

Nuove tecnologie nella pianificazione forestale trentina. Il progetto NEWFOR sulla proprietà boscata di Pellizzano (Trento)

Paola Comin (*), Michele Dalponte (**), Damiano Fedel (*), Lorenzo Frizzera (**),
Damiano Gianelle (**), Alessandro Wolynski (*)

(*) Provincia Autonoma di Trento, Servizio Foreste e Fauna, tel.0461-495987, serv.foreste@provincia.tn.it

(**) Dipartimento di Agroecosistemi Sostenibili e Biorisorse, Centro Ricerca e Innovazione,
Fondazione Edmund Mach, Via E. Mach 1, 38010 San Michele all'Adige (TN), Italia

Riassunto

La sempre maggiore disponibilità di dati da telerilevamento ha spinto l'amministrazione forestale della provincia di Trento a testare con varie sperimentazioni le possibilità di impiego della tecnologia LiDAR nel rilievo dei caratteri forestali per la pianificazione aziendale, con risultati promettenti. La quantità di dati messi a disposizione da tale tecnologia sembra infatti consentire quel salto di qualità nella definizione del dato indispensabile per un impiego su piccola scala, quale è quello della pianificazione di dettaglio di tipo aziendale, e non solo per la valutazione di caratteri relativi a superfici territoriali più ampie.

Grazie al processo di revisione complessiva delle modalità con le quali vengono redatti i piani aziendali forestali, iniziato già dal 2009, si sono potuti quindi introdurre nella struttura dei dati tradizionale degli elementi aggiuntivi utili all'integrazione con il dato LiDAR.

Per poter verificare con quali modalità tale tecnologia può essere concretamente integrata nella pianificazione forestale ordinaria si è quindi voluto realizzare un piano di gestione forestale sperimentale sulla proprietà forestale di Pellizzano. Tale sperimentazione è avvenuta nell'ambito del progetto NEWFOR, finanziato con il programma europeo Spazio Alpino, del quale costituisce un'area test. Il lavoro è consistito nell'acquisizione di un rilievo LiDAR, Ortofoto e Iperspettrale sull'area esaminata, nella acquisizione a terra dei dati necessari alla redazione di un piano aziendale secondo le procedure ordinarie e delle verità a terra necessarie per la elaborazione del dato telerilevato. Vengono presentati i risultati ottenuti, il confronto tra i due sistemi ed i diversi scenari possibili di impiego.

Premesse

L'interesse dell'Amministrazione forestale trentina per il LiDAR nella pianificazione forestale risale al 2006, quando si rese disponibile un rilievo a bassa densità (1-2 punti per metro quadro) effettuato su tutta la provincia a fini prevalentemente idrogeologici. Allo scopo di valutare le potenzialità di tale tipologia venne dato incarico all'Università di Trento, Laboratorio di Telerilevamento della Facoltà di Ingegneria, di mettere a punto dei metodi per derivare parametri di interesse forestale dai dati LiDAR integrati con un rilievo iperspettrale. Queste elaborazioni vennero effettuate su tre aree test in zona di conifere alpine (Foresta di Paneveggio), in zona di bosco misto (Val di Sella in Valsugana) e in zona di latifoglie e conifere termofile (Padergnone, in val delle Sarche), sulle quali venne effettuato un volo estivo a maggiore densità di punti (5 punti per metro quadro). La sperimentazione, realizzata secondo l'approccio *tree based*, ha consentito di ottenere dei primi risultati nella definizione dei parametri di composizione, copertura, altezza e struttura del bosco, numero di piante e volume (Bruzzone et al., 2012, Dalponte et al., 2012).

Nelle Foreste Demaniali di Cadino e di Paneveggio sono stati inoltre realizzati anche dei test dagli esiti interessanti da parte del CRA-MPF di Trento, per l'integrazione del dato LiDAR nella

pianificazione ordinaria, con un approccio *area based*, più orientati alla stima diretta di copertura e volume (Floris et al., 2009, Floris et al., 2010).

Il progetto NEWFOR e l'area pilota di Pellizzano

Tali positive esperienze hanno indotto l'amministrazione forestale a partecipare al Progetto NEWFOR (*NEW technologies for a better mountain FORest timber mobilization*), finanziato dall'Unione Europea su Programma Spazio Alpino, che vede la partecipazione di 14 partners e si focalizza sulle metodologie di analisi della distribuzione delle masse forestali e delle informazioni riguardanti l'accessibilità e la logistica, in particolare facendo ricorso all'impiego di dati LiDAR.

Tra gli obiettivi del progetto vi è la creazione di strumenti di inventariazione orientati al miglioramento della conoscenza delle risorse forestali e della loro gestione sostenibile utilizzando come supporto le nuove tecnologie di telerilevamento (LiDAR e ortofoto ad alta risoluzione). Il progetto ha preso il via nel settembre 2011 e si concluderà ad agosto 2014.

Obiettivi specifici del Servizio Foreste e fauna della PAT nella partecipazione al progetto, in particolare ai *workpackages* WP4 e WP5, sono i seguenti:

1. affinare procedure di derivazione dei parametri dendrometrici dei popolamenti forestali (altezza, diametro, volume, ecc.) da dati tele rilevati (LiDAR, ortofoto e iperspettrale), a livello di singola pianta e di unità forestale omogenea;
2. sperimentare l'integrazione dei parametri forestali così derivati nelle procedure ordinarie della pianificazione forestale aziendale;
3. sperimentare l'utilizzo dei parametri forestali così derivati nella pianificazione e progettazione delle linee di esbosco per gru a cavo.

In questo contributo si presentano gli obiettivi specifici ed i primi risultati del progetto applicato all'area pilota dell'A.S.U.C. (Amministrazione Separata degli Usi Civici) di Pellizzano, in Valle di Sole (TN).

Si tratta di un'area silvopastorale di 1652 ha di superficie totale, collocata prevalentemente sul versante nord in destra orografica del fiume Noce, con una superficie forestale di produzione di 706 ha. I boschi sono rappresentati prevalentemente da peccete altimontane e secondarie e lariceti a ontano verde, a rododendro e secondari, con predominanza di strutture multiplane, adulte e mature che danno luogo a volumi significativi, frequentemente superiori ai 400-500 mc/ha a livello di unità forestali, a presupposto di un'ottima espressione della funzione di produzione legnosa. Le latifoglie si esprimono solo marginalmente nei tipi delle ontanete ad ontano bianco, ontanete ad ontano verde e formazioni transitorie (betulle ed altre specie pioniere), mentre le altre latifoglie degli orizzonti montano e altimontano sono presenti in forma sparsa.

Sulla proprietà, soggetta a piani di gestione decennali sin dal 1950, si è effettuata negli scorsi decenni una gestione selvicolturale della produzione legnosa ampiamente basata su linee per l'esbosco tramite gru a cavo; le caratteristiche di produttività dei popolamenti, combinate ad una selvicoltura prossimo-naturale capace di assecondare le dinamiche di rinnovazione del bosco ed i suoi punti di stabilità strutturale, hanno consentito in diversi casi di riutilizzare le linee d'esbosco in decenni successivi, pur garantendo la continuità della copertura forestale. In questo contesto, la conoscenza della localizzazione precisa dei volumi legnosi e della loro strutturazione nelle unità forestali omogenee a seconda delle distribuzioni spaziali orizzontali e verticali delle piante rappresenta un fattore fondamentale per una gestione forestale capace di generare utili significativi per l'Ente proprietario e corretta dal punto di vista ambientale.

Acquisizione di dati LiDAR e iperspettrali e di verità a terra sull'area pilota

I dati LiDAR (ALS Airborne Laser Scanning) sono stati acquisiti con sensore Riegl LMS-Q68i nel mese di settembre 2012.

La densità di punti ALS è stata di almeno 10 punti per metro quadrato. Sono stati registrati fino a 4 ritorni ogni impulso emesso.

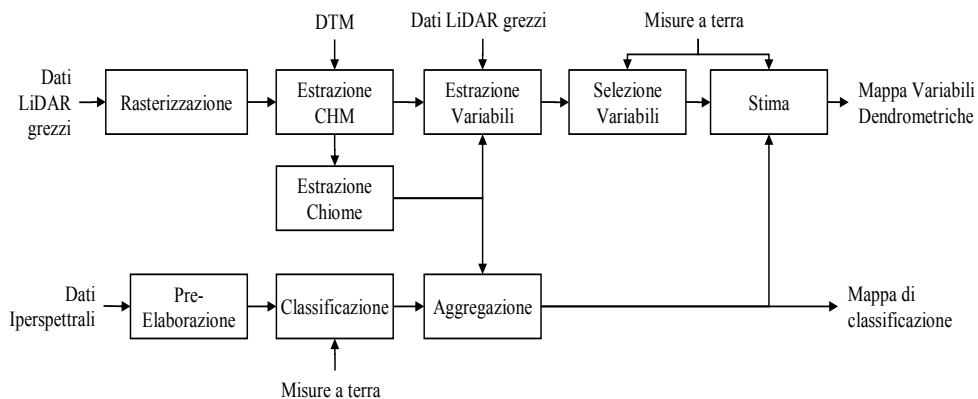
Le misure iperspettrali (HS) sono state acquisite nel mese di giugno 2013 mediante sensore Specim AISA Eagle II. Sono state acquisite 64 bande spettrali tra 400 e 1000 nm. La risoluzione spaziale delle immagini acquisite è di 1 m.

Parallelamente sono stati effettuati dei rilievi specifici a terra consistenti nel rilevamento dei dati di posizione, specie, diametro e altezza di circa 2000 piante suddivise su 50 aree distribuite sulla proprietà, nonché di altre 2500 piante utilizzate per la taratura del volo iperspettrale. L'elevata numerosità del rilievo è finalizzata, oltre che a tarare gli algoritmi di elaborazione, a valutare la numerosità minima necessaria per ottenere dei risultati qualitativamente accettabili.

Inoltre sono state misurate le piante all'interno di 8 aree di saggio di 1 ettaro, scelte in situazioni di composizione e struttura diverse e correttamente georeferenziate, sulle quali verranno confrontati i dati derivanti da un normale cavallettamento totale con quelli derivanti dalle elaborazioni LiDAR.

Prime elaborazioni dei dati ALS e risultati preliminari

I dati sono stati elaborati seguendo lo schema seguente:



Partendo dai dati grezzi ALS sono stati estratti il Modello Digitale del Terreno (DTM) e il modello delle altezze della copertura arborea (CHM- Canopy Height Model).

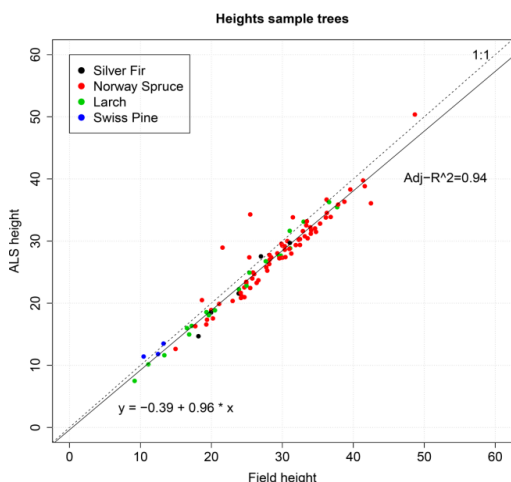


Figura 1. Relazione tra altezze misurate e altezze predette dal modello.

La delimitazione automatica della chioma dei singoli alberi (ITC - Individual Tree Crown) è stata effettuata con un metodo adattivo basato sulla stima del numero di alberi presenti all'interno dello stand (Ene et al., 2012; Vauhkonen et al., 2012).

In figura 2 è rappresentato un esempio della delimitazione delle chiome. Sullo sfondo il CHM.

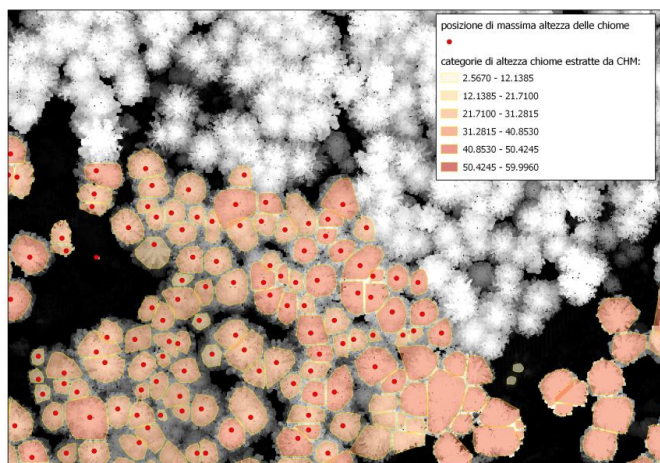


Figura 2. Esempio di delimitazione delle chiome.

Attraverso l'implementazione delle misure dei diametri delle verità a terra, è stato sviluppato un modello di previsione dei diametri di tutti gli alberi dell'area di studio. Nella figura 3 si riporta la relazione tra diametri misurati a terra e predetti dal modello.

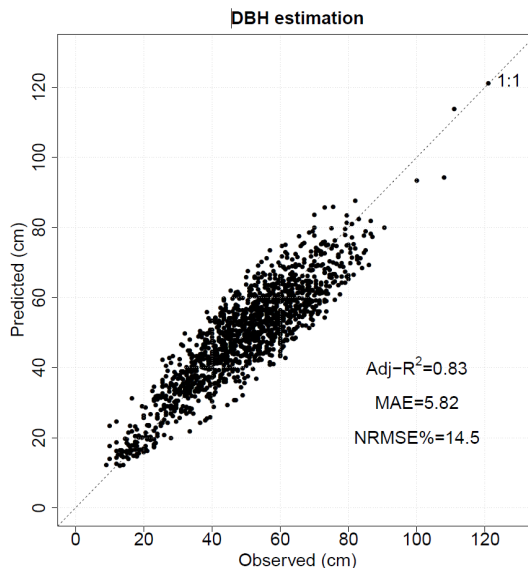


Figura 3. Relazione tra diametri misurati a terra e diametri predetti dal modello.

Un sistema automatizzato di classificazione delle altezze relative delle piante rispetto a quelle di un intorno ha permesso di ottenere una stima della posizione sociale di ciascun individuo, con assegnazione di una etichetta: Dominante, Intermedia, Sottoposta.

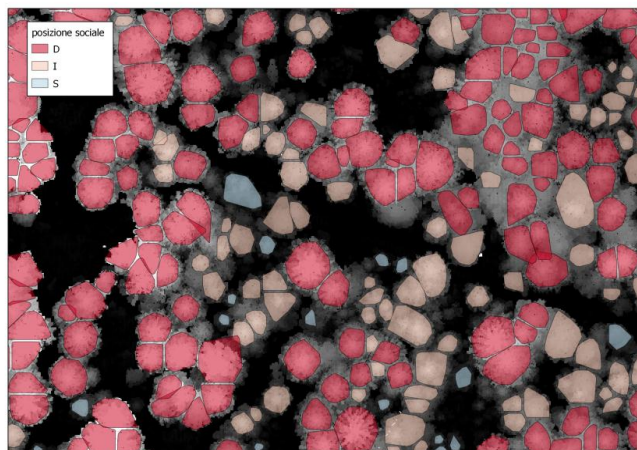


Figura 4. Esempio di classificazione della posizione sociale delle piante.

Prime elaborazioni dei dati HS e risultati preliminari

Le strisce dell'immagine iperspettrale sono state unite in un mosaico dopo essere state ortorettificate e calibrate. Sulla base del lavoro svolto in campo è stato predisposto uno schema di classificazione con 12 classi rappresentative delle specie forestali di maggior interesse per l'area di studio. Per sviluppare il modello di classificazione sono stati utilizzati solo gli alberi dello strato dominante della copertura.

L'integrazione con la pianificazione di dettaglio

Obiettivo delle attività svolte nell'area pilota nell'ambito del WP4 del Progetto NEWFOR è verificare la possibilità di popolare direttamente con i parametri derivati da dati telerilevati il database delle unità forestali omogenee, che rappresentano le unità del rilievo dendrometrico nella nuova pianificazione forestale aziendale trentina.

Occorre ricordare che in Trentino tutta la proprietà silvopastorale pubblica (Comuni e loro Frazioni, ASUC – Amministrazioni Separate degli Usi Civici, Proprietà collettive di diritto pubblico e Demanio provinciale), pari a circa il 75% del totale, è gestita in conformità a piani di gestione aziendale da almeno tre decenni, mentre i boschi privati di piccole dimensioni sono stati sottoposti a due inventari negli anni '80 e '90. L'impianto della pianificazione assestamentale risale agli anni '50, e si basava fino al 2009 su particelle fisiografiche di dimensione media 15-20 ha quali unità di rilievo, monitoraggio e gestione.

In seguito all'approvazione della nuova legge forestale del 2007 (Wolynski et al., 2009), si è reso necessario aggiornare gli standard di pianificazione, da un lato per recepire nei piani in maniera più strutturata le recenti acquisizioni della selvicoltura e dell'ecologia forestale, relativamente alla multifunzionalità del bosco e ai tre pilastri della sostenibilità (sostenibilità ambientale, economica e sociale), dall'altro per rendere possibile una migliore integrazione e coerenza con altri dati, derivati spesso da strati informativi telerilevati (ortofoto, LiDAR, ecc).

Attualmente la pianificazione aziendale, pur mantenendo invariata l'entità geografica della "particella forestale" sotto il profilo gestionale, per l'acquisizione dei dati risulta imperniata su unità forestali intraparticellari di dimensione minima 2000 mq, omogenee per categoria d'uso del suolo

(bosco, formazioni erbacee, arbusteti, torbiere, ecc.). Tali unità vengono predefinite a video sulla base degli strati informativi disponibili (ortofoto, CHM e DTM da rilievo LiDAR 2006, carta dei tipi forestali reali) e successivamente, nel caso di popolamenti forestali, stimate con l'attribuzione delle principali caratteristiche del soprassuolo (tipo forestale, composizione, struttura, densità, funzione produttiva, fertilità, ecc.) verificate in bosco (inventario tematico).

Nella fase successiva si attribuiscono le unità forestali con attitudine produttiva ad uno o più strati di campionamento, procedendo al rilevamento campionario per prove di numerazione angolare relascopiche adiametriche, con una distribuzione spaziale sistematica delle unità campionarie all'interno degli strati. Dall'inventario dendrometrico così realizzato si ottengono i principali parametri dendrometrici medi dello strato (area basimetrica, volume, incremento), e ciascuna unità forestale eredita i parametri dendrometrici medi dello strato in cui ricade (Scrini et al., 2011).

Tutti i dati quantitativi e descrittivi sono inseriti in un database relazionale specifico (SIPAF) riferito alla singola proprietà, compilato in MS Access e collegato dinamicamente agli shapes delle unità forestali e delle particelle forestali.

Per valutare l'efficacia di un sistema di inventariazione basato su elaborazione di dati LiDAR si è realizzato il piano di gestione forestale dell'ASUC di Pellizzano secondo le procedure ordinarie, con l'individuazione di 603 unità forestali aggregate in 10 strati inventariali distribuiti su una superficie di circa 580 ettari di bosco di interesse produttivo. Su tale area il campionamento stratificato si è basato su 380 prove relascopiche, mentre per i restanti 560 ettari boscati della proprietà, di minore interesse produttivo, le valutazioni dendrometriche si sono fermate alla stima oculare.

I rilievi effettuati hanno consentito di distribuire i volumi sulle diverse sezioni nelle quali si suddivide la proprietà, così come avviene in un piano ordinario.

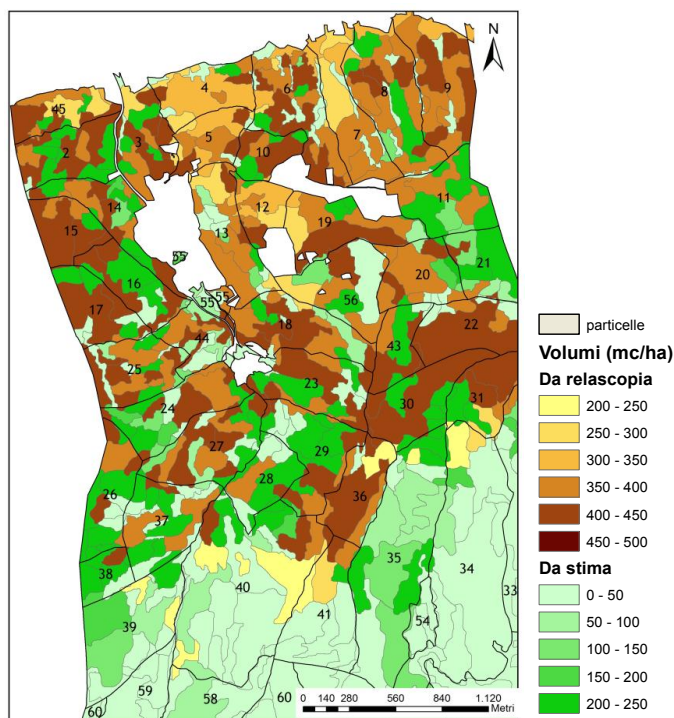


Figura 5. Volumi ad ettaro nelle unità forestali omogenee.

La fase finale del progetto, che si concluderà nell'agosto 2014, verificherà la qualità dei risultati ottenuti sotto il profilo delle stime dei parametri forestali di interesse, nonché la fattibilità di popolare parte dei campi del database SIPAF con i valori dei parametri dendrometrici derivati da dati telerilevati.

I parametri dendrometrici sono da intendersi riferiti ai singoli popolamenti ricadenti in ogni particella forestale e dovrebbero consentire di definire i valori complessivi di particella e la distribuzione di tali valori al suo interno.

Dati considerati nella pianificazione	Dati originati da LIDAR	
	Dato richiesto	Dato aggiuntivo
Uso del suolo	-	-
Tipo forestale reale	-	-
Tipo forestale potenziale	-	-
Governo	-	-
Struttura verticale (monoplano, biplano, multiplano)	X	
Origine vuoto	-	-
Distribuzione orizzontale	-	-
Categoria dimensionale	X	
Copertura %	X	
Copertura % per specie	X	
Fase strutturale	X	
Classe di età della fustaia	X	
Altezza dominante/Staturo	X	
Altezza media delle piante		X
Mediana delle altezze		X
Diametro medio		X
Tessitura nel multiplano	X	
Fertilità	X	
Stato colturale del ceduo	X	
Fertilità del ceduo	X	
Classe di età del ceduo	X	
Altezza dominante del ceduo	X	
Numero piante, area basimetrica e volume totale/ha preinventariali	X	
Numero piante, area basimetrica e volume totale/ha	X	
Numero piante preinventariali, piccole, medie e grosse		X
Area basimetrica piante preinventariali, piccole, medie e grosse		X
Volume piante preinventariali, piccole, medie e grosse		X
Numero piante, area basimetrica, volume per specie		X

Figura 6. Tabella di raffronto tra i dati rilevati ordinariamente nelle unità forestali dei piani aziendali e i dati derivati dal lidar per il piano aziendale dell'ASUC di Pellizzano.

Prospettive future

La disponibilità di un volo di elevata densità di punti già programmato per il 2014 su tutta la provincia rende plausibile l'applicazione del LiDAR in maniera diffusa per la pianificazione forestale e il progetto pilota di Pellizzano costituisce un ottimo test per valutare le migliori opzioni di impiego, nonché i limiti di utilizzo.

Un problema è sicuramente legato all'invecchiamento del dato, soprattutto in aree soggette ad una gestione intensiva. Ciò diventa un limite soprattutto nel caso della pianificazione aziendale, che ha tipicamente una progressività spazio-temporale dovuta alle diverse scadenze dei piani, a fronte di una immagine che rappresenta una istantanea della situazione del bosco. Meno critica appare invece l'applicazione in un'ottica inventariale, nello specifico per l'aggiornamento dell'inventario dei boschi privati, il cui aggiornamento risale a 20 anni fa e che ha comunque minori esigenze di precisione non dovendo entrare nel merito della quantificazione e localizzazione di riprese.

Per quanto riguarda i piani aziendali una ulteriore possibilità è quella di ridurre in maniera drastica il numero delle aree di saggio necessarie per l'inventario dendrometrico per alcuni anni dal momento del nuovo rilievo LiDAR.

Riferimenti bibliografici

Bruzzone L., Paris C. (2012). *Studio di fattibilità per la messa a punto di un metodo per la stima della biomassa del bosco attraverso sistemi di telerilevamento o sistemi integrati di telerilevamento con dati a terra – Fase III. Progetto FORLIDAR*. Università degli Studi di Trento. Dipartimento di Ingegneria e Scienza dell'Informazione. Laboratorio di Telerilevamento

Dalponte, M., Bruzzone, L., & Gianelle, D. (2012). Tree species classification in the Southern Alps based on the fusion of very high geometrical resolution multispectral/hyperspectral images and LiDAR data. *Remote Sensing of Environment*, 123, 258–270.

Ene, L., Næsset, E., & Gobakken, T. (2012). Single tree detection in heterogeneous boreal forests using airborne laser scanning and area-based stem number estimates. *International Journal of Remote Sensing*, 33 (16), pp. 5171-5193.

Floris A., Clementel F., Farruggia C., Scrinzi G. (2009) - *Il LIDAR nella stratificazione tematica dei soprassuoli forestali: applicazioni in Trentino*. Atti 13^a Conferenza Nazionale ASITA - Bari 1-4 dicembre 2009, 1063-1070.

Floris A., Clementel F., Farruggia C., Scrinzi G. (2010) - *Stima su base LiDAR delle provvigioni legnose forestali: uno studio per la Foresta di Paneveggio*. Rivista Italiana di Telerilevamento - 2010, 42 (3): 15-32.

Lingua E., Pellegrini M., Pirotti F., Grigolato S., Garbarino M., Motta R., Comini B., Wolynski A. (2012) - *Il progetto NEWFOR - NEW technologies for a better mountain FOREst timber mobilization*. Atti 16^a Conferenza Nazionale ASITA - Fiera di Vicenza 6-9 novembre 2012.

PAT, 2013 - *Linee tecniche per la redazione dei piani di gestione forestale aziendale e dei piani semplificati di coltivazione*. Provincia Autonoma di Trento, marzo 2013.

Scrinzi G., Clementel F., Colle G., Farruggia C., Floris A., Torresan C. (2011) – *L'inventario dendrometrico nella nuova pianificazione forestale aziendale trentina*. Provincia Autonoma di Trento – Servizio Foreste e fauna.

Vauhkonen, J., Ene, L., Gupta, S., Heinzel, J., Holmgren, J., Pitkänen, J., Solberg, S., Wang, Y., Weinacker, H., & Hauglin, K.M. (2012). Comparative testing of single-tree detection algorithms under different types of forest. *Forestry*, available online.

Wolynski A, Zanin M, Scrinzi G (2009). *Revisione della pianificazione forestale in Trentino a cinquant'anni dall'adozione della selvicoltura naturalistica*. Atti del III Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina 15-18 ottobre 2008, pp. 928-93.