

Confronto sperimentale tra superfici a ceduo tagliate a raso osservate mediante immagini satellitari ad alta risoluzione e tagliate riscontrate amministrativamente

Corona P⁽¹⁾, Giuliarelli D^{*(1)}, Lamonaca A⁽¹⁾, Mattioli W⁽¹⁾, Tonti D⁽²⁾, Chirici G⁽²⁾, Marchetti M⁽²⁾

(1) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse, v. San Camillo de Lellis, snc - 01100 Viterbo (Italy); (2) Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio, Contrada Fonte Lappone - 86090 Pesche, Isernia (Italy) - *Corresponding author: Diego Giuliarelli (dgiuliarelli@unitus.it).

Abstract: *Experimental comparison between coppice clearcuts observed by high resolution satellite images and administrative statistics in central-southern Italy.* The aim of this work is to test the potential of SPOT5 satellite images for monitoring coppice clearcuts. The clearcuts, delineated by on screen interpretation of the satellite images, are compared with the administrative statistics reported for a sample of 230 administrative units. Administrative statistics result significantly lower than those by satellite images, with an average ratio between clearcut area observed by SPOT5 images within each sample unit and the corresponding administrative statistics equal to 1.45. The underestimation by the administrative data is likely due to the simplified process of authorization of coppice clearcuts as well as the eventual lack of timeliness and/or loss of data that sometimes hinder the information flow from administrative bodies to National Forest Service, that is in charge of feeding the official forest statistics. In the light of the experimentation carried out, an operational procedure by SPOT5 images is proposed for the statistical calibration of administrative data about coppice clearcuts.

Keywords: Even-aged coppices, Clearcuts, Spot5, Monitoring, Official statistics.

Received: Jun 01, 2007 - Accepted: Jul 23, 2007.

Citation: Corona P, Giuliarelli D, Lamonaca A, Mattioli W, Tonti D, Chirici G, Marchetti M, 2007. Confronto sperimentale tra superfici a ceduo tagliate a raso osservate mediante immagini satellitari ad alta risoluzione e tagliate riscontrate amministrativamente. *Forest@* 4 (3): 324-332. [online] URL: <http://www.sisef.it/>.

Introduzione

L'attuale contesto internazionale richiede all'Italia di fornire statistiche accurate sull'utilizzo delle risorse forestali. In questo ambito, particolare rilevanza hanno le statistiche sui tagli boschivi quali strumento per il monitoraggio della sostenibilità dell'utilizzo delle risorse, la valutazione delle politiche di settore e la contabilità del carbonio atmosferico fissato negli ecosistemi forestali.

Le competenze tecniche e amministrative sui tagli boschivi fanno capo alle Regioni (DPR 11/1972, DPR 616/1977), la cui esclusività è stata ribadita dalle recenti modifiche all'art. 117 della Costituzione. In materia, gli enti regionali sono anche direttamente responsabili di alimentare il Sistema Statistico Nazionale (SISTAN). In base a consuetudine o tramite apposite convenzioni, la registrazione a fini statistici

dei prelievi legnosi dai soprassuoli forestali è dalle Regioni in genere affidata al Corpo Forestale dello Stato (CFS) e ai Corpi Forestali delle Regioni/Province Autonome. A tal fine, i Comandi Stazione di questi Corpi compilano annualmente l'apposito modello ISTAT_FOR riportando i dati dei tagli boschivi per il territorio di loro giurisdizione, sulla base delle dichiarazioni e autorizzazioni al taglio loro comunicate dagli enti competenti. I modelli ISTAT_FOR sono poi conglobati a livello provinciale e trasmessi all'ISTAT per alimentare le annuali statistiche SISTAN sulle utilizzazioni forestali.

Le dichiarazioni di taglio e le autorizzazioni al taglio hanno dunque anche una peculiare funzione di registrazione statistica dei dati sui tagli boschivi: la fonte di informazione risulta così collegata non a un'indagine campionaria sugli operatori economici e



Fig. 1 - Area di indagine.

sulle superfici forestali, ma a un rilievo censuario che coincide appunto con il processo amministrativo di autorizzazione al taglio (Pettenella & Speziali 2004). In tal senso la presenza di procedure autorizzative più o meno speditive o semplificate può avere impatti significativi sulla qualità dei dati statistici ottenuti (Pettenella & Speziali 2004, Macrì 2006).

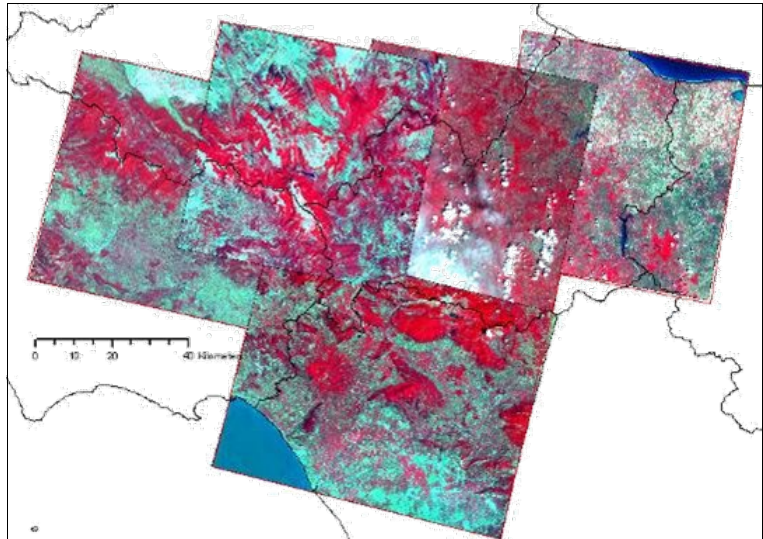
Di fatto, da vari anni viene segnalata l'inadeguatezza dei dati nazionali sui prelievi legnosi, che appaiono sottostimati soprattutto per quanto concerne il legname da combustibile (Cutolo 2000, Hellrigl 2002, Corona et al. 2004). Questo assortimento è prevalentemente prodotto da boschi governati a ceduo, quasi esclusivamente rappresentati da soprassuoli coetanei la cui utilizzazione a fine turno avviene a taglio raso (Ciancio & Nocentini 2004), con o, molto meno frequentemente, senza rilascio di matricine. Scaturisce pertanto l'opportunità di sperimentare tecniche di monitoraggio di queste tagliate, che consentano di ottenere dati oggettivi mediante procedure replicabili a livello operativo. Per le intrinseche caratteristiche, un valido strumento di supporto a tal fine è rappresentato dal telerilevamento, e in particolare dalle immagini satellitari ad alta risoluzione (Chirici & Corona 2006).

Scopo del presente lavoro è la sperimentazione di immagini satellitari SPOT5 ad alta risoluzione geometrica (2.5 m nel pancromatico, 10 m nei quattro canali multispettrali) per il monitoraggio delle tagliate a raso in boschi cedui dell'Italia centro-meridionale, dove sono particolarmente diffusi (INFC 2007) e dove da alcuni anni le utilizzazioni forestali hanno ripreso particolare intensità. Le superfici tagliate, delineate tramite interpretazione a video delle suddette immagini, vengono poi comparate con i dati amministrativi che vanno ad alimentare le statistiche ufficiali.

Materiali e metodi

Lo studio ha interessato una superficie complessiva di circa 18000 km² (Fig. 1) per la quale è stato acquisito un set di immagini SPOT5 (frame 68-266, 69-265, 70-266, 70-267, 71-266), in un periodo compreso tra il 2003 e il 2005 (Fig. 2). Le immagini sono state sottoposte a ortocorrezione attraverso ricostruzione del modello geometrico di presa del sensore, con un errore mediamente inferiore al pixel. Per la stessa area sono stati acquisiti come dati ancillari la copertura ortofotografica digitale a colori IT2000 e quelle in bianco e nero AGEA del triennio 2001-2003.

Fig. 2 - Visione di insieme di alcune immagini SPOT5 in composizione infrarosso falso colore utilizzate ai fini della sperimentazione.



La perimetrazione delle tagliate a raso è avvenuta per interpretazione visuale delle immagini e digitalizzazione a video in ambiente GIS. Per facilitare le suddette operazioni sono state prodotte immagini in falso colore combinando tra loro le bande spettrali del verde, del rosso e dell'infrarosso vicino (Fig. 3).

In fase di interpretazione a video delle tagliate non sono stati riscontrati significativi disturbi dovuti alla presenza di matricine: sia la risoluzione spaziale delle immagini SPOT5, sia la modalità di confronto con le immagini antecedenti il taglio hanno, infatti, consentito di poter seguire sempre in modo adeguato il confine delle singole tagliate, anche nel caso di cedui molto matricinati con rilevante copertura da parte delle chiome.

La discriminazione tra tagliate e eventuali aree percorse dal fuoco è stata basata su due criteri oggettivi di facile rilevamento sulle immagini SPOT5: (i) da un

punto di vista geometrico, i confini delle tagliate tendono ad avere forma regolare (più o meno rettangolare/trapezoidale) a differenza di quelli delle aree percorse dal fuoco, che sono in genere complessi e frastagliati; (ii) da un punto di vista spettrale, i residui post incendio (cenere e materiale carbonizzato) hanno una risposta significativamente diversa da quella delle aree sottoposte a utilizzazione. Molto di rado le due componenti, geometrica e spettrale, lasciano dubbi in fase di interpretazione a video delle immagini SPOT5 ai fini della discriminazione tra i due tipi di eventi.

Le tagliate cartografate sono state classificate sulla base dell'anno di utilizzazione definito tramite comparazione delle date di acquisizione del dato satellitare e delle ortofoto aeree. La mappatura ottenuta è stata validata mediante rilievo a terra condotto su un campione di 25 tagliate scelte casualmente, per cia-

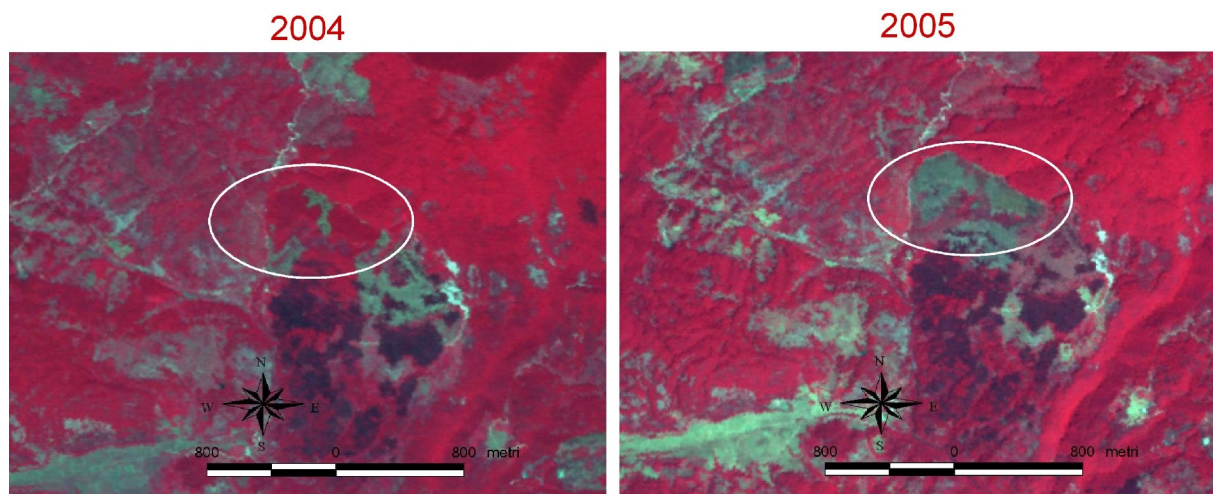


Fig. 3 - Esempio di tagliata a raso delineata mediante confronto multitemporale di immagini SPOT5 in composizione infrarosso falso colore.

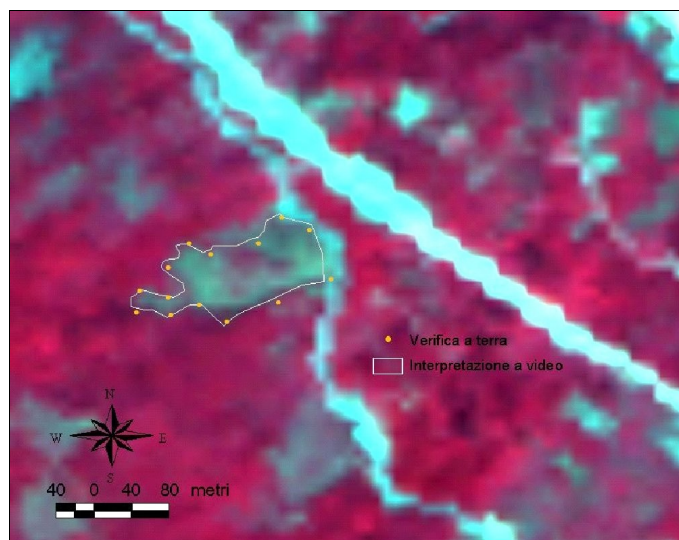


Fig. 4 - Esempio di verifica della perimetrazione di una tagliata a raso tramite rilievo a terra con GPS; in giallo i punti GPS acquisiti sul margine della tagliata, in bianco il perimetro della stessa delineato a video sulla base dell'immagine SPOT5 in composizione infrarosso falso colore.

scuna delle quali sono stati rilevati punti notevoli del perimetro con strumentazione GPS (nel complesso, 332 punti).

Per l'intera area investigata e per gli anni per i quali erano disponibili le immagini SPOT5 sono stati reperiti presso i Comandi Stazione CFS i dati sulle superfici tagliate a raso nei cedui. Le informazioni sono state acquisite laddove possibile con dettaglio a livello comunale o comunque a livello di giurisdizione di Comando Stazione CFS. Di seguito questi ambiti di reperimento delle informazioni sono indicati come Unità Amministrative (UA).

Complessivamente, le UA di cui sono risultate disponibili in modo completo per lo stesso anno sia la perimetrazione delle tagliate da SPOT5 sia le informazioni amministrative sull'ampiezza delle tagliate stesse sono 230, ricadenti nelle Province di Benevento, Campobasso, Caserta, Chieti, Foggia, Frosinone, Isernia, L'Aquila: trattasi di 41 UA per l'anno 2002, 118 UA per l'anno 2003, 46 UA per l'anno 2004, 25 UA per l'anno 2005.

Risultati

Lo scostamento tra punti rilevati a terra e perimetro delle tagliate campione delineato sulle immagini

satellitari è risultato sempre inferiore al pixel (Fig. 4) e mediamente pari a 0.1 m, a conferma di quanto atteso circa la validità delle modalità di mappatura delle tagliate a raso tramite immagini SPOT5 (Chirici & Corona 2006). I dati ottenuti sono stati quindi ritenuti idonei al fine di evidenziare eventuali differenze rispetto all'ampiezza delle tagliate a raso riscontrata amministrativamente a livello di singola UA.

In via preliminare, in base ad analisi della varianza univariata non sono risultate differenze significative dello scostamento tra ampiezza delle tagliate osservate in ciascuna UA e corrispondente ampiezza registrata amministrativamente a fini statistici, né tra Regioni, né tra Province, né tra anno di esecuzione delle utilizzazioni: la significatività di detto scostamento è stata quindi valutata congiuntamente per tutto l'insieme delle 230 UA.

Complessivamente, le tagliate osservate nei vari anni mediante SPOT5 (numerosità pari a 3588) assommano a 3243 ha (di cui oltre 3221 ha in soprassuoli forestali di estensione superiore a 0.5 ha), mentre quelle riscontrate amministrativamente assommano pari a 2237 ha, con uno scostamento medio per UA pari a circa 4.3 ha (Tab. 1). Questo scostamento medio risulta significativo sia secondo il test parame-

Tab. 1 - Parametri statistici dello scostamento tra estensione delle tagliate a raso osservata su immagini SPOT5 ed estensione riscontrata amministrativamente a fini statistici in ciascuna UA.

Osservazioni	media (ha)	deviazione standard (ha)	minimo (ha)	massimo (ha)
osservazioni SPOT5 - riscontri amministrativi	4.37	11.98	-37.2	58.1
osservazioni SPOT5 - riscontri amministrativi (soprassuoli forestali di ampiezza > 0.5 ha)	4.30	11.56	-37.2	55.0

Tab. 2 - Significatività dello scostamento tra estensione delle tagliate a raso osservata su immagini SPOT5 ed estensione riscontrata amministrativamente a fini statistici in ciascuna UA, valutata mediante test *t* (T) e test di *Wilcoxon* (Z) per dati appaiati; *** = $P < 0.001$.

Osservazioni	T	Z
osservazioni SPOT5 - riscontri amministrativi	5.54***	6.62***
osservazioni SPOT5 - riscontri amministrativi (soprassuoli forestali di ampiezza >0.5 ha)	5.63***	6.75***

trico *t* che secondo quello non parametrico di *Wilcoxon* (Tab. 2) per dati appaiati, e ciò vale sia per tutte le tagliate individuate, sia per quelle in soprassuoli forestali di estensione superiore a 0.5 ha.

L'andamento dell'ampiezza complessiva osservata da telerilevamento in ciascuna UA è strettamente lineare rispetto al dato riscontrato amministrativamente (Fig. 5). Lo scostamento tra i due valori non è influenzato né dalla estensione della UA (Fig. 6), né dall'ampiezza complessiva delle tagliate in ciascuna UA (Fig. 7).

Discussione

La sperimentazione condotta dimostra l'efficacia dell'impiego di immagini satellitari ad alta risoluzione per la corretta quantificazione delle superfici forestali tagliate a raso. Tra i sistemi ottici di osservazione satellitare ad alta risoluzione, SPOT5 sembra al momento rappresentare il migliore compromesso tra tipo/qualità di informazioni ritraibili e costo delle immagini (circa 1-2 euro/km² per prodotto standard su scene di 60 km² a fronte di 15-17 euro/km² per

analoghe immagini QuickBird e Ikonos, che comunque hanno risoluzioni geometriche < 1 m nel pancromatico).

Limitatamente alle realtà e agli anni esaminati, i risultati ottenuti confermano l'inadeguatezza dei dati SISTAN relativamente alle utilizzazioni forestali nei cedui. Le superfici tagliate a raso registrate a livello amministrativo a fini statistici sono risultate significativamente inferiori rispetto alle superfici osservate da satellite, e tale sottostima non è significativamente diversa né tra i vari anni né tra le varie Province e Regioni indagate. La sottostima è in media contenuta nell'ordine di qualche ettaro in meno per singola UA, ma sono stati riscontrati casi sia di sottostima che di sovrastima (cioè tagliate registrate amministrativamente, e riportate nei modelli ISTAT_FOR, che in realtà non risultano però eseguite in quel dato anno) di qualche decina di ettari.

Sebbene l'area di studio includa situazioni differenti in quanto a normative sui tagli boschivi (Tab. 3), in tutte le Regioni esaminate qualsiasi intervento selvicolturale (a eccezione di eventuali interventi di sfollo e diradamento in Campania, che sono liberamente esercitabili) deve essere segnalato all'ente pubblico territorialmente competente, incluse quindi le tagliate dei cedui a fine turno. Al di fuori del ceduo le tagliate a raso non sono di norma ammesse in nessuna Regione. D'altro canto, in tutte le Regioni esaminate (tranne la Puglia) le tagliate dei cedui risultano nella maggior parte dei casi soggette a un regime amministrativo semplificato, in cui il proprietario è tenuto unicamente a inviare una comunicazione (dichiarazione di taglio) all'ente competente con cui esprime l'intenzione di procedere all'utilizzazione del soprassuolo boschivo (Tab. 4). Nel Lazio la soglia oltre la quale la dichiarazione di taglio va sostituita

Fig. 5 - Relazione tra estensione delle tagliate a raso osservata su immagini SPOT5 ed estensione riscontrata amministrativamente a fini statistici in ciascuna UA.

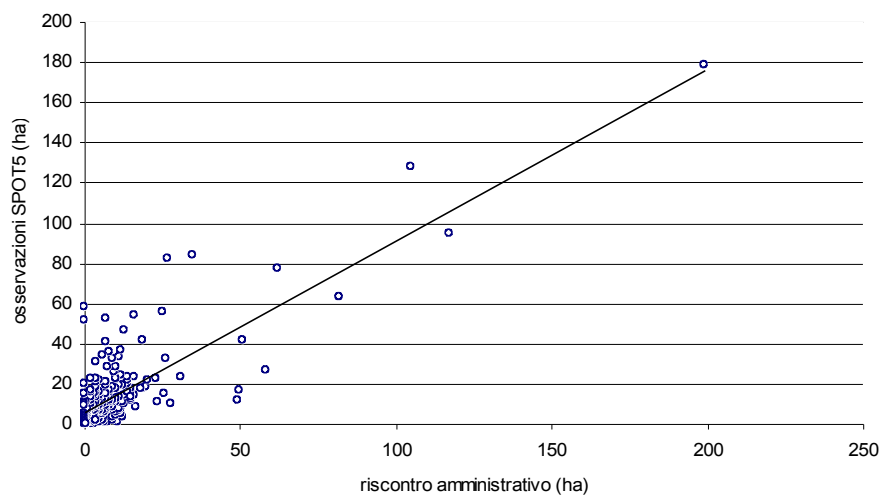
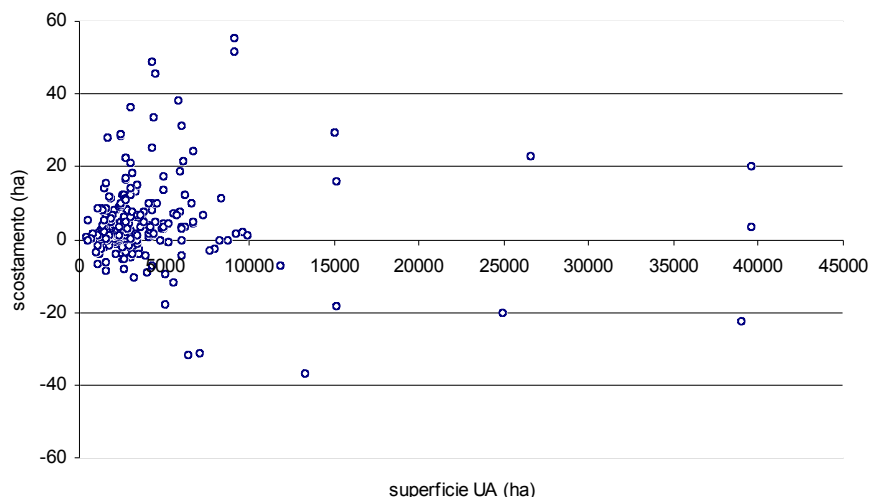


Fig. 6 - Andamento dello scostamento tra estensione delle tagliate a raso osservata su immagini SPOT5 ed estensione riscontrata amministrativamente in ciascuna UA, riportato in funzione dell'estensione della UA.



con la richiesta di autorizzazione dell'intervento è fissata sia in termini di superficie che di specie nonché di forma di governo e trattamento. Anche in Abruzzo e Campania sono fissati limiti di superficie oltre i quali per l'esecuzione dell'intervento è necessaria la presentazione della domanda di autorizzazione. In Molise, per interventi condotti in soprassuoli governati a ceduo è sempre sufficiente la semplice dichiarazione.

Alla domanda di autorizzazione e nei casi previsti dalla legge per gli interventi soggetti a dichiarazione va allegato il progetto di taglio elaborato da un dottore agronomo o forestale abilitato; unica eccezione è rappresentata dalla Campania in cui la richiesta di autorizzazione va integrata con il progetto di taglio solamente se l'intervento si estende su una superficie superiore a 10 ha. Va sottolineata la generale applicazione del regime di silenzio-assenso che può subentrare sia per gli interventi comunicati che per quelli soggetti ad autorizzazione: questa modalità si configura ogniqualvolta l'ente competente non esprime

entro i termini previsti dalla legge alcun parere contrario all'esecuzione del taglio, che si considera in questo modo tacitamente approvato.

Di fatto, laddove gli interventi di taglio godono di un regime autorizzatorio semplificato, come avviene prevalentemente nel caso dei cedui, la rilevazione amministrativa delle superfici tagliate e delle masse legnose prelevate può soffrire di consistenti sottostime: la semplice dichiarazione, meno onerosa sia in termini economici che di tempo rispetto alla richiesta di autorizzazione, può infatti incentivare i proprietari boschivi a dichiarare superfici o prelievi fittiziamente inferiori a quelli che fanno sorgere l'obbligo dell'autorizzazione (Macrì 2006). Ciò può anche determinare la frammentazione degli interventi e la presentazione, a ogni stagione silvana, di un numero elevato di domande di taglio, che tra l'altro possono rendere difficoltoso un controllo efficiente da parte degli enti preposti.

La registrazione amministrativa dei dati sui tagli boschivi avviene in genere prioritariamente per le

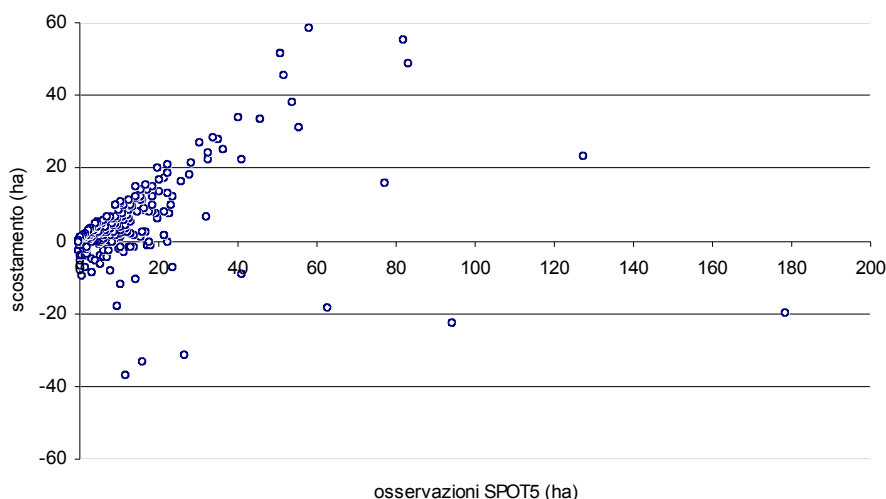


Fig. 7 - Andamento dello scostamento tra estensione delle tagliate a raso osservata su immagini SPOT5 ed estensione riscontrata amministrativamente in ciascuna UA, riportato in funzione dell'estensione rilevata per UA.

Tab. 3 - Normativa di riferimento per i tagli boschivi nelle Regioni in cui ricadono le UA campione. (*) = In parte modificato dal Regolamento Regionale del 26/04/2006, n. 3.

Regione	Normativa	Titolo
Lazio	L.R. 20/01/1999 n. 4	Adozione delle prescrizioni di massima e di polizia forestale di cui al R.D. 30 dicembre 1923, n. 3267
	L.R. 28/10/2002, n. 39	Norme in materia di gestione delle risorse forestali
	R.R. 18/04/2005, n. 7 *	Regolamento di attuazione dell'articolo 36 della legge regionale 28/10/2002, n. 39
Abruzzo	L.R. 08/02/2005, n. 6 (Art. 111)	Disposizioni finanziarie per la redazione del bilancio annuale 2005 e pluriennale 2005-2007 della regione Abruzzo (Legge finanziaria regionale 2005)
	L.R. 09/11/2005, n. 33 (Art. 46)	Modifiche ed integrazioni alla L.R. 8/02/2005, n. 6 (Legge finanziaria regionale 2005) e alla L.R. 8 febbraio 2005, n. 7 (Bilancio di previsione per l'esercizio finanziario 2005-Bilancio pluriennale 2005-2007 della regione Abruzzo) - 3° Provvedimento di variazione
Molise	L.R. 18/01/2000, n. 6	Disciplina regionale delle foreste della Regione - Valorizzazione economica - Tutela ambientale
Campania	L.R. 07/05/1996, n. 11	Modifiche ed integrazioni alla L.R. 28/02/1987, n. 13, concernente la delega in materia di economia, bonifica montana e difesa del suolo
	L.R. 05/08/1999, n. 5 (Art. 23)	Disposizioni di Finanza Regionale
	L.R. 24/07/2006, n. 14	Modifiche ed integrazioni alla L.R. 07/05/1996, n. 11 concernente la delega in materia di economia montana e difesa del suolo
Puglia	L.R. 31/05/2001, n. 14 (Art. 29)	Bilancio di previsione per l'esercizio finanziario 2001 e bilancio pluriennale 2001-2003
	R.R. 18/01/2002, n. 1	Tagli boschivi

pratiche relative agli interventi di maggiore estensione, soggetti ad autorizzazione, mentre l'archiviazione degli interventi comunicati avviene talora senza la necessaria tempestività. In ogni caso, non è neanche da sottovalutare il rischio di dispersione di dati nel flusso di informazioni che da Comuni, Comunità

Montane e Province (enti ai quali, a seconda dei casi, vanno inviate le dichiarazioni e le richieste di autorizzazione al taglio) devono arrivare ai Comandi Stazione CFS ai fini della compilazione dei modelli ISTAT_FOR, oltre che per altri eventuali adempimenti di competenza.

Tab. 4 - Criteri di applicazione delle procedure amministrative per i tagli boschivi (C = soprassuoli governati a ceduo; F = soprassuoli governati a fustaia).

Regione	Tagli soggetti a "dichiarazione" (o procedure assimilabili)	Tagli soggetti ad "autorizzazione" (o procedure assimilabili)
Lazio	C (castanili) < 20 ha C (altre specie) < 10 ha F (taglio raso) < 2.5 ha F (tagli successivi) < 5 ha F (tagli intercalari) F (disetanee) < 25% della massa presente	C (castanili) >= 20 ha; C (altre specie) >= 10 ha; F (taglio raso) >= 2.5 ha; F (tagli successivi) >= 5 ha; F (disetanee) > 25% della massa presente
Abruzzo	C, F < 1.5 ha	C, F >= 1.5 ha
Molise	C	F
Campania	C, F < 2 ha	C, F > 2 ha
Puglia	Assenti	F, C, macchia mediterranea

Un possibile motivo di discrepanza tra l'ampiezza delle tagliate effettivamente misurate da satellite e quella registrata amministrativamente è anche il fatto che talora, sia per i tagli soggetti a dichiarazione che per quelli soggetti ad autorizzazione, le superfici riportate fanno riferimento a dati catastali non verificati o, meno di frequente, a misure dirette, non ortorettificate.

Infine, un ulteriore aspetto da considerare, sia per i tagli soggetti a dichiarazione che per quelli soggetti ad autorizzazione, è che i dati riportati nei modelli ISTAT_FOR sono dedotti da quelli amministrativi ma non sempre poi i tagli vengono effettivamente eseguiti nella stagione silvana o secondo l'entità indicata, e talora non vengono eseguiti affatto, come dimostrato dai casi di sovrastima di tagliate riscontrate amministrativamente in alcune UA campione rispetto ai valori osservati da satellite per il corrispondente anno.

Prospettive applicative

La sperimentazione condotta rappresenta il primo esempio oggettivo per il nostro Paese di valutazione quantitativa su ampie superfici della sottostima delle statistiche SISTAN per quanto riguarda le utilizzazioni forestali dei cedui. Da vari Autori è da tempo sottolineato come, data la natura di queste statistiche (che teoricamente rappresentano quello che in gergo statistico è detto censimento o enumerazione completa), vi sia il rischio di errori sistematici di sottostima nel caso in cui siano prevalentemente basate sulle dichiarazioni dei proprietari, come appunto avviene per i cedui. Peraltro, sulla base del campione indagato, non sembra emergere alcun cofattore esplicativo, almeno sotto il profilo temporale o con riferimento ai diversi ambiti territoriali esaminati.

L'adozione di procedure semplificate per l'autorizzazione al taglio dei cedui è giustamente motivata dal risparmio di risorse finanziarie, sia da parte dei proprietari che degli enti pubblici competenti, da destinare alla gestione amministrativa. Alla luce delle evidenze occorre però trovare modalità di aggiustamento delle fonti statistiche amministrative in modo da garantirne, a costi compatibili, la congruità rispetto alle finalità della rilevazione. Un esempio di miglioramento delle procedure di rilevamento dei prelievi legnosi a fini statistici è riportato da Guidi & Cattoi (2004) e un esempio di miglioramento delle procedure di registrazione amministrativa è proposto da Macrì (2006).

Dai risultati dell'indagine qui presentata emerge un'altra soluzione di potenziale interesse ed efficacia

operativa. Assumendo ragionevolmente che, per territori sufficientemente ampi, la superficie complessiva delle tagliate a raso nei cedui a maturità tecnica sia direttamente proporzionale alla entità della massa legnosa asportata è possibile configurare una procedura di correzione del dato amministrativo basata sul campionamento monofase per rapporto (Corona, 2000). In particolare, si può proporre di estrarre dall'insieme di N UA di un dato ambito territoriale (a esempio, una Regione) un campione di n UA sul quale determinare un coefficiente di correzione ottenuto come rapporto tra le tagliate a raso osservate da satellite (y) e quelle riscontrate amministrativamente nelle singole UA (x).

Nel caso dell'indagine qui presentata, questo coefficiente è stimato pari a (eqn. 1):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}}$$

= 1.45 (se il coefficiente si riferisce a tutte le tagliate a raso) - 1.44 (se il coefficiente si riferisce alle tagliate a raso in soprassuoli di estensione uguale o superiore a 0.5 ha).

Assumendo che la relazione tra le tagliate osservate da satellite e quelle riscontrate amministrativamente sia del tipo $y = \mathbf{R}x + e$ con valore medio atteso del termine di errore (e) pari a 0, la varianza (s_R^2) della stima di \mathbf{R} può essere stimata pari a (eqn. 2):

$$s_R^2 = \frac{N-n}{N} \cdot \frac{s_y^2 - 2R s_{xy}^2 + R^2 s_x^2}{n \bar{x}^2}$$

= 0.0124 (se il coefficiente si riferisce a tutte le tagliate) - 0.0116 (se il coefficiente si riferisce alle tagliate in boschi di estensione uguale o superiore a 0.5 ha).

Dunque, a un livello di probabilità pari a 0.05, assumendo che le stime siano distribuite normalmente e ponendo il valore critico del t di Student pari a 1.96 ($n=230$), l'intervallo di confidenza del coefficiente di correzione del dato censuario dei prelievi legnosi nell'area esaminata può essere stimato pari a 1.23-1.67 se riferito a tutte le tagliate a raso e pari a 1.23-1.65 se riferito alle tagliate in soprassuoli di estensione uguale o superiore a 0.5 ha. Moltiplicando questi valori per l'entità dei prelievi legnosi riscontrata amministrativamente in un dato anno (statistiche SISTAN), si può così ottenere una stima dell'intervallo fiduciario dei prelievi effettivamente condotti nell'area esaminata (Italia centro-meridionale) in quel

anno.

Per il dimensionamento del campione, al fine di mantenere l'intervallo fiduciario del coefficiente di correzione entro una data soglia massima a un determinato livello di probabilità, si rimanda alle formule riportate da Corona (2000). I costi di applicazione della metodologia dipendono ovviamente dalla dimensione del campione, ma sono in generale contenuti se si considera il relativamente limitato costo delle immagini SPOT5 (vedi "Discussione") e la relativa rapidità di individuazione delle tagliate da parte di fotointerpreti esperti (nel caso in esame, i tempi di lavoro nella fase di interpretazione a video sono stati in media pari a circa 10 minuti per km² di superficie forestale).

Alla luce di quanto proposto, la sperimentazione condotta apre interessanti prospettive di sviluppo applicativo, meritevoli di essere testate in altri ambiti territoriali in cui i cedui trattati a taglio raso abbiano significativa diffusione.

Riconoscimenti

Il lavoro è stato svolto parzialmente nell'ambito del progetto "Global Monitoring Environment and Security, Service Element: Forest Monitoring" (European Space Agency) e parzialmente nell'ambito del progetto "FISR CarboItaly" (Ministero dell'Università e della Ricerca).

Per il supporto e la preziosa collaborazione si ringraziano: L. Rossi e D. Biscontini di Telespazio S.p.A.; A. Lumericis e V. Tedeschi del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; F. Cozza e A. Mariano dell'Ispettorato Generale del Corpo Forestale dello Stato; il personale delle sedi periferiche del Corpo Forestale dello Stato comprese

nell'area di studio.

Si ringraziano inoltre P.G. Terzuolo, F. Giannetti e un altro revisore anonimo per gli utili suggerimenti forniti.

Bibliografia

- Chirici G, Corona P (2006). Utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione nel rilevamento delle risorse forestali. Aracne Editrice, Roma.
- Ciancio O, Nocentini S (2004). Il bosco ceduo. Selvicoltura, assestamento, gestione. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- Corona P (2000). Introduzione al rilevamento campionario delle risorse forestali. Editrice CUSL, Firenze.
- Corona P, Macrì A, Marchetti M (2004). Boschi e foreste in Italia secondo le più recenti fonti informative. *L'Italia Forestale e Montana* 2: 119-136.
- Cutolo N (2000). Il progetto per il settore forestale. In: I riferimenti delle nuove statistiche forestali: integrazione nel sistema e ottica di filiera. Istat, Servizio Agricoltura, Roma, pp. 16-27.
- Guidi G, Cattoi M (2004). Il controllo delle utilizzazioni forestali come strumento di analisi del settore. Il caso delle Marche. *Sherwood* 101: 21-23.
- Hellrigl B (2002). L'uso energetico del legno nelle abitazioni in Italia. *Sherwood* 75: 15-26.
- INFC (2007). Le stime di superficie 2005. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Ispettorato Generale - Corpo Forestale dello Stato, CRA - Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e l'Alpicoltura, Trento.
- Macrì A (2006). Uso di dati amministrativi nella rilevazione dei tagli boschivi. *Alberi e Territorio* 3: 41-46.
- Pettenella D, Speziali P (2004). L'autorizzazione al taglio di lotti boschivi. *Sherwood* 104: 11-15.