

MARCO CIOLLI  
 MATTEO SERAFINI  
 CLARA TATTONI

# *Storia della copertura forestale nel Parco di Paneveggio Pale di S. Martino*

## *Introduzione*

La ricostruzione dell'aspetto passato del paesaggio forestale è alla base della comprensione delle dinamiche ecologiche in atto nelle aree alpine così come nel resto del territorio nazionale. L'abbandono della montagna nella seconda metà del 1900 e la crisi della zootecnia hanno fortemente rimodellato l'aspetto della vegetazione forestale su tutto l'arco alpino anche se in maniera non uniforme nelle varie regioni che lo interessano. Il mutare dell'uso del territorio ed il cambiamento climatico che ci troviamo a vivere hanno avuto una notevole influenza sulla distribuzione della vegetazione e sulla sua composizione ma la quantificazione di questo cambiamento è sempre stata piuttosto complessa (CIOLLI *et al.*, 2002).

Il confronto di immagini multitemporali e cartografia storica è uno degli strumenti che meglio si presta a ricostruire l'aspetto passato delle formazioni forestali. Il confronto di informazioni multitemporali allo scopo di ricostruire la distribuzione delle foreste è stato inoltre reso assai più efficiente e produttivo dall'avvento dei GIS. Tramite questi strumenti informatici è possibile infatti effettuare estrazioni automatiche di dati da immagini opportunamente preelaborate, effettuare confronti numerici e sovrapposizioni di aree e superfici in tempo reale. Questi confronti possono essere ef-

fettuati utilizzando i materiali cartografici di partenza più disparati, purché se ne conosca l'origine, la data di riferimento e le caratteristiche tecniche di realizzazione. La capacità di ortorettificare immagini aeree da parte dei GIS professionali ha inoltre ampliato la gamma di materiale utilizzabile per realizzare tali confronti.

Le aree protette, che rappresentano quei territori che più degli altri svolgono un ruolo fondamentale nella conservazione della biodiversità, sono proprio quelle realtà ove è particolarmente importante ricostruire l'aspetto passato del paesaggio forestale per poter meglio pianificare l'assetto del territorio attraverso gli interventi futuri (CANTIANI, 2006).

Da alcuni anni, grazie a queste tecniche ed alla disponibilità di foto aeree e satellitari multitemporali è stato possibile ricostruire alcuni di questi cambiamenti in diverse aree del pianeta sia per monitorare la progressiva scomparsa di ambienti quali le foreste tropicali (ARROYO-MORA *et al.*, 2005, BENFIELD *et al.*, 2005), sia per verificare la scomparsa o la ricolonizzazione del bosco nelle aree forestali italiane (CIOLLI *et al.*, 2002, VACCHIANO *et al.*, 2006). Le tecniche di analisi di materiale multitemporale sono ormai abbastanza note, tuttavia ogni lavoro di questo tipo si imbatte in difficoltà differenti che dipendono da una serie di fattori spesso legati alla tipologia delle informazioni disponibili.

### *Scopo del lavoro*

Nel presente lavoro si è cercato di effettuare una prima ricostruzione della variazione della copertura forestale dal 1859 al 1999 in un'area pilota del Parco di Paneveggio - Pale di S. Martino evidenziando una serie di problematiche legate sia alla qualità ed alla quantità del materiale di base disponibile sia ad alcuni limiti di utilizzo delle tecniche automatiche di analisi delle immagini. Si è inoltre cercato di dare una prima indicazione della variazione del limite superiore della vegetazione arborea nell'arco del periodo di analisi delle informazioni.

### *Materiali e metodi*

L'area presa in considerazione per questo studio preliminare è un'area pilota del parco di Paneveggio - Pale di S. Martino, nel Trentino orientale che copre una superficie di circa 6422 ettari dei quali 3534 si trovano all'interno dei confini del Parco. L'area è sita nella zona del Vanoi e comprende in parte i territori dei comuni di Canal San Bovo, Mezzano, Imer e Siror.

La disponibilità di informazioni relative al catasto austriaco redatto tra il 1854 ed il 1859 ha consentito di ricostruire la cartografia delle superfici boscate relativa all'anno 1859 (BUFFONI *et al.* 2003). Questa cartografia è stata confrontata con le informazioni ottenute dall'analisi delle immagini aeree rispettivamente del volo G.A.I 1954 e dei voli Alta Quota 1983, Italia 1994 e IT2000 (queste ultime relative in realtà ad un volo del 1999) effettuati dalla C.G.R. Parma. Le foto aeree dei voli del 1954 e del 1983 sono state scansionate ed ortorettificate nell'ambito di questo lavoro, mentre per il restante materiale fotografico sono state utilizzate direttamente le ortofoto digitali distribuite dalla Provincia Autonoma di Trento per l'anno 1994 e le ortofoto del Programma IT2000.

La ricostruzione della superficie forestale ha interessato anche le zone di limite della vegetazione. Si è perciò utilizzato come confronto il lavoro di Piuksi (1992) sul li-

mite potenziale del bosco, e l'annessa cartografia è stata digitalizzata ed analizzata tramite strumenti GIS. Durante le varie fasi del lavoro si sono utilizzati software Open Source in particolare GRASS GIS versione 6.0. GRASS GIS dispone di strumenti di ortorettifica di foto aeree e di analisi automatica delle immagini che permettono di semplificare le operazioni di estrazione delle informazioni da diverse fonti cartografiche digitali (GRASS 2005). Il materiale cartografico reperito è stato digitalizzato e georeferenziato. Ci si è anche avvalsi della cartografia ufficiale della provincia di Trento per ciò che concerne le basi cartografiche generali: in particolare la carta tecnica provinciale, il modello digitale del terreno (risoluzione 10 m) e le curve di livello vettoriali. Le foto aeree delle varie annate sono state digitalizzate ed ortorettificate in modo da renderle sovrapponibili alla restante cartografia. Bisogna sottolineare che, durante la fase di ortorettifica, l'identificazione di punti di appoggio sulla carta tecnica che corrispondessero sulle foto aeree non è sempre stata agevole a causa della qualità delle immagini e dell'anno di ripresa per le foto più vecchie prese in considerazione.

Per la classificazione di tutte le immagini è stata utilizzata una procedura di classificazione semiautomatica nota in letteratura (CIOLLI *et al.* 2002, PAINE e KISER 2003) in base alla quale si usa il valore di grigio di ogni pixel per discriminare le aree boscate da quelle con altra copertura.

### *Risultati*

#### *Evoluzione della copertura del bosco*

Le elaborazioni delle immagini hanno permesso di ottenere una serie di mappe raster ad alta risoluzione (2 m) rappresentanti la superficie boscosa per ogni periodo esaminato, come mostrato in figura 1. L'uso dei sistemi informativi territoriali ha permesso sia di visualizzare la dinamica spaziale che di quantificare l'aumento della superficie forestale nel tempo.

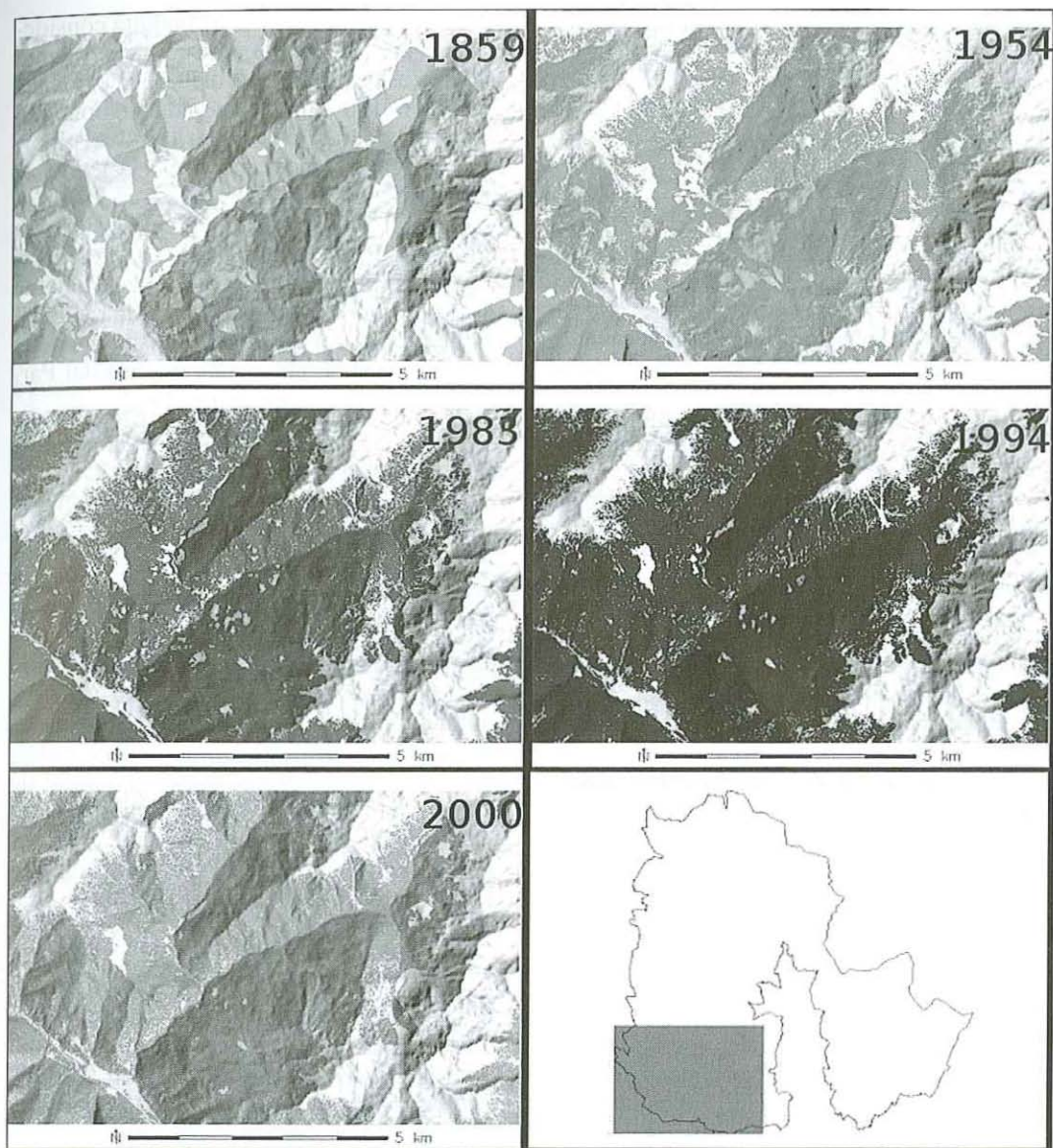


Fig. 1 - Mappe della copertura forestale per ogni periodo esaminato. Il colore più scuro rappresenta la superficie coperta da bosco nell'area di studio. In basso a destra è evidenziata l'area di studio rispetto al confine del Parco di Paneveggio - Pale di San Martino.

I risultati presentati nel grafico di figura 2 mostrano un costante incremento della superficie coperta da bosco nel periodo di studio di circa 150 anni. In particolare si noti come il processo di ricolonizzazione del bosco sia un fenomeno decisamente marcato tra il 1859 e il 1983 mentre sembra

avvicinarsi ad un punto di equilibrio verso il 2000. Per ogni periodo di riferimento sono stati calcolati la superficie coperta dal bosco, quella non coperta dal bosco ed il coefficiente di boscosità, cioè la superficie coperta dal bosco rispetto all'area disponibile. Analizzando l'andamento della super-



Fig. 2 - Evoluzione delle coperture in termini di superficie (ha) per i diversi periodi esaminati.

ficie forestata (fig. 2, tab. 1 e tab. 2) si osserva che nel 1859 il bosco occupava circa il 45% dell'area campione, ma già dal 1954 sono visibili i primi segni di reinvasione del fondovalle a seguito dell'abbandono della montagna: dal dopoguerra ad oggi la superficie forestata supera quella non occupata dal bosco fino ad arrivare al 64% negli anni '90 e 2000.

Una successiva elaborazione dei dati, presentati in tabella 2, ha permesso di stimare l'incremento netto e percentuale della superficie del bosco e la crescita media annua in termini di superficie reinvasa dalla vegetazione arborea. Questi dati mostrano come i più alti tassi di crescita si riscontrino tra gli anni 1954 e 1994, confermando una dinamica socio-economica comune a molte valli alpine nelle quali la copertura del suolo è stata in uenzata alle attività forestali, zootecniche e minerarie fino all'epoca della seconda guerra mondiale, l'abbandono di queste attività e lo spopolamento delle montagne a partire dagli anni '60 ha lasciato spazio alle dinamiche naturali.

La stessa analisi è stata condotta considerando l'area compresa dal confine del Parco e l'area esterna al fine di mettere in evidenza eventuali differenze legate alla gestione del territorio operata dall'Ente. I risultati riportati in figura 3 mostrano come la tendenza del coefficiente di boscosità segua lo stesso andamento dell'intera area di studio sia entro che fuori Parco. Fuori dall'area protetta si registrano valori più elevati del coefficiente di boscosità: questo dato trova una spiegazione nella diversa quota piuttosto che nella diversa gestione nella zona tutelata dal Parco, iniziata ufficialmente nel 1987.

#### *Stima del limite superiore del bosco*

Successivamente è stato valutato il processo di reinvasione del bosco rispetto alla quota, dividendo l'area di studio in fasce altimetriche di ampiezza variabile e calcolando la copertura forestale relativa alle fasce individuate. Per il fondovalle, cioè nella fascia compresa tra 1000 e 1700 metri di quota, la reinvasione del bosco è stata particolarmente significativa in termini di superficie, a seguito dell'abbandono dei prati da sfalcio nel fondovalle (fig. 1). Questa fascia corrisponde alla zona esterna al Parco per l'area campione e questo spiega il maggior incremento della boscosità all'esterno dell'area protetta (fig. 3)

Per quanto riguarda le quote più elevate sono state considerate fasce altimetriche di diversa ampiezza: la fascia compresa tra 1700 e 1900 m è stata esaminata per poter confrontare i risultati ottenuti con il limite del bosco riportato in letteratura da Piussi (1992); per le quote comprese tra 1900 e

	1859	1954	1983	1994	2000
Superficie boscata (ha)	2897.26	3333.33	3872.40	4115.18	4140.93
Superficie non boscata (ha)	3525.28	3089.21	2550.14	2307.36	2281.61
Coefficiente di boscosità (%)	45.11	51.90	60.29	64.07	64.47

Tab. 1 - Confronto tra le coperture e il coefficiente di boscosità tra il 1859 e il 2000.

Periodo	Crescita netta (ha)	Crescita percentuale (%)	Crescita media annua (ha)
1859 - 1954	436	6.76	4.6
1954 - 1983	539	8.39	18.6
1983 - 1994	243	3.78	22
1994 - 2000	25.7	0.4	4.2

Tab. 2 - Crescita della superficie coperta da bosco per l'area campione.

2120 m sono state invece considerate fasce di ampiezza di 20 m ad al fine di stimare con maggior dettaglio il limite superiore del bosco. Sopra il 2120 metri non si è ritenuto opportuno continuare l'analisi, in quanto il limite medio del bosco per il Trentino è di 1970 m. Per individuare il limite del bosco ci si è basati sulla definizione di bosco come superficie coperta per almeno il 30% da alberi, per ogni fascia altimetrica e per ogni periodo in esame è stato calcolato il coefficiente di boscosità alla ricerca della fascia altimetrica che presentasse all'incirca questo valore di copertura. I risultati riportati in tabella 3 mostrano come la quota della fascia altimetrica con copertura del 30% circa, considerata come una stima del limite superiore, non sia una costante ma aumenti progressivamente nel periodo di studio. Dividendo la risalita stimata del limite superiore del bosco per il numero di anni che separano i periodi analizzati si ottiene uno spostamento medio della quota di circa 1 m/anno. Quest'analisi mostra come la risalita del bosco avvenga sia come infittimento di

boschi radi o pascoli alberati sia attraverso la diffusione in quota di nuove piante in aree prive di copertura. Questa dinamica si attua principalmente come conseguenza della ridotta pressione del pascolo in quota a partire dagli anni '60 ma anche del cambiamento climatico registrato negli ultimi anno.

### Validazione dei risultati

I risultati ottenuti dall'interpretazione delle foto aeree sono stati confrontati con la carta del limite potenziale del bosco in Trentino redatta da Piussi (1992) tramite rilievi in campo condotti tra il 1987 e il 1990. La cartografia del 1992 è stata digitalizzata, classificata e suddivisa nelle stesse fasce altimetriche dell'analisi precedente. Confrontando il coefficiente di boscosità ottenuto dalle foto aeree del 1983 e del 1994 con il lavoro citato si riscontra un buon accordo per le fasce comprese tra 2000 e 2040 m, valori più bassi per le foto aeree rispetto alla cartografia per quote inferiori a 2000 m e valori più elevati per quelle superiori a 2040 m. Per quanto riguarda le quote oltre

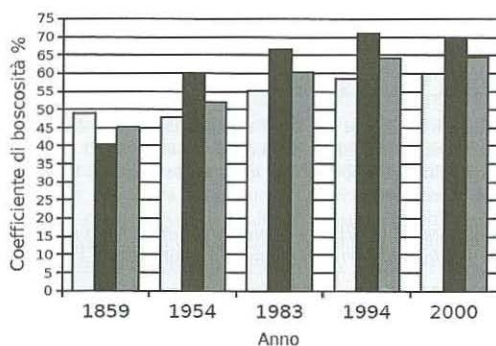
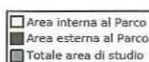


Fig. 3 - Confronto tra i coefficienti di boscosità calcolati per la superficie interna ed esterna al Parco e l'intera area di studio.



Anno	Coefficiente di boscosità (%)	Limite del bosco m s.l.m
1859	30	1960 - 1980
1954	31	1970 - 1990
1983	33	2000 - 2020
1994	31	2010 - 2030
2000	32	2020 - 2040

Tab. 3 - Quota stimata per il limite superiore del bosco.

i 2040 metri, i valori più elevati del coefficiente di boscosità calcolati in questo lavoro si riscontrano in corrispondenza di zone classificate come potenziali dal rilievo in campo del 1992. La discordanza tra i risultati alle quote inferiori ai 2000 metri è spiegabile dalla diversa metodologia di redazione della carta di Piussi (1992) nella quale il bosco è rappresentato come un poligono continuo, mentre nella mappa derivata dalla foto aeree sono state individuate aree aperte anche di piccole dimensioni all'interno della foresta: pertanto la superficie forestata individuata da Piussi è maggiore. Sulla base di queste precisazioni si ritiene che il metodo della fotointerpretazione fornisca risultati affidabili rispetto a quanto riportato in letteratura. Rilievi effettuati in campo nell'estate del 2005 confermano ulteriormente i risultati dell'analisi.

### Conclusioni

La qualità dei risultati è tale da fornire ben più di una semplice idea dei cambiamenti degli ecosistemi e del paesaggio in corso ma è in grado di fornire dati attendibili sulle variazioni di superficie della copertura forestale in un arco temporale che interessa più di un secolo. I risultati ottenuti sia in termini di espansione superficiale che di risalita del limite superiore del bosco sono conformi a quanto riportato in altre zone delle Alpi (STANGA e ZBINDEN 2004, VACCHIANO 2006). La possibilità di quantificare la risalita del limite superiore del bosco è particolarmente interessante per tenere sotto controllo le future dinamiche di questo particolare aspetto molto legato alla variazione delle condizioni climatiche.

L'analisi condotta non ha mostrato sostanziali differenze nel processo di reinvasione del bosco tra la zona esterna e quella interna al Parco nel periodo di tempo analizzato. Considerando che il Parco è effettivamente operante sul territorio dal 1987 non ci si aspettava di poter riscontrare delle differenze nelle dinamiche in atto.

Il lavoro ha evidenziato tuttavia alcune

difficoltà che sorgono nel rendere congrue le informazioni di partenza allo scopo di confrontare i risultati ottenuti. In particolare rimane la difficoltà di procurarsi delle informazioni precise riguardo alla metodologia di inventariazione del bosco nel periodo della dominazione austriaca utilizzate per la redazione della carta del 1859, e la difficoltà di interpretazione delle in ombra zone delle foto aeree.

La ricerca sta continuando su tutta l'area del parco di Paneveggio raffinando ulteriormente le tecniche e prendendo in considerazione altre informazioni temporali per ottenere valori più attendibili ed una maggiore identificazione del gradiente di cambiamento e degli indici di variazione del paesaggio e degli habitat.

**dott. Marco Ciolli**  
**ing. Matteo Serafini**  
**dott. Clara Tattoni**

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale  
Università degli Studi di Trento,  
Via Mesiano 77, 38100 Trento,  
tel. 0461/882625, Fax 0461/882672,  
e-mail: Marco.Ciolli@ing.unitn.it

### BIBLIOGRAFIA

- ARROYO-MORA J.P., SÁNCHEZ-AZOFEIFA G.A., RIVARD B., CALVO, J.C. & JANZEN, D.H., 2005 - *Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica* from 1960 to 2000. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Elsevier Science, 106: 27-39.
- BENFIELD, S.L., GUZMAN, H.M. & MAIR, J.M., 2005 - *Temporal mangrove dynamics in relation to coastal development in Pacific Panama*. *Journal of Environmental Management*, Elsevier Science, 76: 263-276.
- BUFFONI D., LEONI D., BORTOLAMEDI, R., 2003 - *L'eredità cartografica catastale degli Asburgo in formato digitale*. Atti della Sesta conferenza italiana utenti ESRI. Roma, 9-10 Aprile 2003.
- CANTIANI, M.G., 2006 - *Il ruolo dei parchi nello sviluppo sostenibile dei territori montani*. *Dendronatura*, 1: 82-86.
- CIOLLI M., ZATELLI P., 1999 - *Automatic forest area recognition using GIS image analysis capability*. *International archives of photogrammetry and remote sensing*, vol. XXXII, part 6W7: 163-168.
- CIOLLI M., MASCARELL PAVIA B., SGUIERSO D., ZATELLI P., 1999 - *Valutazione tramite fotogrammetria e GIS della dinamica della copertura forestale e della provvigione*

legnosa. Atti della 3a Conferenza nazionale delle Associazioni Scientifiche per le informazioni Territoriali ed Ambientali Napoli 9 novembre, 1999, 1: 589-594.

CIOLLI M., MENEL LEMOS G.T., ZATELLI P., 2001 - *Sperimentazione di modelli di colore nella classificazione automatica di foto a colori*. Atti del convegno "5a Conferenza nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali ed Ambientali", Rimini, 9-12 ottobre, 2001, 1: 553-558.

CIOLLI M., MILESI E., ZATELLI P., 2002 - *Digital analysis of multitemporal aerial images for forest and landscape change detection*. Proceedings of the IUFRO (International Union of Forest Organizations) Conference, Collecting and analyzing information for sustainable forest management and biodiversity monitoring with special reference to mediterranean ecosystems. Palermo 4-6 Dicembre 2001: 40-47.

PIUSSI, P. 1992 - *Carta del limite potenziale del bosco in Trentino*. Provincia Autonoma di Trento, Servizio Foreste Caccia e Pesca.

GRASS Development Team, 2005 - *Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software*. ITC-irst, Trento, Italy <http://grass.itc.it>.

PAINE, D., KISER, J. 2003- *Aerial Photography and Image Interpretation* (2 ed.), Wiley & Sons.

STANGA P., ZBINDEN N., 2004 - *Evoluzione della copertura vegetale in aree alpestri del Canton Ticino nel periodo 1971-2001* Schweiz. Z. Forstwes., 155: 284-289.

VACCHIANO G., GARBARINO M., LINGUA E., MOTTA R. 2006 - *Le pinete di Pino silvestre come testimoni delle trasformazioni del paesaggio montano in Piemonte e Val d'Aosta* Atti del convegno "10a Conferenza nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali ed Ambientali", Bolzano 14-17 Novembre 2006.

*no (Italy), located within Natural Park Paneveggio – Pale di S. Martino. With the aid of GRASS GIS (Geographic Information Systems) an historical map from 1859 and a set of aerial photo taken from 1945 and 2000 have been processed to obtain a series of forest cover maps for the given period. Map analysis allowed to evaluate an increase of forest coverage of about 20% in the study area and the average increase for each period. An altimetric belt analysis allowed the estimation of the forest upper limit dynamics and to evaluate an average growth of about 1m/year in the last 150 years.*

## Riassunto

Questo lavoro presenta i primi risultati dell'analisi della copertura forestale di una zona del Trentino orientale nell'area del Parco di Paneveggio – Pale di S. Martino su un arco di tempo di circa 150 anni. Partendo da materiale cartografico asburgico del 1859 e da una serie di fotografie aeree riprese tra il 1954 e il 2000, utilizzando il Sistema Informativo Geografico GRASS, sono state elaborate delle mappe della copertura forestale per il periodo in esame. L'analisi di queste mappe ha permesso di quantificare un incremento di circa il 20% della copertura forestale per l'area campione e l'incremento medio annuo per i vari periodi. L'analisi per fasce altimetriche ha permesso di stimare la variazione della quota del limite superiore del bosco e di calcolare una risalita di circa 1 m/anno negli ultimi 150 anni.

## Summary

*This work reports preliminary results of a forest cover analysis over 150 years time in an area of eastern Trenti-*