è possibile calcolare la superficie dell'incendio totale, la superficie che ricade in area boscata, in area non boscata e quella del semplice poligono, mantenendo così la coerenza con i dati acquisiti dal Corpo forestale dello Stato. Il file vettoriale è in formato shape (\*.shp).

### **Estrazione dei dati catastali nel SIM**

Ultimata la digitalizzazione di tutti gli incendi e l'interpretazione dei poligoni boscati e quelli non boscati, si è proceduto alla trasformazione del file vettoriale per poterlo rappresentare nel SIM. In pratica si è riproiettato questo file utilizzando Traspunto 2.52 (software realizzato dal ministero dell'Ambiente), passandolo dal sistema UTM33N, *datum* European 50, al sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est, *datum* Roma 40, che è lo *standard* in cui lavora il SIM (Figura 7).

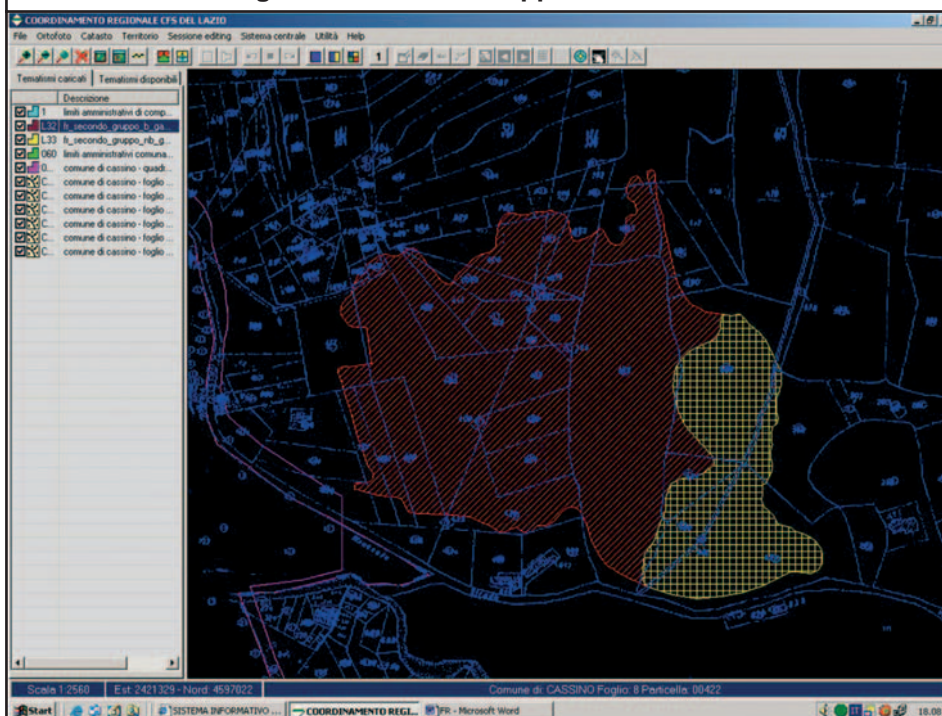
### **Risultati**

*Statistiche sugli incendi boschivi e sui dati di superficie* - In base alle informazioni ricevute dal Coordinamento Regionale Corpo forestale dello Stato della Regione Lazio, gli incendi boschivi con scheda AIBFN, nel 2004, sono in *totale* 313.





**Figura 7 - Esempio di immagine *print screen* raffigurante una schermata del SIM con visualizzato lo shape degli incendi con sovrapposto il catasto**



Dalle informazioni AIBFN sono stati calcolati i seguenti dati di superficie:

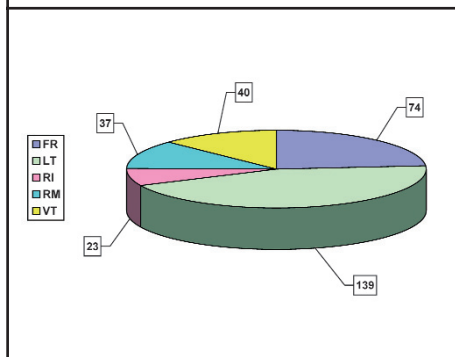
**Tabella 1 - Dati incendi boschivi 2004 da AIBFN**

Superficie boscata percorsa dal fuoco	2.150,01 ha
Superficie non boscata percorsa dal fuoco	1.114,44 ha
Superficie totale percorsa dal fuoco	3.264,45 ha
Superficie media per incendio	10,43 ha





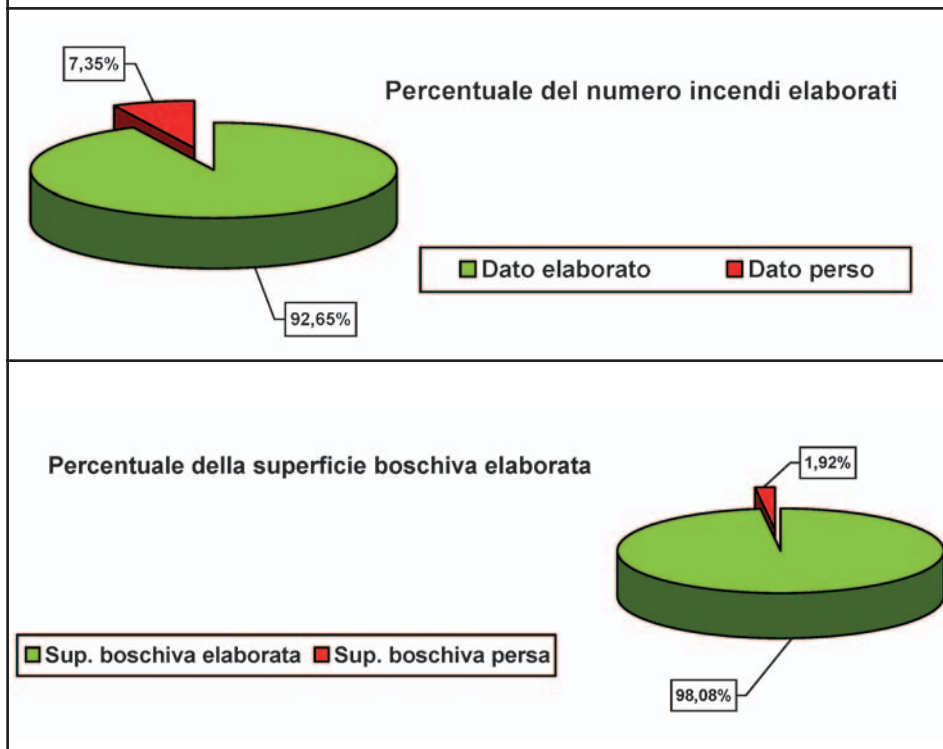
**Figura 8 - Numero di incendi boschivi con scheda AIBFN nella regione Lazio divisi per provincia**



L'attività di volo è stata condotta nel periodo giugno 2004 - gennaio 2005. In circa 150 ore di volo sono stati sorvolati tutti i punti incendio segnalati dal Corpo forestale dello Stato e acquisite le loro immagini. Da queste è stato possibile individuare ed elaborare con successo un totale di 290 incendi; di contro, gli incendi boschivi rimasti senza dato sono 23. In termini percentuali si ha il 92,65% degli incendi elaborati, rispetto al 7,35% di incendi persi. Se si esprime lo stesso dato in termini di superficie boschiva elaborata (come si vede di seguito) si ha il 98,08% contro un 1,92% persa.

di elaborati, rispetto al 7,35% di incendi persi. Se si esprime lo stesso dato in termini di superficie boschiva elaborata (come si vede di seguito) si ha il 98,08% contro un 1,92% persa.

**Figura 9 - Percentuali del numero incendi e della superficie boschiva elaborata**

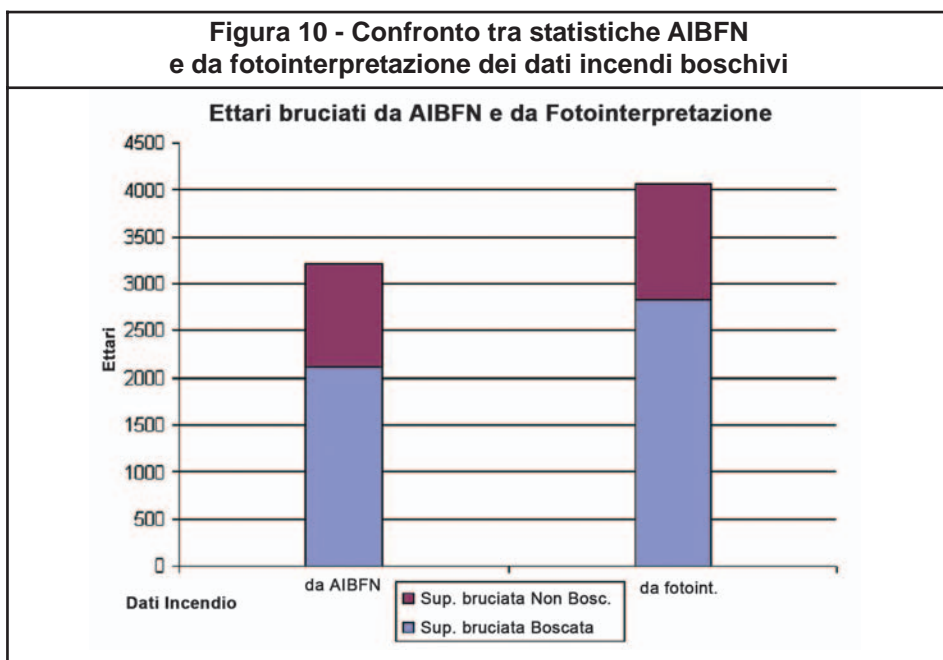




La *Tabella 2* mostra i dati riepilogativi di superficie elaborata dei 290 incendi rispetto ai dati corrispondenti agli stessi incendi estratti dalle schede AIBFN. La distribuzione dei 290 incendi rispetto alle province laziali è espressa in *Figura 11*:

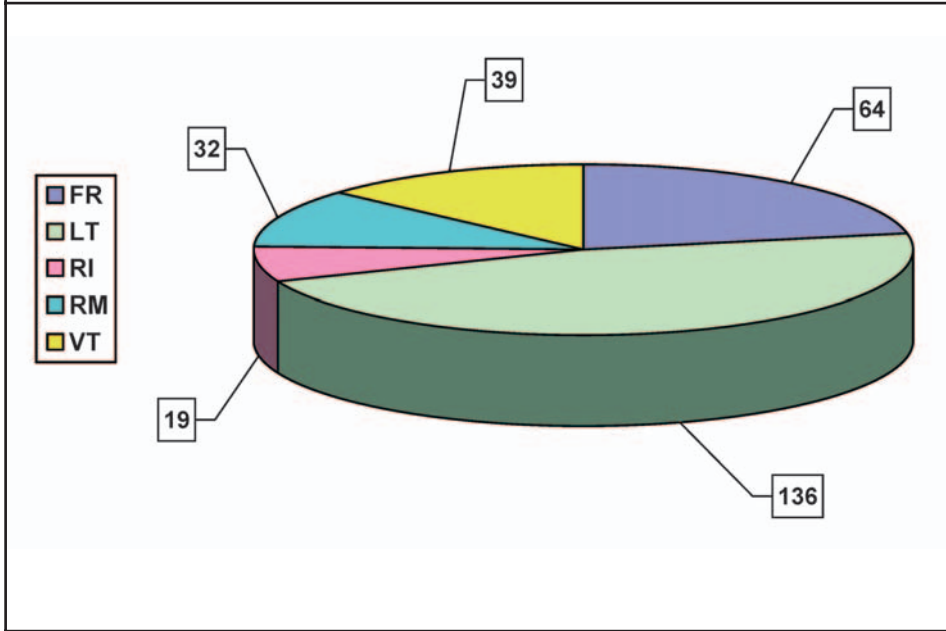
Tabella 2 - Dati riepilogativi di superficie da AIBFN e da fotointerpretazione			
	DA FOTOINT. (ha)	DA AIBFN (ha)	DIFF. % (rispetto al dato AIBFN)
Superficie boscata percorsa dal fuoco	2.818,42	2.108,75	+ 33,65
Superficie non boscata percorsa dal fuoco	1.258,36	1.108,04	+ 13,57
Superficie totale percorsa dal fuoco	4.076,78	3.216,78	+ 26,73
Superficie media per incendio	14,06	11,09	+ 2,97

**Figura 10 - Confronto tra statistiche AIBFN e da fotointerpretazione dei dati incendi boschivi**

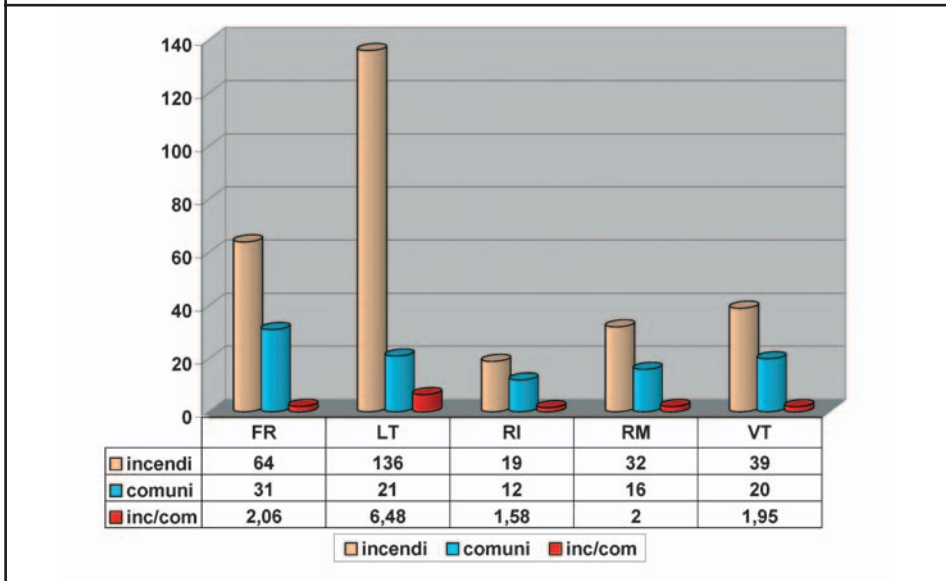




**Figura 11 - Distribuzione degli incendi boschivi elaborati per provincia**



**Figura 12 - Numero di incendi boschivi suddivisi nelle varie province in base ai comuni effettivamente interessati. Nell'ultima riga, in rosso, la media degli incendi per comune**





I comuni interessati da eventi incendio sono 100. E' interessante notare come i comuni della provincia di Latina abbiano l'incidenza di eventi più elevata con ben 136 incendi in 21 comuni (rispetto ai 31 di Frosinone), con una media del numero di incendi per comune superiore a 6 (1,5 - 2 per il resto delle province laziali). I comuni più colpiti risultano Itri con 24 incendi e Fondi con 23 incendi (*Figura 12*).

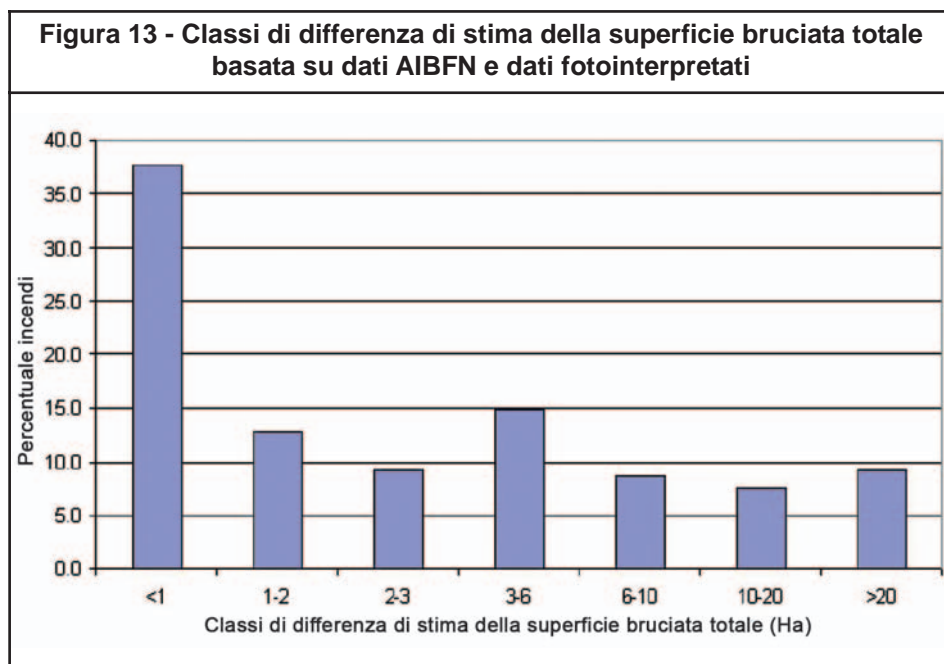
I dati analitici per provincia, relativi all'anno 2004 e basati sui dati fotointerpretati, sono mostrati nella *Tabella 3*.

Tabella 3 - Dati analitici per provincia (anno 2004)					
Provincia	Num. Inc. Bosch.	Sup. bosc. (ha)	Sup. non bosc. (ha)	Sup. tot. (ha)	Sup. media per inc. (ha)
FR	64	920,93	313,00	1.233,93	19,28
LT	136	1.560,09	707,64	2.267,73	16,67
RI	39	46,78	4,19	50,97	1,31
RM	32	199,95	53,54	253,49	7,92
VT	19	90,67	179,99	270,66	14,24
<b>Totale</b>	<b>290</b>	<b>2.818,42</b>	<b>1.258,36</b>	<b>4.076,78</b>	<b>14,06</b>

Per ogni incendio sono state analizzate le differenze di stima della superficie bruciata boschiva, non boschiva e totale, in base ai dati AIBFN e ai dati da fotointerpretazione. I dati di differenza percentuale sono riferiti al dato AIBFN, ovvero:  $(\text{dato fotoint.} - \text{dato AIBFN}) / \text{dato AIBFN} * 100$ . Esprimendo le differenze in termini assoluti (indifferentemente positive o negative) per classi di superficie riferite al solo dato di 'superficie bruciata totale', abbiamo che per il 37% degli incendi si ha una differenza al di sotto di 1 ha, mentre per circa il 10% si ha una differenza superiore ai 20 ha (*Figura 13*).





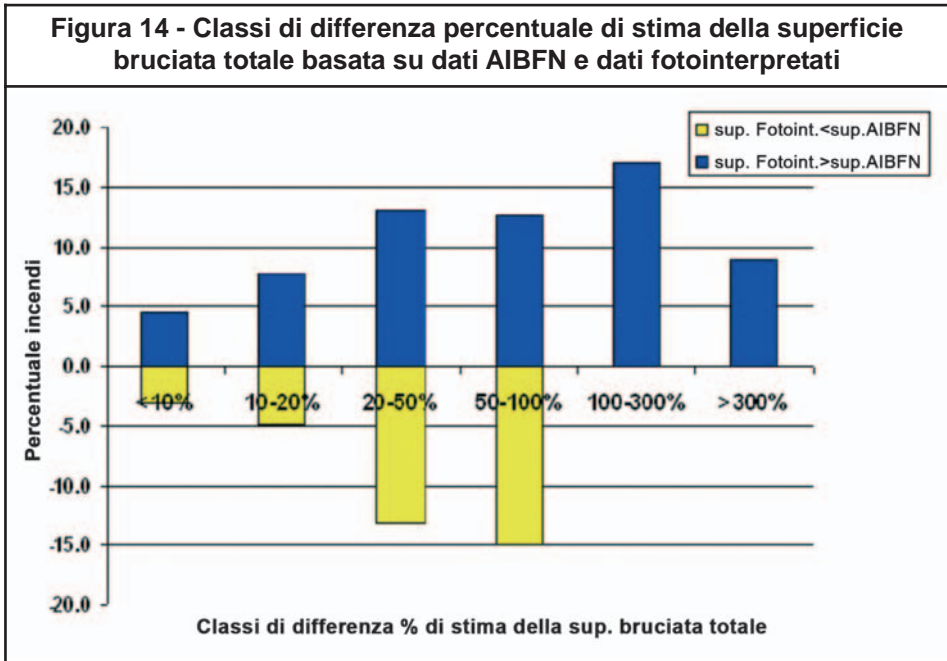


La *Figura 14* mostra le classi di differenza percentuale di stima della superficie bruciata totale, in base ai dati fotointerpretati e AIBFN (questi ultimi presi come riferimento), espressa per gli incendi elaborati. La parte positiva del grafico, in *blu*, rappresenta la percentuale degli incendi in cui la superficie fotointerpretata risulta maggiore di quella della scheda AIBFN, mentre la parte negativa del grafico, in *giallo*, rappresenta la percentuale degli incendi dove la superficie dei dati fotointerpretati risulta minore di quella dei dati AIBFN. I valori negativi sull'asse verticale sono necessari per poter rappresentare il grafico e vanno considerati di segno positivo. Da questo grafico risulta che per le classi fino al 100%, ovvero per stime doppie della superficie, i dati fotointerpretati e quelli AIBFN danno stime differenti, più o meno in ugual modo. In particolare risulta che solo per il 7,5% degli incendi la differenza di stima è limitata al 10% della superficie, mentre più frequentemente, per più del 25% degli incendi si sono stimate differenze percentuali di superficie comprese tra il 20 e il 50% e per il 28% degli incendi sono state fatte stime che differiscono per 1,5 o 2 volte la superficie. Differenze di stima superiori al 100% si hanno solo per incendi il cui dato fotointerpretato risulta maggiore di quello AIBFN. Trattasi di incendi piccoli,





con una superficie media di 3,4 ha, dove una minima differenza di stima pesa molto in termini percentuali (ad esempio, nell'incendio LT\_08\_20 in cui al dato AIBFN corrisponde una sup. tot. di 0,1 ha contro 1,18 ha del dato fotointerpretato si registra una differenza percentuale di -1.080%).



Le ragioni legate alla perdita dei 23 incendi che non sono stati elaborati possono essere così riassunte:

- incendi sviluppatasi nei primi mesi dell'anno (entro marzo) che non sono risultati più distinguibili al momento del sorvolo a causa del rinnovo della vegetazione (8 su 23);
- incendi la cui superficie totale bruciata risulta minore di 0,1 ha (5 su 23) e che non sono stati individuati con il sorvolo o sull'immagine acquisita in corrispondenza del toponimo comunicato;
- coordinate incendio AIBFN errate in quanto cadono in un comune diverso rispetto a quello segnalato nella scheda AIBFN stessa o coordinate mancanti (4 su 23) che non hanno permesso l'effettiva localizzazione;
- localizzazione dell'incendio su AIBFN (pervenuta con un ritardo





di alcuni mesi dalla data dell'incendio) discordante rispetto ai dati non confermati, ricavati e/o forniti dai vari coordinamenti provinciali (2 su 23). Attraverso il nuovo sorvolo non è stato possibile il riconoscimento dell'incendio;

- altro (4 su 23).

*Metodologie a confronto: GPS, fotointerpretazione e rilievo AIBFN* - Allo scopo di valutare differenti metodologie di mappatura e rilievo dell'area incendio è stato realizzato su alcuni incendi *test* un confronto tra diversi tipi di dati ottenuti tramite:

- ortoproiezione e fotointerpretazione del dato aereo;
- GPS corretto in *post-processing* perimetrando l'area bruciata;
- stime di superficie riportate nella scheda AIBFN.

In *Tabella 4* sono riportati gli incendi per i quali è stato effettuato il rilievo GPS entro 30 giorni dall'evento, acquisendo il perimetro dell'area bruciata.

Tabella 4 - Elenco incendi campionati per la valutazione del danno		
CIS	AIBFN	Località
VT_08_02_VT_09_10	00004217 00004103	Ponte dell'Ussa
VT_07_02	00003933	Cucco D'Oro
RM_07_14	00003953	S. Bernardino
VT_07_13	00003937	Colle Sant'Antonio
VT_08_08_RI_08_05	00004112	Castello Rocchette
VT_08_06	00004111	Valle Falsetta

La perimetrazione è stata eseguita utilizzando la funzione di linea (*line feature*) del GPS-Trimble. L'intervallo di rilievo dei punti della linea è





stato di 5 o 3 secondi a seconda della presenza o meno di ostacoli lungo il percorso. Il dato è stato successivamente corretto in *post-processing* con i dati delle basi delle stazioni GPS di L'Aquila, Camerino e Perugia.

Come è possibile osservare in *Figura 15*, dove è riportato il dato corretto (linea nera) e non corretto (linea rossa), questa procedura è essenziale per restituire il dato con una elevata accuratezza geometrica. Le differenze lineari del dato corretto rispetto al non corretto possono essere anche maggiori di alcune decine di metri. Le cause di questi scostamenti sono dovute a molteplici fattori tra i quali: il numero di satelliti in vista, la distribuzione degli stessi, ostacoli orografici e copertura arborea, solo per citarne alcuni.

Nella *Figura 16* è riportato il confronto tra perimetrazione dell'incendio ottenuta da fotointerpretazione (linea celeste) e quella ottenuta da rilievo GPS in differenziale (linea verde). Gli incendi fotointerpretati sono divisi in parte boschiva e parte non boschiva, quando presente.

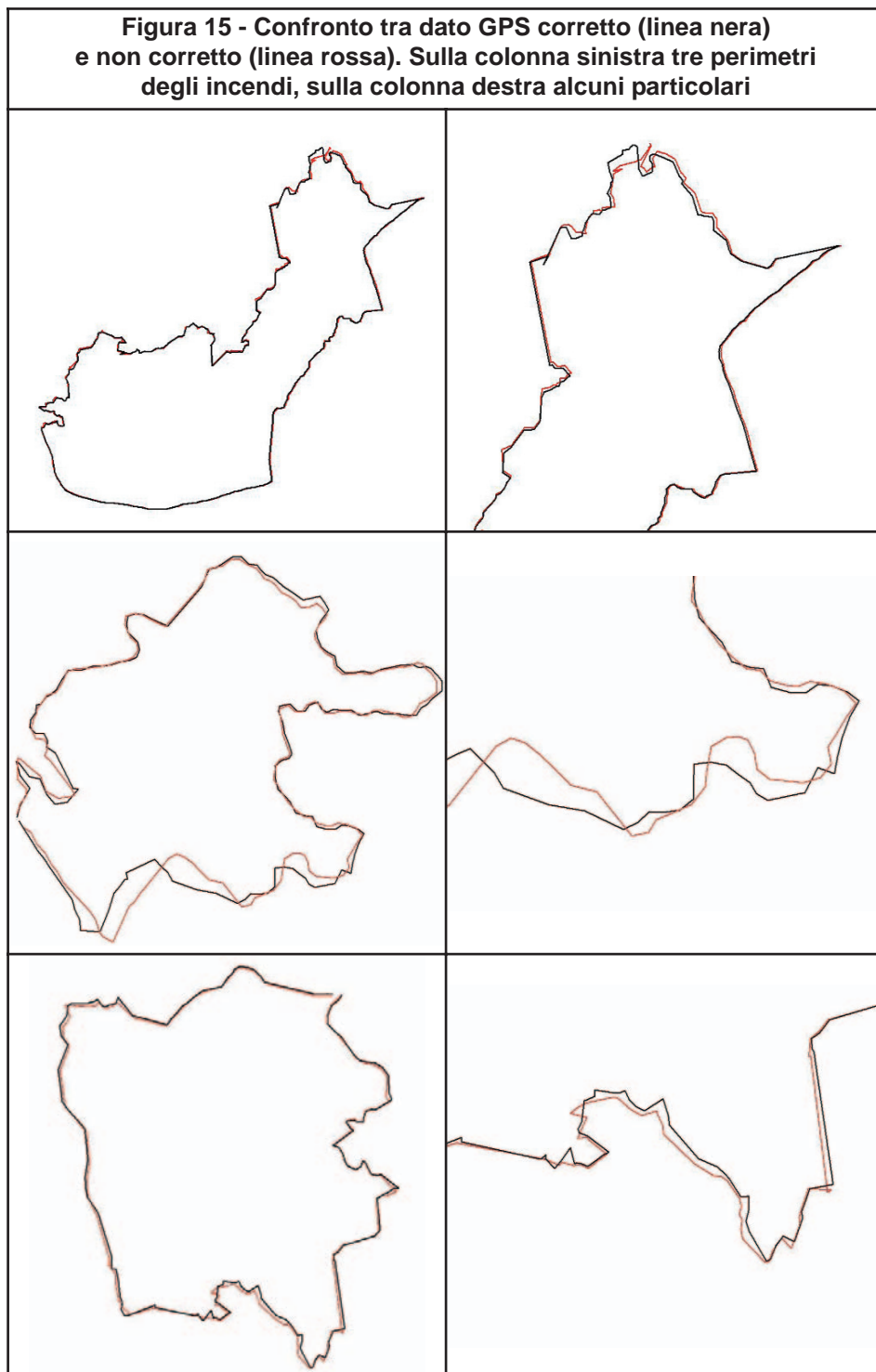
Nella *Tabella 5* sono rappresentati i dati di superficie restituiti dalle diverse metodologie. Le ultime due colonne mostrano le differenze percentuali dei dati fotointerpretati e dei dati AIBFN rispetto a quelli GPS.

Queste differenze sono comprese per i primi tra un minimo di 0,01% e un massimo di 16,02%, con una media del 5,04%. Le differenze tra dato AIBFN e dato GPS per gli stessi incendi sono comprese tra 2% e 120,99% con una media del 18,21%.

Bisogna tener presente che non è stato possibile rilevare con il GPS le parti agrarie di alcuni incendi in quanto non più riconoscibili nel momento del rilievo. Per questi incendi sono state apportate apposite correzioni sui dati di fotointerpretazione e su quelli AIBFN escludendo la parte non boschiva dell'incendio.

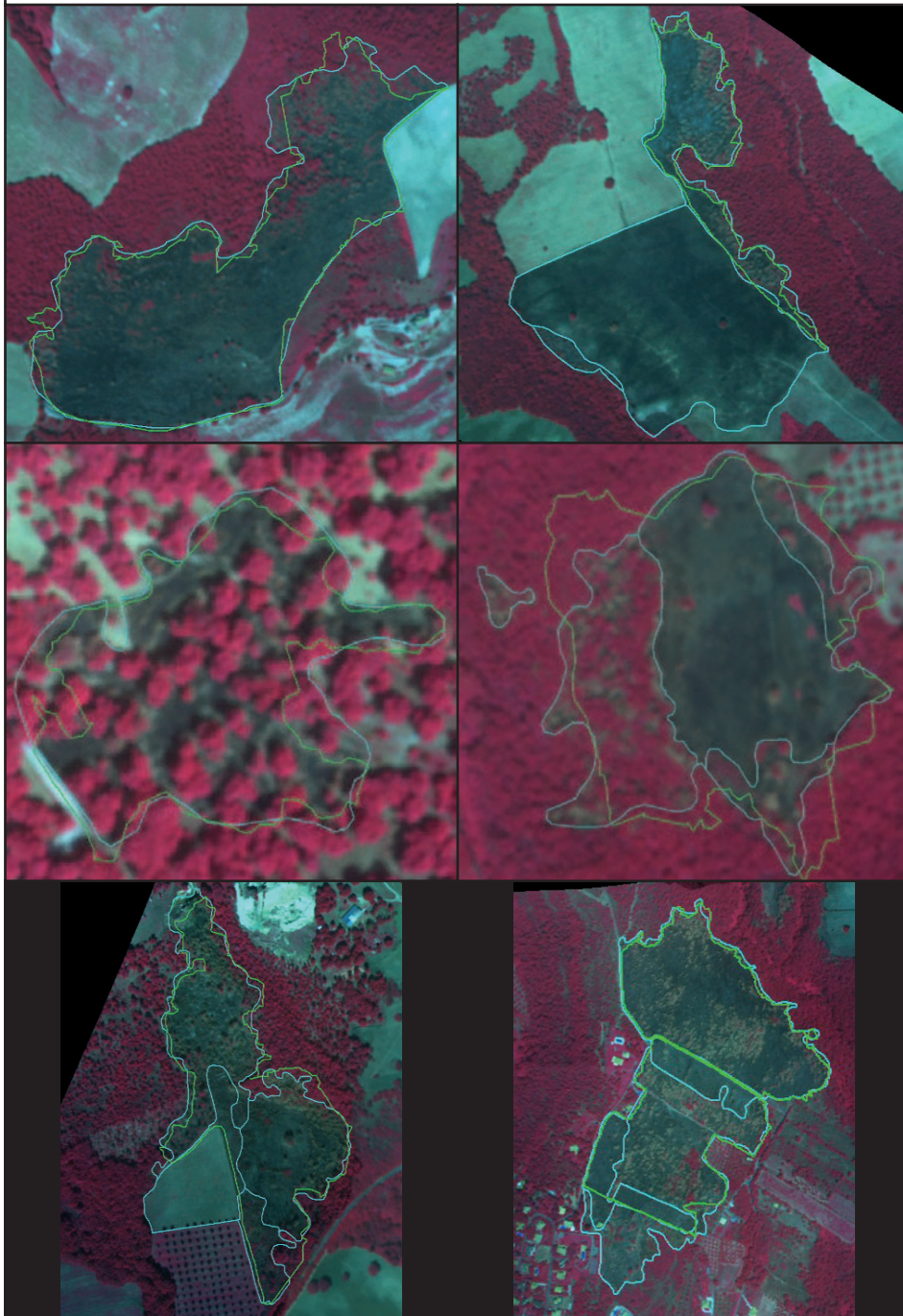
Gli incendi utilizzati come *test* sono di piccole-medie superfici. Sebbene siano state fatte alcune prove, rilevare con GPS incendi di grandi dimensioni, è un'operazione quanto mai problematica quando condotta in aree impervie e poco accessibili. Ulteriori limitazioni si sono riscontrate in altri casi dove non è stato possibile seguire il perimetro dell'incendio a causa di oggettive limitazioni incontrate a terra (recinzioni, passaggi difficilmente percorribili, burroni, ecc.). Per questo si sono dovuti escludere ulteriori 4 incendi dalla sperimentazione in quanto i dati acquisiti ricoprono solo parzialmente l'area bruciata.







**Figura 16 - Ortofoto con la traccia del rilievo GPS (in verde) e come da fotointerpretazione (in celeste)**





**Tabella 5 - Confronto tra dati di superficie**

CIS	Superficie in Ha			Diff. % rispetto a GPS	
	AIBFN	GPS	Fotoint.	Da Fotoint.	Da AIBFN
VT_08_02 e VT_09_10	5,00	7,661	7,66	-0,01	-34,37
VT_07_02	2,00	0,905	1,05	16,02	120,99
RM_07_14	23,00	17,381	18,20	4,71	32,33
VT_07_13	2,50	2,384	2,19	-8,14	4,87
VT_08_08_RI_08_05	12,00	11,765	12,37	5,14	2,00
VT_08_06	3,00	3,58	4,027	12,49	-16,20

## Conclusioni e sviluppi futuri

Alla luce dei risultati ottenuti e visto il confronto con altre metodologie, è possibile affermare che sono stati raggiunti positivamente gli obiettivi che ci si erano posti in partenza. Il Catasto Incendi Boschivi 2004 del Lazio è stato realizzato per il 98,08% della superficie boschiva bruciata, in termini di mappatura degli incendi e in termini catastali espressi come comune, foglio e numero di particelle parziali e totali percorse dal fuoco.

Di tutti gli incendi sono state realizzate ortofoto aeree in falsi colori, restituite attraverso un processo di ortoproiezione ad un'accuratezza geometrica di 1,85 e 1,84 metri, in X e in Y, con cui è stato possibile discriminare aree bruciate di appena 1.000 m<sup>2</sup>. Attraverso la fotointerpretazione è stato creato un file vettoriale in cui l'area bruciata è stata interpretata in poligoni boscato e non boscato. Tutti questi dati sono rappresentabili e utilizzabili nel SIM.

Nello specifico, per le fasi di mappatura dell'incendio, fotointerpretazione ed estrazione dei dati catastali, le procedure messe in atto hanno consentito agevolmente di elaborare la gran mole di dati acquisiti, circa 600 immagini scelte tra 30.000 acquisite in 150 ore di volo. Si può quindi affermare che il processo metodologico adottato ha funzionato





correttamente, rispondendo con rigore e oggettività a quanto viene richiesto dalla Legge Quadro 353/2000 in materia di incendi boschivi riguardo la realizzazione del Catasto Incendi.

Molto interessanti sono anche i dati scaturiti dal confronto con i rilievi GPS. Il rilievo a terra con GPS, se da una parte ha mostrato la possibilità di tracciare con un alto dettaglio il perimetro degli incendi, dall'altra ha mostrato il limite operativo del suo utilizzo, dovuto a fattori riferiti alla tecnologia (copertura del segnale sotto chioma, parziale schermatura del segnale in casi di orografia accidentata, ecc.) e a fattori riferiti alle difficoltà oggettive di seguire le linee di fuoco (recinzioni, scarpate, parti inaccessibili, ecc.). Di fatto risulta impossibile il suo utilizzo su larga scala specialmente in casi di incendi estesi. Come è stato osservato, inoltre, è difficile avere da terra una visione corretta dell'area interessata dall'incendio che porta spesso a non rilevare aree più nascoste o aree distaccate a causa di salti di fiamma. Dai dati che scaturiscono, si può osservare che la differenza tra dato GPS e dato fotointerpretato è in media intorno al 5%, notevolmente inferiore rispetto alle stime fornite dalle schede AIBFN dalle quali si discosta per più del 18%. Questo ultimo dato, inoltre, viene considerato in difetto, in quanto calcolato a partire da incendi di superficie media di soli 7,2 ha.

Anche il confronto tra i dati di superficie degli incendi, derivanti da fotointerpretazione e da stime AIBFN, riporta differenze notevoli. Per circa il 50% degli incendi si è osservata una differenza compresa tra il 20 e il 100% della superficie dichiarata dal Corpo forestale dello Stato. Questa differenza si riflette sui dati totali di superficie; infatti, sommando l'area di tutti gli incendi boschivi mappati si hanno 4.076,78 ha dai dati fotointerpretati, contro i 3.216,79 ha dei dati AIBFN, ovvero il 26,73% in più.

Sono stati quindi raggiunti ottimi risultati che possono, comunque, ancora migliorare mediante l'ottimizzazione di alcune metodologie, come quelle relative alla stabilità dei sensori posti sulla piattaforma aerea e attraverso l'ottimizzazione della segnalazione dell'ubicazione degli incendi. Questo consentirà di velocizzare i rilievi, di ottenere immagini di maggiore qualità e con un minor margine di errore.







## Bibliografia

CARLINI, M. - CAPITONI, B. - BELLI, C. - VALENTINI, R. 2003 - *Tecniche innovative per la previsione e il monitoraggio nel settore degli incendi boschivi*. Convenzione di ricerca S.A.G.M.A. (Satellite, Aereo, GIS, Modello di Simulazione, Addestramento). Relazione finale di progetto.

BIANCHI, M. - LA MARCA, O. 1984 - *I cedui di cerro della provincia di Viterbo. Ricerche endrometriche ed alsometriche in relazione ad una ipotesi di matricinatura intensiva*. Istituto di Assestamento Forestale dell'Università di Firenze - Ricerche sperimentali di dendrometria e di auxometria, Fasc. X.

BURGAN, R.E. - HARTFORD, R.A. 1993 - *Monitoring vegetation greenness with satellite data*, United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report INT-297, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah, pp. 13.

CANTIANI, M. 1965 - in: ISAF, 1970 - *Tavole stereometriche ed alsometriche costruite per i boschi italiani*, Annali Vol. 1, Trento, Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura.

GAMON, J.A. - FIELD, C.B. - JOEL, G. - GOULDEN, M.L. - GRIFFIN, K.L. - HARTLEY, A.E. - GEESKE, J. - PEÑNELAS, J. - VALENTINI, R. 1995 - *Relationships between NDVI, canopy structure and photosynthetic activity in three Californian vegetation types*. Ecological Applications, 5(1): pp. 28 - 41.

LEGGE N. 353 DEL 21 NOVEMBRE 2000 - *Legge quadro in materia di incendi boschivi*. Pubblicata nella G. U. n. 280 del 30 Novembre 2000.

LEGGE REGIONALE N. 4 DEL 20 GENNAIO 1999 - *Adozione delle prescrizioni di massima e di polizia forestale* di cui al R. D. 30 Dicembre 1923, n. 3267. Modificazioni della legge regionale 5 Marzo 1997, n. 4 come modificata dalla legge regionale 5 Marzo 1997, n. 5.

MINISTERO DELLE RISORSE AGRICOLE, ALIMENTARI E FORESTALI, CORPO FORESTALE DELLO STATO, SERVIZIO ANTINCENDIO BOSCHIVO, 2000 - *Gli incendi boschivi dell'anno 2000*.

PAPALE, D. - VITULLO, M. - BELLI, C. - VALENTINI, R. 2001 - *Un nuovo strumento di proximal sensing per lo studio degli ecosistemi agroforestali: l'A.S.P.I.S. (Advanced Spectroscopic Imaging System)*, Atti del III Congresso Nazionale SISEF - "Alberi e Foreste per il nuovo millennio". Viterbo, 15/18 Ottobre 2001: pp. 153 - 158.





RIZZO, G. 2001 - *Determinazione dei parametri di produttività di una cerreta dell'Italia centrale mediante tecniche di telerilevamento*, Tesi di Laurea, Viterbo, Università degli Studi della Tuscia.

UNFCCC 2004 - *Guidelines for the preparation of national communications by Parties*, in: Annex I to the Convention, Part I: UNFCCC reporting guidelines on annual inventories (following incorporation of the provisions of decision 13/CP.9). <http://unfccc.int/program/mis/ghg/index.html>

