



## *Catasto delle aree percorse dal fuoco (Problematiche)*

La normativa vigente in materia di incendi boschivi prevede l'istituzione da parte degli Enti Locali di una cartografia di tutte le aree percorse dal fuoco che consenta di vincolare le particelle catastali del tutto o in parte interessate dal fenomeno fino al completo ripristino della vegetazione preesistente al passaggio del fuoco. Le linee guida in materia di incendi boschivi prevedono la mappatura annuale delle aree percorse dal fuoco utilizzando le informazioni già raccolte dalle unità forestali nel corso delle indagini di polizia giudiziaria ed arricchendole di indicazioni di georeferenziazione in ambiente GIS. Questa attività di verifica deve determinare un "apposito catasto" di censimento ufficiale che poi dovrà essere "aggiornato annualmente".

L'accuratezza della georeferenziazione delle superfici bruciate è un requisito fondamentale soprattutto se si considera che essa risulterà vincolante per i fondi privati e pubblici che saranno interessati dalla perimetrazione della superficie bruciata.

In molti casi, sia in ambito operativo che in ambienti scientifici, si è proposto l'impiego dei dati telerilevati, ed in particolare dei dati satellitari a piccola e media risoluzione, come strumento adeguato per effettuare le operazioni cartografiche richieste in maniera accurata ed esauriente. Infatti, i dati satellitari, con la loro visione sinottica abbinata ad una frequenza delle riprese piuttosto elevata costituiscono in molti casi uno strumento adeguato per la costituzione e l'aggiornamento di banche dati territoriali di diversa natura.

Tuttavia, di fatto, il requisito di poter vincolare la destinazione d'uso di tutte le particelle catastali soggette al passaggio del fuoco, impone alla cartografia delle aree incendiate (comunemente detta "catasto degli incendi") numerose specifiche sia nelle modalità di ripresa che di accuratezza cartografica, che mal si accordano con i requisiti tecnici propri dei dati telerilevati.

## Analisi critica dell'uso dei dati telerilevati

### ***Confronto tra banche dati del Parco (immagini telerilevate e schede AIB/FN)***

I dati sugli incendi disponibili nel SIT del Parco (cfr. All. 1), in particolare i dati Telespazio e il database delle schede forestali AIB/FN, sono stati posti a confronto al fine di evidenziarne i rispettivi limiti e potenzialità ed anche la possibilità di un loro uso integrato. Si precisa che i dati di Telespazio si riferiscono a superfici bruciate

annualmente comprendenti anche più eventi di incendio mentre le schede AIB/FN registrano i singoli eventi occorsi sul territorio.

Nella banca dati fornita da Telespazio, la fotointerpretazione delle immagini satellitari di tipo LANDSAT (sensori MSS e TM) ha permesso di ricostruire i perimetri delle aree incendiate annualmente dal 1982 al 2001 su tutto il territorio del parco (aree contigue escluse). La superficie minima rilevata e dichiarata è di 3 ha per le aree aperte ed anche inferiore ai 3 ha nelle aree boscate.

I poligoni incendiati derivati dalla fotointerpretazione a video, sono stati sottoposti a verifica con la banca dati del CTA e quella prodotta dall'Università di Napoli sulla base di tutti gli incendi registrati presso i comandi stazione forestali.

Da tale confronto è emerso che solo il 21% degli incendi registrati con le schede AIB/FN coincidono con le aree bruciate di Telespazio. In generale, l'evidente differenziazione sulla quantità e sulla distribuzione dei punti fuoco rilevabile dall'uso congiunto di questi due strumenti può essere spiegata tenendo conto dei seguenti fattori:

- incendi appartenenti ad aree esterne a quelle coperte da Telespazio (aree contigue al parco);
- incendi con superficie inferiore ai 2-3 ha;
- incendi che dovrebbero appartenere ad una delle aree Telespazio contigue ma la cui coordinata lo colloca vicino e non al suo interno;
- incendi di dimensioni leggibili dalle immagini satellitari ma capitati in un periodo di tempo lontano dalla data dell'immagine o per immagini poco nitide.

Per quanto riguarda il primo fattore, l'esclusione delle aree contigue da questo tipo di elaborazioni, limita il lavoro di zonizzazione attuale per il rischio di incendio che può, invece, essere molto elevato in aree esterne al territorio protetto.

Relativamente alla dimensione dell'area incendiata, l'uso di immagini satellitari per l'individuazione di piccole superfici è molto difficile e quindi non riesce a restituire l'effettiva distribuzione e consistenza degli incendi negli ambiti come quello cilentano dove il maggior numero di incendi investe superfici comprese tra 1000 mq e 5 ha.

Per quanto riguarda la corrispondenza tra le coordinate UTM degli incendi ricadenti o prossimi alle aree bruciate Telespazio, essa si è rilevata buona in alcuni casi, mentre in altri si è notato che nell'area bruciata telerilevata mancava la registrazione anche di incendi di dimensioni adatte alla fotointerpretazione. Inoltre la forma e l'estensione di ciascuna area incendiata è originata dalla compresenza di aree bruciate (relative quindi anche a più incendi) ed aree prossime a quelle bruciate che però non sono state investite dal fuoco.

In generale, la combinazione delle diverse bande spettrali tende a sovrastimare la superficie realmente incendiata non permettendo di discriminare bene sia aree bruciate in tempi diversi che aree contigue non toccate dal fuoco. Dalla doppia verifica dei due database (CFS e ente parco – fonte CFS) per gli anni 1997-1999 e le shape Telespazio, si è evidenziata l'assenza di alcuni incendi di grossa dimensione. Ciò per mancanza di immagini prossime ad alcuni di questi eventi o, al contrario perché le immagini disponibili erano state riprese con sensore MSS o con sensore TM ma poco nitide per la presenza di nuvole.

Un esempio è rappresentato dall'incendio del 02/08/1997 in comune di Montecorice (loc. AIB Case del Conte-Ripe Rosse-Rosaine), in cui sono bruciati 72 ha di pineta a *Pinus halepensis* e 20 ha di coltivi in stato di abbandono. Questo incendio non è stato rilevato dalla fotointerpretazione satellitare nonostante si disponga di un'immagine prossima a quello evento (5 ottobre 1997 – sensore TM).

In conclusione, sebbene le due banche dati mostrino entrambe a scala territoriale una maggiore concentrazione degli incendi lungo la costa, con l'uso delle sole immagini satellitari si tende a sottostimare la situazione reale soprattutto nelle aree più interne del Parco rischiando, in fase di zonizzazione, di non tener conto di ambiti forestali a rischio.

### **Satelliti a media risoluzione spaziale**

Per quanto riguarda i satelliti a media risoluzione, quali Landsat e Spot, i problemi sono molteplici e rendono del tutto sconsigliabile il loro eventuale impiego per la redazione di un catasto incendi:

#### *Risoluzione spaziale*

Come è noto, i satelliti Landsat sono caratterizzati da una risoluzione spaziale di 30 m per tutte le bande multispettrali tranne l'infrarosso termico, la cui risoluzione è di 120 m nel Landsat 5 e di 60 m nel Landsat 7. Alle bande multispettrali il Landsat 7 affianca una banda pancromatica con risoluzione pari a 15 m.

Per quanto riguarda i satelliti Spot, il più recente Spot 5 è dotato di tre bande multispettrali con una risoluzione di 10 m, una banda sempre multispettrale con risoluzione 20 m ed un pancromatico con risoluzione che raggiunge i 2,5 m, pur essendo la "location accuracy" delle immagini pancromatiche Spot sempre dell'ordine di alcune decine di metri (fonte [www.spotimage.fr](http://www.spotimage.fr)).

Quindi, anche nel caso più ottimistico di un impiego routinario di dati panfusi (cioè ottenuti dalla fusione delle bande multispettrali e pancromatiche), la risoluzione spaziale delle immagini Landsat e Spot resta comunque dell'ordine di alcuni metri, rendendo praticamente impossibile una georeferenziazione delle immagini satellitari sufficientemente accurata da poter essere incrociata con le carte catastali. Infatti, la scala delle carte catastali è dell'ordine di 1:2.000 ed ammette quindi un errore di posizionamento di pochi decimetri a fronte dei metri delle immagini satellitari Landsat e Spot. Si noti inoltre che, per quanto riguarda i satelliti Landsat, il Landsat 7 è stato, sembra definitivamente, spento. Resta, quindi, in orbita solo il precedente Landsat 5, privo di banda pancromatica e con una qualità spettrale nettamente inferiore al Landsat 7, sia perché dotato di una tecnologia meno sofisticata, che per il progressivo degrado dei sensori.

Per quanto riguarda l'effetto della risoluzione spaziale in relazione alle dimensioni degli incendi da rilevare, i problemi sono, se possibile, ancora maggiori. Infatti, fatti salvi gli errori di classificazione dovuti a tutti quei fattori di disturbo la cui risposta spettrale appare simile a quella degli incendi (versanti in ombra, acque interne, suoli inondata, nuvole, ecc.), l'accuratezza spaziale registrata per gli incendi di maggiori dimensioni risulta mediamente più elevata di quella relativa agli incendi più piccoli. Ciò accade in quanto i casi di pixel misti, solo marginalmente interessati dal passaggio del fuoco, tendono proporzionalmente a ridursi all'aumentare della superficie incendiata. Il problema è evidente sia per quanto riguarda una eventuale fotointerpretazione a video delle immagini satellitari sia in fase di estrazione automatica delle aree percorse dal fuoco. Da questa

osservazione ne consegue la presenza di una dimensione limite per gli incendi (valutabile in alcune decine di pixel) al disotto della quale le immagini satellitari non sono in grado di fornire risultati soddisfacenti.

Tenuto conto che la dimensione media degli incendi mediterranei è di pochi ettari, si può ritenere che “l’effetto margine” (cioè le incertezze nella classificazione dei pixel di bordo) sia sempre piuttosto intenso.

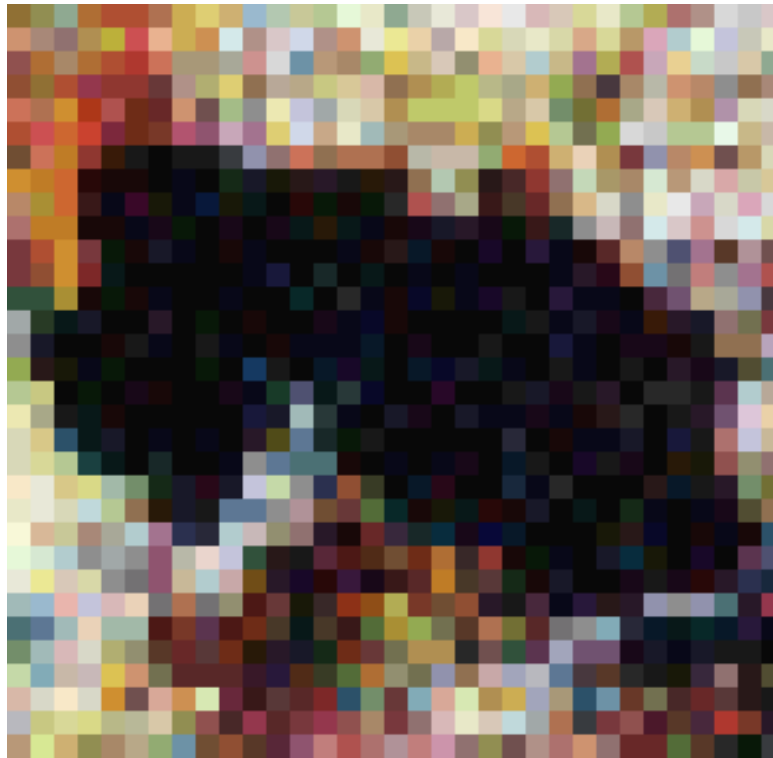


Fig. 1: Effetto margine di immagini Landsat TM5

La figura 1 si riferisce ad un'immagine Landsat TM 5 ad elevatissimo ingrandimento di un incendio in prateria (composizione di bande RGB – TM 453). Si noti l'effetto margine nell'individuazione dei pixel percorsi dal fuoco, presente specialmente nella porzione inferiore dell'immagine.

Per esemplificare questo problema, si è fatto ricorso a due banche dati, entrambe riferite al Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano. La prima comprendente 1291 incendi registrati nell'intervallo temporale 1975-1999 nei comuni a clima prevalentemente termomediterraneo di Agropoli, Laureana, Lustra, Montecorice, Ogliastro, Omignano, Perdifumo, Pollica, Prignano, Rutino, S. Mauro, Serramezzana, Sessa, Stella e Torchiara. La seconda banca dati comprende 215 incendi avvenuti nel periodo 1980-2002 nei comuni dei Monti Alburni, a clima prevalentemente temperato, di Corleto Monforte, Ottati e S. Angelo a Fasanella.

I risultati del confronto tra gli eventi verificatisi nei comuni a clima termomediterraneo con quelli delle zone a clima più spiccatamente temperato sono riportati nel grafico di seguito allegato (Fig. 2) che mostra il numero di incendi (espressi come valore percentuale) di dimensioni inferiori o uguali ad un dato valore soglia in funzione dello stesso valore soglia.

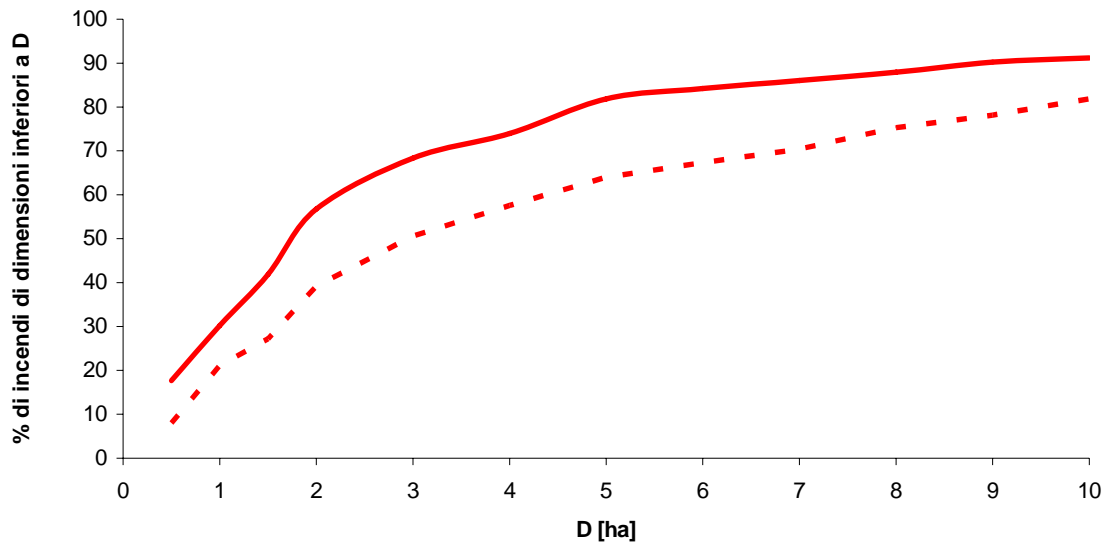


Fig. 2: Confronto della frequenza di incendio tra comuni a clima termomediterraneo o temperato.

Il grafico descrive l'andamento del numero di incendi (espresso come valore percentuale) nei comuni a clima termomediterraneo (linea tratteggiata) o temperato (linea continua).

Esso mostra come, volendo stabilire una soglia minima di un ettaro al disotto della quale la cartografia satellitare degli incendi risulta impraticabile, semplicemente per problemi di effetto margine (fatti salvi tutti i problemi di effettivo posizionamento catastale delle superfici percorse dal fuoco ampiamente discusse nei paragrafi precedenti), il 21% degli incendi realmente avvenuti ricada al disotto di questa soglia. Volendo poi aumentare questa soglia a due ettari, la percentuale di incendi non cartografabili sale repentinamente al 39% del totale. Tale fenomeno è ancora più incisivo nei comuni montani riportati per i quali, stabilita una soglia minima prudenziale pari a due ettari, la percentuale di incendi non cartografabili risulta addirittura del 56%.

#### *Risoluzione temporale*

Nel caso specifico della creazione di un catasto degli incendi, la ripetitività delle riprese assume una importanza particolare. Infatti, la risposta spettrale propria degli incendi tende ad attenuarsi con l'asportazione del materiale carbonizzato e con l'avanzare della ricolonizzazione vegetale a scapito della corretta valutazione dell'area realmente percorsa dal fuoco.

Per quanto riguarda la risoluzione temporale dei satelliti a media risoluzione, il Landsat, grazie al maggior campo visivo, pari a 185 km, è caratterizzato da una risoluzione temporale di 16 giorni, a fronte dello Spot, che ha un campo visivo di "soli" 60 km (limitando notevolmente la porzione di territorio contenuta in una singola immagine) ed una risoluzione temporale di 26 giorni.

Seppure caratterizzati da una risoluzione spaziale meno scadente dei satelliti Landsat, la limitata risoluzione temporale dei satelliti Spot male si concilia con l'esigenza di ottenere un numero di immagini sufficientemente elevato da poter individuare tutti (o anche solo gran parte) degli incendi segnalati dalle squadre di intervento.

Infatti, specialmente nella stagione tardo-invernale e primaverile nella quale il numero di incendi segnalati per le regioni mediterranee, ed in particolare per la regione Cilentana, pur non essendo paragonabile al numero di incendi estivi, è comunque non trascurabile, una ripetitività di 26 giorni appare del tutto insufficiente. Bastano infatti pochi giorni con copertura nuvolosa elevata per pregiudicare la reale possibilità di ottenere un'immagine processabile, compromettendo l'individuazione di gran parte degli incendi dalla firma spettrale più "effimera".

### ***Satelliti ad elevata risoluzione spaziale***

Accanto ai satelliti tradizionali, quali Landsat o Spot, negli ultimi anni sono stati messi in orbita alcuni satelliti ad elevata o elevatissima risoluzione spaziale. Tra questi Ikonos, caratterizzato da quattro bande multispettrali con risoluzione di 4 m ed una banda pancromatica con 1 m di risoluzione, o Quickbird, la cui risoluzione è pari a 2,4 m nel multispettrale e 0,6 m nel pancromatico. Questo ultimo satellite è inoltre dotato di una risoluzione spettrale di qualità nettamente superiore ai precedenti, rendendo il prodotto per risoluzione spettrale e spaziale paragonabile (se non superiore) alle tradizionali riprese aerofotografiche.

Le immagini satellitari ad alta risoluzione, una volta georeferenzite con la necessaria accuratezza, potrebbero in principio essere sovrapposte ad una cartografia catastale digitale per dar vita ad un catasto degli incendi con le necessarie caratteristiche di accuratezza cartografica. Tuttavia l'impiego dei satelliti ad alta risoluzione per la cartografia delle aree incendiate presenta alcune notevoli controindicazioni, specialmente di carattere economico ma anche di tipo tecnico.

Data l'elevata risoluzione spaziale, la georeferenziazione delle immagini richiede l'impiego di tecniche particolarmente sofisticate e, oltre ad un modello digitale del terreno (DTM) ad elevatissima risoluzione, necessita della conoscenza dei parametri orbitali del satellite.

A parte i costi, il principale svantaggio legato all'impiego di immagini ad alta risoluzione, consiste nelle modalità di fornitura delle immagini stesse. In primo luogo, data l'enorme mole di dati telerilevati dai satelliti ad alta risoluzione (come termine di riferimento, si pensi che la superficie coperta da un pixel Landsat multispettrale corrisponde a 900 pixel Ikonos pancromatici), le immagini ad alta risoluzione coprono porzioni di territorio molto più ridotte rispetto alle immagini a media risoluzione. Di conseguenza per poter coprire regioni estese, come ad esempio il territorio del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano, è necessario acquistare, ortorettificare e mosaicare tra loro un cospicuo numero di immagini.

Inoltre, come già detto, per la creazione di un catasto degli incendi, la ripetitività delle riprese assume una importanza particolare. Di conseguenza, la risoluzione temporale del satellite dovrebbe essere tale da garantire la copertura del maggior numero possibile di incendi, compresi quelli di minori dimensioni caratterizzati da una firma spettrale più effimera.

Tuttavia, sempre a causa dell'elevata mole di dati necessari a coprire limitate porzioni di territorio, i satelliti ad alta risoluzione non riprendono il territorio in continuo come avviene per i satelliti a media risoluzione, ma vengono "accesi" e puntati sull'area da rilevare solo "su richiesta". Questo tipo di fornitura delle immagini prevede quindi che, a meno di avere in archivio delle immagini recenti dell'area di interesse a seguito di un precedente ordine di altri clienti interessati alla stessa regione, le immagini vengano fornite entro un arco di tempo variabile che dipende sia dal tempo necessario al satellite per passare sull'area richiesta, sia dalle

condizioni meteorologiche e di visibilità al momento del passaggio del satellite. Tuttavia, oltre a queste due prime condizioni, che sono proprie di tutti i sistemi di ripresa satellitari e che accomunano le piattaforme ad alta risoluzione ai satelliti a media risoluzione, un altro importante vincolo rispetto ai tempi di fornitura delle immagini su richiesta è imposto dal tempo di attesa dovuto al numero di ordini in coda. Questi tempi di attesa sono assai variabili e possono raggiungere anche alcune settimane nel caso di grandi ordini da parte di soggetti "istituzionali" che monopolizzano le riprese per il monitoraggio di eventi ad elevata priorità (es. monitoraggio di alluvioni o terremoti, o in caso di eventi bellici). Questa mancanza di certezza nei tempi di fornitura delle immagini telerilevate può ripercuotersi negativamente in fase di progettazione dei tempi di acquisizione ottimali o sub-ottimali per la realizzazione di un catasto degli incendi.

In figura 3, di seguito allegata, vengono messe a confronto una ripresa Landsat TM5 (RGB – TM 453) ed una Ikonos (dati panfusi pancromatico – multispettrale) dell'incendio di Castelfusano (Roma) del 4/7/2000. La superficie dell'area percorsa dal fuoco è pari a circa 260 ha.

### ***Valutazione dei costi***

Il servizio di ortorettificazione su DTM delle immagini Quickbird è offerto dal distributore italiano ad un prezzo aggiuntivo di circa 12 Euro a km<sup>2</sup> (IVA esclusa, fonte Eurimage, prezzi primavera 2003). Il prezzo non contempla ovviamente la fornitura da parte del cliente del DTM e l'acquisto delle immagini il cui prezzo si attesta sui 30 \$ a km<sup>2</sup> (a differenza dei costi di processamento, espressi in Euro in quanto il servizio è effettuato in Italia, il prezzo di acquisto delle immagini è espresso in US\$, in quanto la compagnia che commercializza il satellite ha sede negli Stati Uniti. Volendo tradurre queste cifre in un esempio pratico, l'acquisizione di un fotomosaico Quickbird ortorettificato del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano avrebbe un prezzo di circa 64.000 Euro. Il prezzo non comprende ovviamente il costo del DTM necessario per l'ortorettificazione delle immagini satellitari. Considerando che per dare vita ad un catasto incendi affidabile sono necessari almeno due riprese satellitari all'anno (ma la stima è estremamente ottimistica), la cifra da considerare risulterebbe largamente superiore all'intera dotazione di bilancio dell'Ente Parco assegnata alla lotta antincendio.

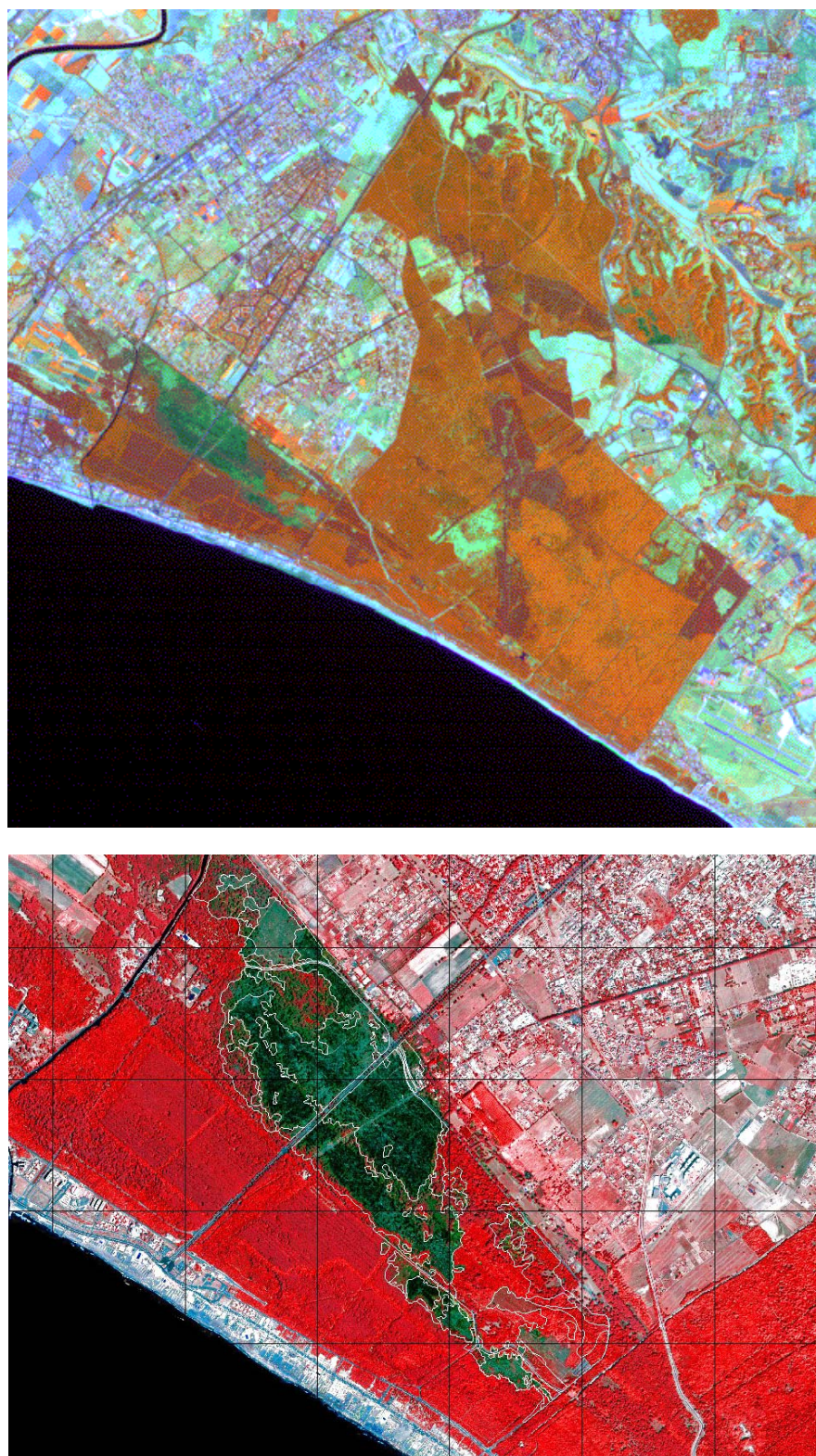


Fig. 3: Confronto tra immagini satellitari a diversa risoluzione

# Sperimentazione GPS per la perimetrazione delle aree percorse dal fuoco

## **Introduzione**

### LA TECNOLOGIA GPS

L'idea di utilizzare una flotta di satelliti, come supporto per un sistema in grado di rilevare le coordinate di un oggetto su scala globale, risale agli anni Settanta.

Il Dipartimento della Difesa statunitense (DoD), aveva già allora allo studio il progetto Gps (Global Positioning System) inizialmente pensato per esclusivo utilizzo militare.

Nel 1978 furono lanciati in orbita i primi satelliti. Sin dalla definizione iniziale il sistema si basava su di una flotta di 24 satelliti non geostazionari posti a circa 20.000 Km di altitudine, con orbita di 12 ore (ogni 24 ore un satellite Gps compie due rotazioni intorno alla terra) e posizionati su sei diversi piani orbitali in modo da coprire l'intera superficie terrestre. Solo nel 1994 il sistema, composto da 26 satelliti orbitanti su 6 piani posti a 60 gradi tra loro (Fig. 4), è stato completato. Il governo degli Stati Uniti è il proprietario del sistema di satelliti e non chiede alcun canone per lo sfruttamento della risorsa, ma ha mantenuto nel sistema GPS (fino al 1 maggio del 2000) un "errore indotto" chiamato SA (selective availability). Questo errore riduceva la precisione del sistema a circa 100 metri di approssimazione in maniera casuale (nominalmente... in pratica molto spesso anche 150/200), rendendo molto difficili le letture precise della posizione. Soprattutto la ricerca di una posizione marcata era difficoltosa in quanto all'errore presente all'epoca del rilevamento si aggiungeva l'errore nel momento della ricerca effettuata in un secondo tempo. Questa condizione ha favorito negli anni scorsi lo sviluppo del sistema DGPS (Differential GPS) da connettere al GPS per aumentarne la precisione.

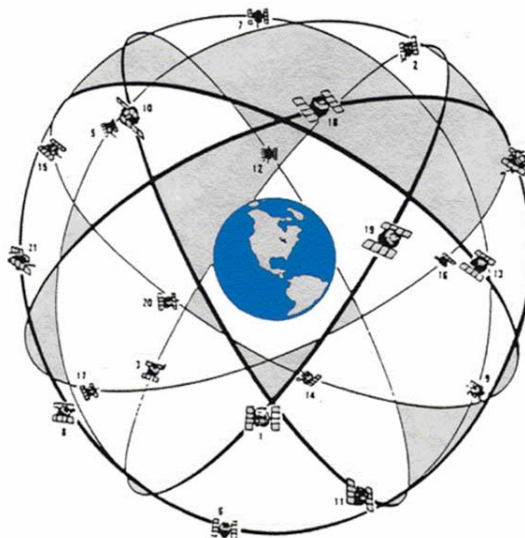


Fig. 4: Esempificazione della rete di satelliti orbitante intorno alla Terra

Ogni satellite trasmette segnali in onde su due frequenze portanti prodotte moltiplicando la frequenza fondamentale di 10.23 MHz, generata da clock atomici di bordo, per 154 e 120, teoricamente in grado di portare a precisioni dell'ordine del millimetro, denominate L1, L2, etc.):

$$L1=154*10.23 \text{ MHz}=1575.42 \text{ MHz}$$

$$L2=120*10.23 \text{ MHz}=1227.60 \text{ MHz}$$

Il segnale viaggia secondo una linea diretta e passa attraverso nubi, vetro e plastica, ma non può attraversare oggetti solidi come edifici, montagne, ecc. e viene modulato attraverso 3 codici: il codice C/A (*Course Acquisition code*), presente solo sulla L1, il codice P (*Precise code*) e il codice D (*Data code*). Tali codici permettono di ricavare informazioni relative al tempo e allo stato del sistema.

Il codice P (Precise) in presenza di Anti-Spoofing (AS), procedura operativa per il controllo di accesso al codice P gestita dal DoD americano, è crittografato nel codice Y. Questo può essere acquisito e utilizzato soltanto da ricevitori abilitati o attraverso l'utilizzo di ricevitori geodetici di alta qualità provvisti di specifiche tecniche di correlazione del segnale (Z-tracking). Il codice P è utilizzato nel Precise Positioning Service (PPS). Dal Gennaio 2006, con la completa attivazione di un sistema satellitare militare, il segnale P dei GPS civili non è più degradato e i GPS di nuova generazione sono in grado di avere una precisione nel calcolo della posizione notevolissima.

### CARATTERISTICHE DI UN RICEVITORE GPS

Un ricevitore deve essere in grado di "tradurre" tre dati trasmessi da un satellite Gps: l'identificativo, la posizione dell'orbita in cui si trova e il segnale temporale, la cui precisione è garantita dagli orologi atomici interni. Basandosi unicamente su queste informazioni, la ricevente è in grado di calcolare la distanza che la separa da ciascun satellite (moltiplicando il tempo di percorrenza del segnale per la velocità della luce). La posizione del satellite viene definita da un insieme di punti all'interno di uno spazio sferico. La possibilità di avere a disposizione più satelliti permette la costruzione di più sfere. In sequenza due sfere che si intersecano generano una superficie piana (ellisse), tre sfere individuano un segmento mentre quattro sfere si intersecano in un solo punto. Conseguenza di questo discorso è che per avere una posizione precisa dobbiamo recepire il segnale di almeno 4 satelliti (rilievo in 3D). Inoltre è fondamentale avere un ricevitore in grado di calcolare il tempo impiegato dalla radiazione a giungere fino alla ricevente (slittamento del segnale proveniente dallo spazio nei confronti del locale).

#### *Errori*

Le sorgenti di errore possono essere classificate in tre gruppi:

- errori associati con il satellite;
- errori connessi con la propagazione del segnale GPS;
- errori associati con il ricevitore.

I primi 2 sono associati a gruppi di errori corretti direttamente dalla gestione del sistema satellitare. Gli errori associati con il ricevitore GPS sono legati alla qualità tecnica di costruzione dello stesso e sono fondamentalmente 3:

Errori hardware o strumentali: dipendono dall'errore con cui si realizza l'allineamento del codice generato dal ricevitore con quello proveniente dal satellite;

Errori di multipath (cammini multipli): riguardano i fenomeni di riflessione del segnale Gps contro ostacoli posti in prossimità del ricevitore del segnale giunto al ricevitore (cartelloni metallici, palazzi, boschi ecc.)

Offset del Centro di Fase d'antenna e sua variazione: il centro di fase dell'antenna è il punto a cui le misure del segnale GPS sono riferite. Generalmente non coincide con il centro fisico dell'antenna (offset) e dipende dall'elevazione, dall'azimuth, dall'intensità e dalla frequenza del segnale. L'errore può giungere a 1-2 cm.

Un aspetto che incide in modo determinante sulla precisione complessiva del posizionamento è la distribuzione geometrica dei 4 satelliti utilizzati dal ricevitore per il calcolo della posizione, che deve essere ampia e omogenea. Per agevolare il monitoraggio delle precisioni ottenibili dal sistema si esamina il cosiddetto GDOP (*Position Dilution Of Precision*), che è un indice che esprime la perdita di precisione nella determinazione della posizione imputabile alla geometria dei satelliti in senso tridimensionale e del tempo (volume del tetraedro costituito dal ricevitore e dai 4 satelliti in relazione ad un giro d'orizzonte ridisegnato sulla base degli ostacoli orografici). A valori bassi di GDOP corrisponde una configurazione geometrica ottimale in relazione ad un contesto reale (Fig. 5).

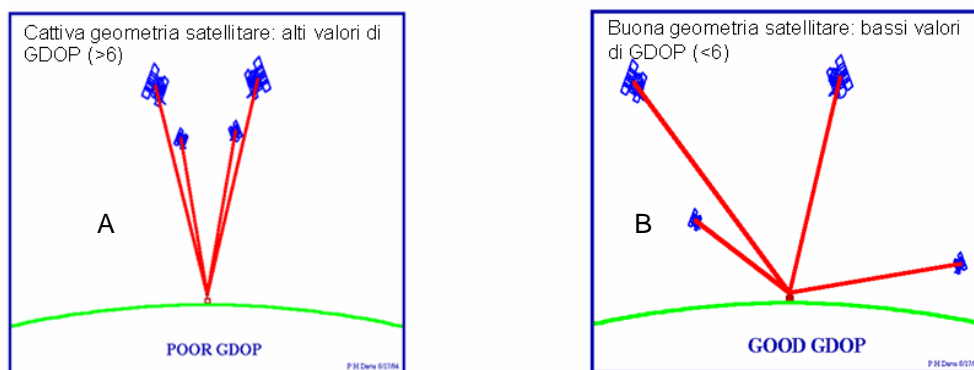


Fig. 5: Esempio di una cattiva geometria satellitare (A) e di una buona geometria satellitare (B)

## LA STRUMENTAZIONE

La strumentazione necessaria per eseguire un rilievo GPS consiste in un ricevitore, alimentato generalmente da batterie, collegato ad un'antenna ricevente, che rappresenta il punto fisico di cui si determinano le coordinate. L'antenna può essere integrata nel ricevitore stesso oppure esterna e collegata con un cavo, nel qual caso è necessario anche un supporto per agevolare il trasporto e il posizionamento sui punti da rilevare. Le caratteristiche costruttive dell'antenna possono incidere notevolmente sulla capacità del sistema di ridurre i margini d'errore discriminando i segnali disturbati da potenti fonti elettromagnetiche o deviati dalla presenza di superfici riflettenti (fenomeni di multipath).

Il mercato offre un'ampia gamma di ricevitori GPS, con prezzi che variano da poche centinaia a diverse migliaia di euro. Si distinguono principalmente in base a determinate caratteristiche costruttive che si riflettono sulla capacità di gestire tutte o in parte le informazioni contenute nei segnali satellitari.

In particolare si valutano:

- l'utilizzo: per scopi hobbistici (trekking, navigazione), per produzione di dati geografici rilevati (*outdoor/mapping/classe GIS*) o per rilevamenti geodetici-topografici (i più completi e costosi);
- il numero di canali dedicati per l'elaborazione delle informazioni satellitari, che indica di, conseguenza, anche il massimo numero di satelliti "agganciabili" contemporaneamente dal ricevitore, in quanto a ciascun satellite visibile nel ricevitore è riservato un canale differente (attualmente la maggior parte dei ricevitori hanno 12 canali);
- la disponibilità di memoria interna per archiviare i dati rilevati e sottoporli a correzione differenziale per aumentarne l'accuratezza posizionale;
- la capacità di eseguire la correzione differenziale in tempo reale (*real time*) o a posteriori (*post processing*);
- la possibilità di monitorare durante il rilievo i parametri indicativi della precisione del posizionamento e di intervenire per aumentare la produttività piuttosto che la precisione e viceversa;
- la possibilità di combinare i segnali provenienti dalla costellazione GPS, con i segnali provenienti da altre costellazioni analoghe.

Ai fini del rilievo delle aree percorse da incendio, le caratteristiche della strumentazione GPS da impiegare dovranno rispondere ai requisiti generali dei **ricevitori della classe GIS/mapping**.

Al di là delle caratteristiche tecniche di base (la diffusione dei GPS di navigazione stradale ha migliorato la produzione di tutti i segmenti) allo stato attuale implementate anche nei ricevitori palmari di fascia medio-alta, è fondamentale avere la possibilità di interagire con lo strumento sia per stimare in tempo reale la precisione del posizionamento, sia per modificare i valori dei parametri sensibili, per affinare la precisione o per aumentare la produttività.

Altro aspetto particolarmente importante è l'autonomia del ricevitore e la possibilità di collegarlo (senza spegnerlo) ad un alimentatore portatile. Infatti, acceso il ricevitore e acquisiti 4 o più satelliti nella migliore configurazione possibile, è necessario eseguire il rilievo o la perimetrazione degli eventi programmati nel corso della giornata senza spegnere l'unità GPS. Questo perché ad ogni accensione viene calcolata una nuova configurazione dei satelliti e ogni due ore anche le effemeridi (l'insieme delle coordinate astronomiche che individuano la Terra nel sistema solare) vengono aggiornate da terra.

L'interfaccia con software dedicati, sia per le operazioni di elaborazione e di semplificazione del dato rilevato sia per l'esportazione nei sistemi GIS è un altro elemento di grande importanza nella scelta di unità adatte al campionamento. Allo stato attuale e a livello nazionale il Corpo Forestale dello Stato può usufruire del Sistema Informativo della Montagna (SIM) all'interno del quale gli operatori hanno a disposizione alcuni strumenti di cartografia digitale che permettono l'esportazione/importazione di dati, il cambio del sistema di proiezione coordinate geografiche, la sovrapposizione dei rilievi alla cartografie di base. Tuttavia è auspicabile avere a

disposizione a livello locale un riferimento per l'elaborazione dei dati rilevati con un GPS e loro integrazione in sistemi GIS. Esistono attualmente diversi software commerciali e open source adatti allo scopo. Di seguito la tabella illustra i principali software utilizzabili o integrati con la logica dei Geographical Information System e utilizzabili per elaborare dati da GPS.

Nome	Azienda	Modello dati	Piattaforma	Strategia di vendita	Host
Arc/Info	ESRI, USA	Raster, Vector	unix, PC	Commerc.	www.esri.com
ArcView	ESRI, USA	Vector (Raster)	unix, PC	Commerc.	www.esri.com
ArcPad	ESRI, USA	Vector (Raster)	unix, PC	Commerc.	www.esri.com
ArcGis	ESRI, USA	Raster, Vector	Unix, PC, Linux	Commerc.	www.esri.com
ILWIS	Aerosp SurveysNL	Raster	PC	Istruzione	www.itc.nl
IDRISI	Clark University	Raster	PC	Istruzione	www.clarklabs.com
GeoMedia	Intergraph	Raster, Vector	PC	Comm/Istru.	www.intergraph.com
Geomatrica	PCI-Geomatics	Raster Vector	PC	Commerc.	www.pcigeomatics.com
Erdas Imag	Erdas-Leica	Raster (Vector)	PC	Commerc.	www.gi.leica-geosystem.com
Grass	Baylor University.	Raster (Vector)	PC, Solaris, Mac, Linux	Op.SOURCE Free	//grass.baylor.edu//index.php
OziExplorer	D&L Software Pty Ltd Australia	Raster (Vector)	PC	Shareware uso limitato Commerc.	www.ozieplorer.com

### UN SISTEMA A SCALA DI PARCO

A seguito delle attività di studio e ricerche inerenti la redazione dei Piani Antincendio Boschivi (PAI), il Dipartimento di Arboricoltura, Botanica e Patologia Vegetale dell'Università Federico II di Napoli è stato incaricato dal Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano (PNCVD) a redigere il presente documento allo

scopo di offrire al C.F.S., agli Enti Delegati e alle Amministrazioni comunali uno strumento di supporto, per l'espletamento delle attività di perimetrazione degli eventi incendio occorsi nel territorio del Parco e nelle aree contigue per la conseguente redazione del Catasto delle aree bruciate.

#### *I rilievi di campo*

I rilievi speditivi di campo devono essere pianificati a tavolino. Questa prima fase è fondamentale per l'ottimizzazione dei tempi e l'accuratezza del rilievo che terrà conto di tutte le variabili conosciute (orografia, accessibilità, interferenze sul segnale, configurazione della costellazione dei satelliti presenti) che potrebbero influenzare negativamente la qualità e i tempi del rilievo.

#### *Tempistica*

I tempi di esecuzione del rilievo dopo un evento incendio dovrebbero essere contenuti entro i due mesi. In termini operativi l'assenza o la riduzione di vegetazione di sottobosco e di rovi aumenta la sicurezza e la rapidità negli spostamenti all'interno delle aree incendiate. Qualora l'incendio abbia interessato strutture di vegetazione la cui ricrescita è rapida (ampelodesmeti, pascoli, ecc.) i tempi d'esecuzione del rilievo dovrebbero essere contenuti in un mese. In questo modo anche in presenza di una recidività degli eventi nelle medesime aree, sarà possibile distinguere con adeguata sicurezza il perimetro dell'area incendiata che si intende delimitare evitando che ci sia una qualsiasi sovrapposizione ad altri eventi verificatisi precedentemente.

#### *Definizione della configurazione oraria dei satelliti (planning)*

Il "planning" permette di ottenere, tramite apposito software, una proiezione della disposizione dei satelliti nel tempo. Questa operazione permette di evidenziare le fasce orarie della giornata in cui la disposizione dei satelliti assume valori ottimali di PDOP inferiori a 6.

I software di GPS planning più diffusi, hanno la possibilità di ridisegnare il giro d'orizzonte tenendo conto anche degli ostacoli orografici, previa misurazione (in loco o da cartografia o via GIS) di azimut ed elevazione dell'orizzonte reale. Tuttavia, questo approccio richiede un considerevole lavoro di preparazione svolto nei giorni precedenti il rilievo ed è indicato nei rilevamenti statici, nei quali la porzione di cielo visibile è costante (monitoraggio delle frane, ubicazione di pozzi artesiani, animali con home-range limitati, ecc.). Nei rilevamenti dinamici o itineranti come la perimetrazione di vaste aree incendiate, dove l'orizzonte di cielo visibile può variare e la presenza di incisioni o di vegetazione arborea è tale da ostacolare l'acquisizione di qualche satellite, l'applicazione di questa tecnica rischia di essere inutile. L'utilizzo del software di GPS planning, anche senza l'aggiunta del lavoro di correzione, è comunque consigliato, poiché permette di individuare in pochi minuti le fasce orarie di migliore ricezione satellitare e di programmare le uscite in maniera più produttiva.

#### *Identificazione della base fissa*

La presenza di una fitta rete di basi fisse permette la realizzazione della correzione differenziale (DGPS). In Campania, di fatto, non esiste una rete regionale di Stazioni GPS permanenti (dette comunemente Basi) adibite all'erogazione del servizio di generazione e distribuzione dei dati necessari alla correzione al momento del rilevamento. L'unico riferimento è la rete IGM95 realizzata negli anni '90 dall'Istituto Geografico Militare. Essa è costituita da circa 2000 vertici posti ad una distanza di circa 25 km e in grado di assicurare una precisione

dell'ordine dei cm. In Campania sono posti circa 36 vertici su 2000 e nel Parco Nazionale del Cilento se ne ritrovano 6 (Fig. 6).



Fig. 6: La rete IGM95 realizzata dall'Istituto Geografico Militare.

La correzione differenziale (Fig. 7) si realizza mediante l'utilizzo di due dispositivi GPS, uno di riferimento (*base*) l'altro mobile (detto *Rover*). La base è posta su di un punto di cui sono conosciuti tutti i parametri geodetici. Una volta attivata, la base calcola la sua distanza dal luogo geometrico prodotto dall'intersezione delle 4 sfere, che rappresentano il volume occupato dal segnale emesso da ciascun satellite. Conosciuta la distanza, la base calcola la differenza tra i valori calcolati e i valori misurati e tramite collegamento radio può inviare la correzione all'unità mobile.

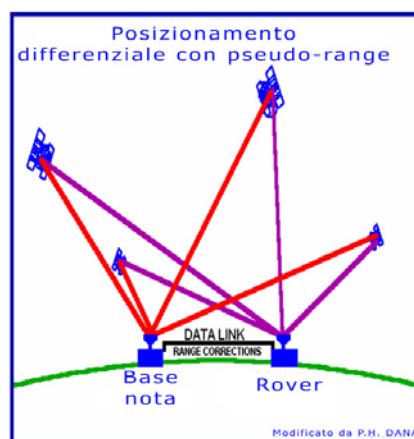


Fig. 7: Esempio schematico di correzione differenziale.

Alla mancanza di basi si può ovviare con l'utilizzo di due strumentazioni GPS delle quali una impostata come base con antenna esterna e posizionata in un punto geodetico a coordinata nota. Naturalmente i costi di tale

operazione sono notevoli (necessità di disporre di due o più GPS di fascia alta, disponibilità di uno o più operatori per la custodia della struttura, posizionamento sul punto geodetico progettato in maniera tale da impedire qualsiasi spostamento dell'antenna dovuto a fattori ambientali). In ogni caso, come detto in precedenza, dal gennaio 2006 il DoD statunitense ha trasferito la rete GPS militare americana su un'altro gruppo di satelliti e non attua più la procedura di degradazione del codice P (Precise) ricevuto dai GPS civili. Inoltre, il notevole impulso dato dal mercato automobilistico e aerospaziale allo sviluppo della tecnologia GPS, hanno permesso l'immissione sul mercato di nuove unità GPS portatili con possibilità di collegamento ad antenne esterne, in grado di offrire in campo aperto precisioni dell'ordine dei 5 metri.

Premesso ciò e fermo restando la necessità di una correzione differenziale, è consigliato, in mancanza di una rete Dgps, l'utilizzo di GPS di nuova generazione corredati da antenna esterna e ausilio di carte tecniche (in scala 1:10.000 o 1:5.000), rispetto all'utilizzo supplementare di GPS fissi, impostati a simulare una base. Di seguito si riportano due grafici che illustrano in un caso, il confronto degli errori di posizione in campo aperto tra diversi tipi di ricevitori GPS e nell'altro, il confronto degli errori di posizione riferiti ad uno stesso ricevitore con antenna interna ed esterna. La classificazione in fasce tiene conto essenzialmente del prezzo. I GPS di fascia professionale e alta hanno prezzi superiori ai 1500 euro antenna esterna esclusa, mentre quelli di fascia medio-alta sono acquistabili a prezzi compresi tra i 750 e i 1000 euro antenna esterna inclusa.

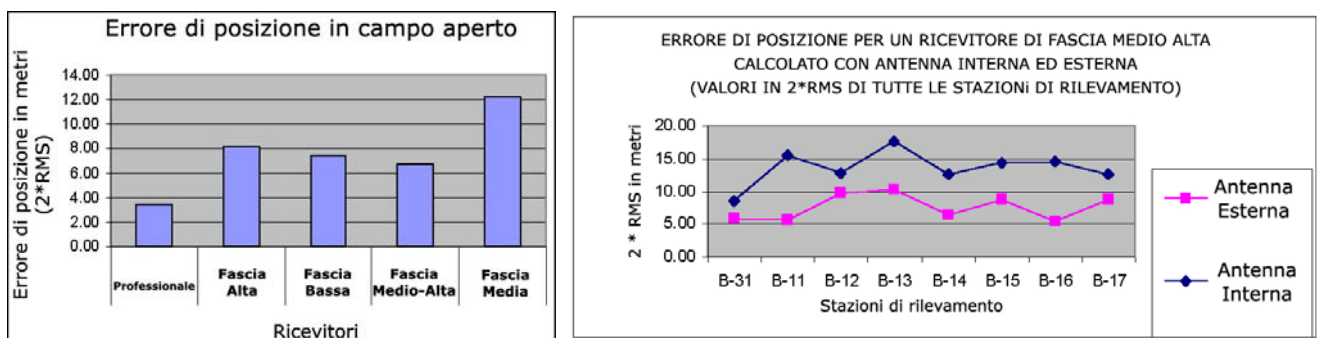


Fig. 8: Errori di posizionamento in funzione del tipo di GPS e di antenna

Ai fini delle attività investigative svolte nell'immediato post-incendio dal CFS, si ritiene più che sufficiente l'utilizzo di GPS appartenenti alla fascia medio-alta comunemente in dotazione ai comandi forestali del CTA.

In ogni caso, come si evince in figura 8, i ricevitori di fascia medio-alta competono in prestazioni anche con i ricevitori professionali, che però rispetto ai primi possono essere utilizzati in bosco grosso modo con le stesse prestazioni che in campo aperto.

Concludendo, si consiglia l'utilizzo di ricevitori di fascia medio-alta per tutte le operazioni attuate generalmente con una buona visione dell'orizzonte celeste visibile. Questi ricevitori dovrebbero in ogni caso essere dotati di antenna esterna e collegabili a stazioni adibite alla correzione DGPS. Tuttavia i ricevitori di fascia professionale dovrebbero essere parte integrante di una dotazione di base soprattutto per garantire le migliori condizioni di rilievo per la redazione del catasto delle aree percorse dal fuoco.

### Orografia

Gli aspetti geomorfologici e fisiografici delle località oggetto di rilevamento influenzano senza dubbio i tempi d'esecuzione delle perimetrazioni. In particolare la presenza di ostacoli (canaloni, fondovalle stretti e/o boscati, colline), impedendo la visibilità completa del cielo, possono ridurre il numero di satelliti utilizzabili dallo strumento fino all'interruzione del collegamento e la conseguente impossibilità a proseguire il lavoro di rilevamento. In questi casi è fondamentale avere strumentazioni ausiliarie di supporto, non solo per la determinazione dell'altezza media sul livello del mare e del nord magnetico (altimetro di precisione e bussola), ma anche per la misurazione di distanze e angoli (distanziometro a ultrasuoni o laser, clisimetro). In questo modo il perimetro fino a quel momento rilevato con il GPS potrebbe essere integrato con il rilievo di una poligonale speditiva almeno fino al momento di una rinnovata e soddisfacente acquisizione della copertura satellitare.

La conoscenza del territorio e la programmazione precisa dell'itinerario con la possibilità di eseguire il rilievo "a pezzi", impedisce di fatto l'interruzione definitiva del rilievo e l'ottimizzazione degli spostamenti con un contenimento dei costi che a lungo termine può essere significativo.

### Interferenze sul segnale GPS

La presenza di fonti di disturbo sul segnale satellitare nelle vicinanze dell'antenna del ricevitore GPS può determinare errori di posizione di entità incontrollabile e difficilmente eliminabili. In particolare possono essere soggetti a questo genere di errori i rilievi effettuati nei pressi di potenti fonti elettromagnetiche, quali linee elettriche dell'alta tensione, antenne trasmettenti, ripetitori, (fenomeno di jamming) e i rilievi effettuati in presenza di ostacoli in grado di riflettere le onde GPS, quali edifici, pareti rocciose, ma anche fusti e chiome arboree (fenomeni di multipath – Fig. 9).

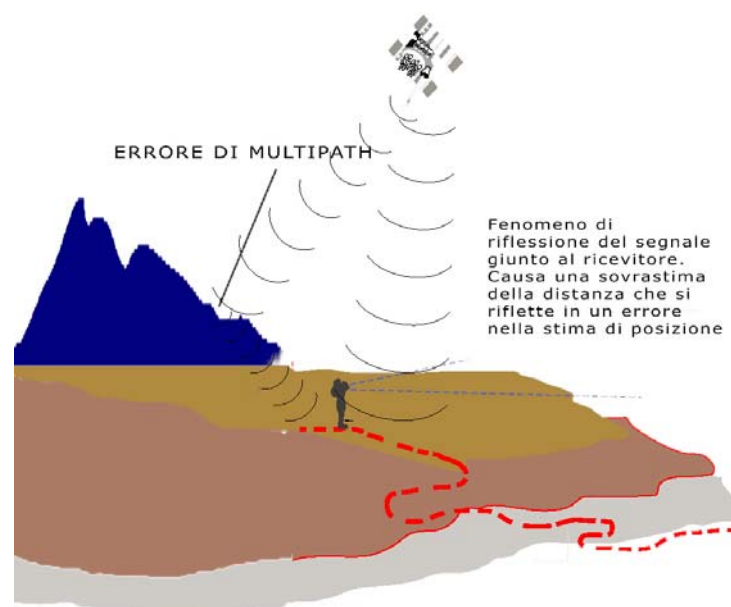


Fig. 9: Errore di multipath. Il segnale percorre un cammino multiplo in seguito alla riflessione delle onde su ostacoli quali rocce, palazzi, ecc...

Questo tipo di errori dipende essenzialmente dal ricevitore. Il GPS quindi, una volta registrato il segnale lo elabora come valido e offre un'informazione sulla posizione del punto con un errore strumentale non correggibile sia in fase di correzione differenziale che in fase di post-elaborazione tramite software. Alcuni ricevitori GPS di ultima generazione sono forniti di specifici software interni sviluppati per eliminare le interferenze dei segnali indiretti e considerare solo il cammino diretto. Questi dispositivi utilizzano tecniche di elaborazione numeriche dei segnali, utili anche per correggere l'effetto Doppler causato dal moto della ricevente, che fanno sì che il tragitto percorso dal segnale osservato non coincida con il percorso geometrico fra satellite e ricevitore. Anche le caratteristiche costruttive dell'antenna possono determinare degli errori strumentali nella determinazione della posizione. Infatti il centro di fase dell'antenna (a cui le misure del segnale GPS sono riferite) e la sua ubicazione fisica non sempre coincidono. La presenza dell'antenna esterna minimizza al massimo questo errore che d'altra parte è sempre contenuto nell'ordine di una decina di cm nelle peggiori tecnologie.

#### *Operazioni di rilievo*

Il rilievo può essere fatto da terra o da foto aeree e satellitari a seconda dell'ampiezza della superficie incendiata. A titolo esemplificativo indichiamo dei valori limiti di superficie percorsa per decidere il tipo di rilievo da seguire:

<b>Superficie presunta</b>	<b>Modalità rilievo</b>
0 ha - 5 ha	a terra
5 ha – 10 ha	discrezionale (terra/aereo)
>10 ha	aereo

Nel caso del rilievo a terra, le operazioni possono essere effettuate da un singolo operatore, nel caso di piccole superfici in campo aperto, o anche da più operatori laddove sia necessario un lavoro di pulizia e di facilitazione al passaggio.

#### *Identificazione del perimetro*

L'individuazione del perimetro deve avvenire precedentemente al passaggio dell'operatore con l'apparecchio GPS. Può essere effettuata anche da un solo operatore che abbia partecipato alle operazioni di spegnimento, qualora il territorio sia ben conosciuto, e poco accidentato. Negli altri casi è buona norma coinvolgere un numero adeguato di operatori dotati di attrezzature quali roncole per l'apertura di varchi atti al passaggio dell'operatore e dell'eventuale antenna esterna montata su una palina. La dotazione di attrezzature di base dovrebbe prevedere inoltre un altimetro, un distanziometro e/o delle rotelle metriche, un clisimetro, tutti attrezzi necessari al calcolo di una poligonale speditiva, carte tecniche con un rapporto di scala non inferiore a 1:10.000, bombolette spray di vernice, paletti e nastro stradale bianco e rosso per le delimitazioni.

### *Il passaggio dell'operatore con l'apparecchio GPS*

L'operatore che nella giornata ha il compito di effettuare il rilievo strumentale, ha la responsabilità, non solo della custodia e del trasporto dell'attrezzatura, ma anche della sua preparazione e messa a punto (ricarica batterie, cavi di collegamento, antenna esterna, calcolo preventivo dell'andamento della configurazione satellitare nella giornata, ecc.).

Come prima cosa si deve procedere all'individuazione del perimetro dell'area incendiata per segnalare in modo inequivocabile i punti limite del perimetro e le posizioni da rilevare. I tempi di rilevamento dell'operatore GPS sono condizionati dalla possibilità di acquisire un numero sufficiente di satelliti con una configurazione tale da garantire un rilievo preciso (Fig. 10).

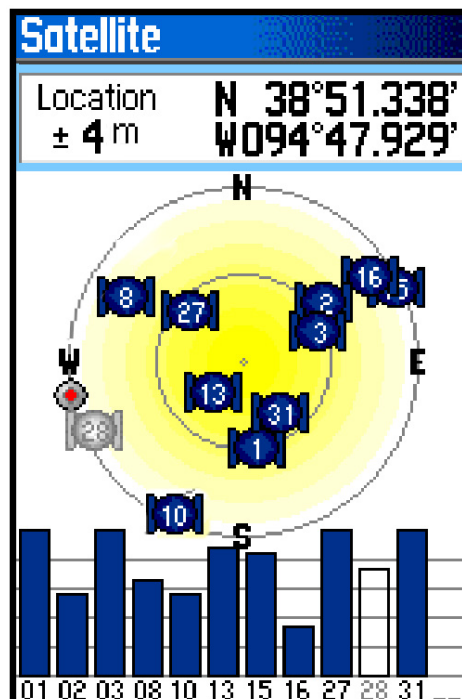


Fig. 10: Esempio di configurazione geometrica ottimale dei satelliti (3D) per un rilievo GPS

Il rilievo GPS di un perimetro può essere eseguito in modalità statica (marcare i waypoint), cioè individuando lungo il perimetro da rilevare dei punti opportunamente scelti (vertici di poligonale) in cui collocare l'antenna e registrare un minimo numero di posizioni per ogni vertice, oppure in modalità cinematica registrando in continuo il segnale satellitare, con intervallo di acquisizione costante, mentre ci si muove rigorosamente lungo il perimetro.

Il primo metodo consente spostamenti più agevoli (non è infatti necessario percorrere esattamente il perimetro) e garantisce un buon livello di accuratezza nel posizionamento di ciascun singolo vertice, le cui coordinate risulteranno dalla media di tutte le posizioni rilevate in esso. Tale media, effettuata in automatico dall'apparecchio GPS, dovrà essere calcolata con un numero di repliche tale da rendere la precisione stimata dell'ordine dei 5-6 metri in campo aperto e senza correzione differenziale. La sensibilità dell'operatore permette

la migliore astrazione nel posizionamento dei vertici, in modo che la poligonale approssimi al meglio il poligono reale (Fig. 11).

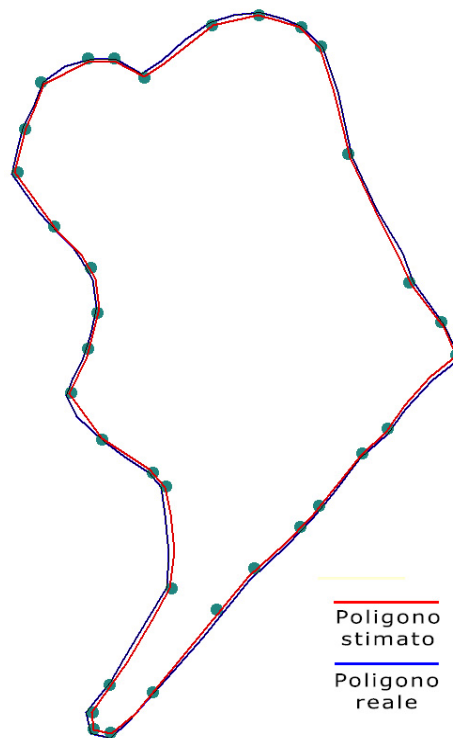


Fig. 11: Perimetrazione di un'area con un buon livello di astrazione

Il numero minimo di waypoints da individuare lungo il perimetro dipende non solo dall'ampiezza dell'area ma anche dalla sua forma. In ogni caso il numero di waypoints non deve essere inferiore a 20 per ha.

Il rilievo cinematico (modalità traccia o percorso), invece, può comportare rallentamenti di tipo fisico all'avanzamento, specie in presenza di vegetazione fitta o di terreni impervi, ma non costringe a soste obbligate, anzi occorre ricordare di mettere in pausa lo strumento in caso di sosta, altrimenti si rischia di rendere il rilievo illeggibile. Comunque il rilievo in modalità cinematica offre un livello di accuratezza posizionale nettamente inferiore, in quanto il perimetro rilevato è rappresentato da un poligono assai irregolare, spesso dall'andamento seghettato, i cui vertici risultano molto ravvicinati tra loro e, aspetto più importante, vengono determinati da una sola, singola acquisizione del dato di posizione.

L'acquisizione del segnale deve essere condotta in modalità 3D (ricezione in contemporanea di adeguato segnale da almeno 4 satelliti), con un parametro GDOP non superiore a 6 (in effetti la possibilità di calcolare il PDOP e il planning viene offerta al momento solo dalla marca Trimble). In caso non si disponga di un GPS che permette il calcolo del PDOP si deve fare in modo che almeno 3 dei 4 satelliti siano disposti a 45° sull'orizzonte (Fig. 12).

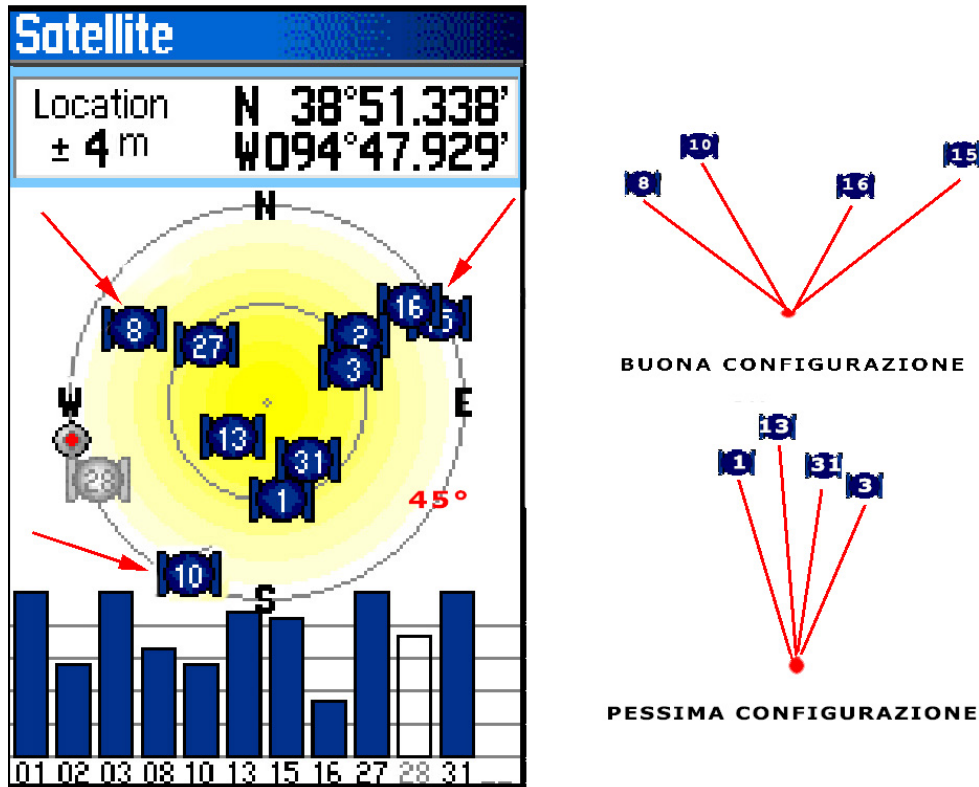


Fig. 12: Particolare dell'orizzonte celeste captato da un ricevitore GPS. Il numero di satelliti (10), il cui segnale è ricevuto dall'unità GPS, è sicuramente più che adeguato alla ricezione 3D. I satelliti 8, 10, 15, 16 permettono di ottenere un GDOP adeguato e la migliore precisione stimata.

Quando il ricevitore non è in grado di ricevere il segnale dai satelliti ovvero il GDOP è superiore a 6, vanno adottate soluzioni alternative.

Qualora il valore di PDOP risulti troppo elevato o il numero di segnali satellitari captati sia insufficiente e non vi sia sentore che la situazione possa migliorare in tempi ragionevoli, sarà necessario essere attrezzati e preparati per eseguire posizionamenti in offset (nei casi in cui vi siano nelle vicinanze zone meglio esposte da cui poter misurare distanza e direzione rispetto al vertice da rilevare), oppure, nei casi in cui la situazione di stasi coinvolga il posizionamento di più vertici, integrare il rilievo GPS con la misura di una poligonale speditiva, eseguita con bussola, distanziometro e clisimetro, avente inizio sull'ultimo punto GPS rilevato correttamente prima dell'interruzione e fine sul primo punto GPS rilevato dopo il ritorno a condizioni di buona operatività. Questa soluzione tuttavia presuppone la predisposizione di un apposito software da integrare nel ricevitore o, in alternativa, un notevole lavoro supplementare sia in campo (con personale in grado di svolgere rilievi di tipo catastale), consistente nell'annotare ordinatamente e con esattezza tutte le misure effettuate, che in ufficio, per restituire la poligonale in ambiente GIS e inserirla nel resto del rilievo GPS. Nell'ambito dell'applicazione di vincoli a superfici percorse da incendio, si deve considerare applicabile unicamente la modalità statica di rilievo, con un numero di letture tale da avere valori di precisione stimata inferiori a 5 m.

Nell'identificazione del perimetro i vertici devono essere collocati nell'immediata prossimità del margine, all'interno della superficie incendiata ed in modo che la linea congiungente due vertici consecutivi ricada completamente all'interno della superficie percorsa dal fuoco (Fig. 13).

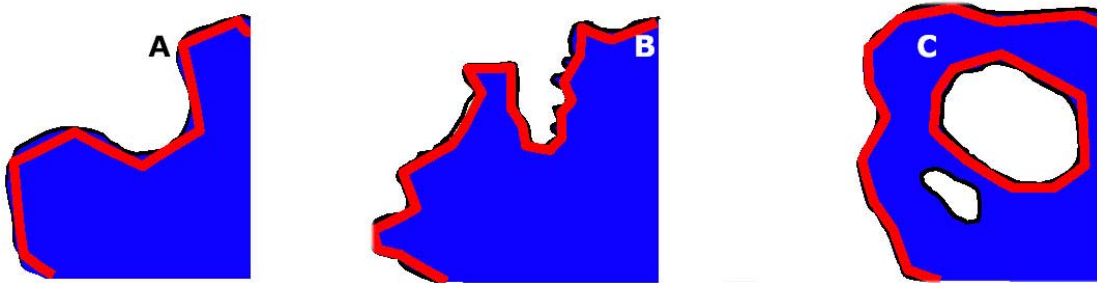


Fig. 13: Differenti tipi di accuratezza nel rilevamento

Si valutano accuratamente tasche di superficie non toccate dalle fiamme e le lingue di fuoco: si devono escludere le prime, mentre si possono escludere le seconde se la loro conformazione può comportare la generazione di un elemento grafico contorto ovvero se poco significative ed il loro rilievo comporta un eccessivo sforzo operativo.

Quando si presenta la necessità di rilevare "isole" non bruciate si procederà con accortezza seguendo le medesime indicazioni.

L'operatore GPS, preso atto delle indicazioni date dai rilevatori, valuta ulteriormente lo stato di fatto e posiziona il supporto dell'antenna, fissandolo a terra in modo stabile sul punto scelto, dando di seguito il via alla fase di registrazione delle letture. La figura mostra alcuni esempi di astrazione del perimetro da rilevare. La linea più sottile identifica il perimetro reale, l'altra il perimetro da rilevare.

Le superfici non bruciate che ricadono all'interno della superficie d'incendio vanno rilevate per essere escluse solo se superiori alla metà del minimo areale considerato nel rilevamento, generalmente 500-1000 mq.

Per concludere si riporta un esempio di rilevamento senza correzione differenziale in campo aperto con dislivello di 25 m.

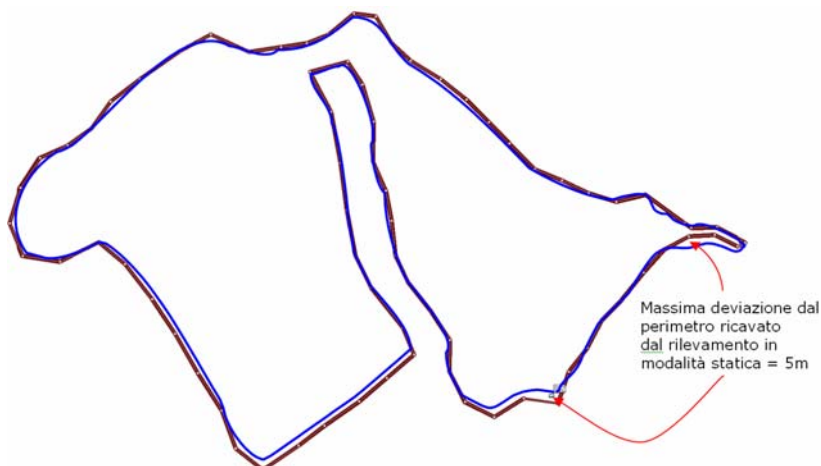


Fig. 14: Esempio di rilevamento senza correzione differenziale

## OSSERVAZIONI

Il rilievo di dati mediante l'uso di strumentazione GPS è non-ripetibile, ossia volendo ripetere il rilievo anche utilizzando lo stesso strumento, con l'antenna posizionata esattamente nello stesso punto, rilevando con la stessa metodologia (stesso tempo di lettura o stesso numero di letture) il prodotto finale a cui si perviene non potrà essere identico, ossia completamente sovrapponibile a quello recentemente ottenuto.

Questo perché le condizioni al contorno (es. geometria del sistema, particelle intercettate dai segnali radio nell'attraversamento dell'atmosfera) variano istante per istante e non si ripetono mai in modo identico. D'altro canto si fissano dei parametri nel ricevitore (numero satelliti, PDOP mask, SNR, elevation mask) e delle modalità di rilievo (statico o cinematico, numero posizioni per punto, correzione differenziale) proprio con lo scopo di minimizzare quanto più possibile il fattore di alea, e quindi, indirettamente, di minimizzare anche le differenze di posizione che si riscontrano ripetendo più volte il rilievo nello stesso punto.