



PROVINCIA  
AUTONOMA DI TRENTO



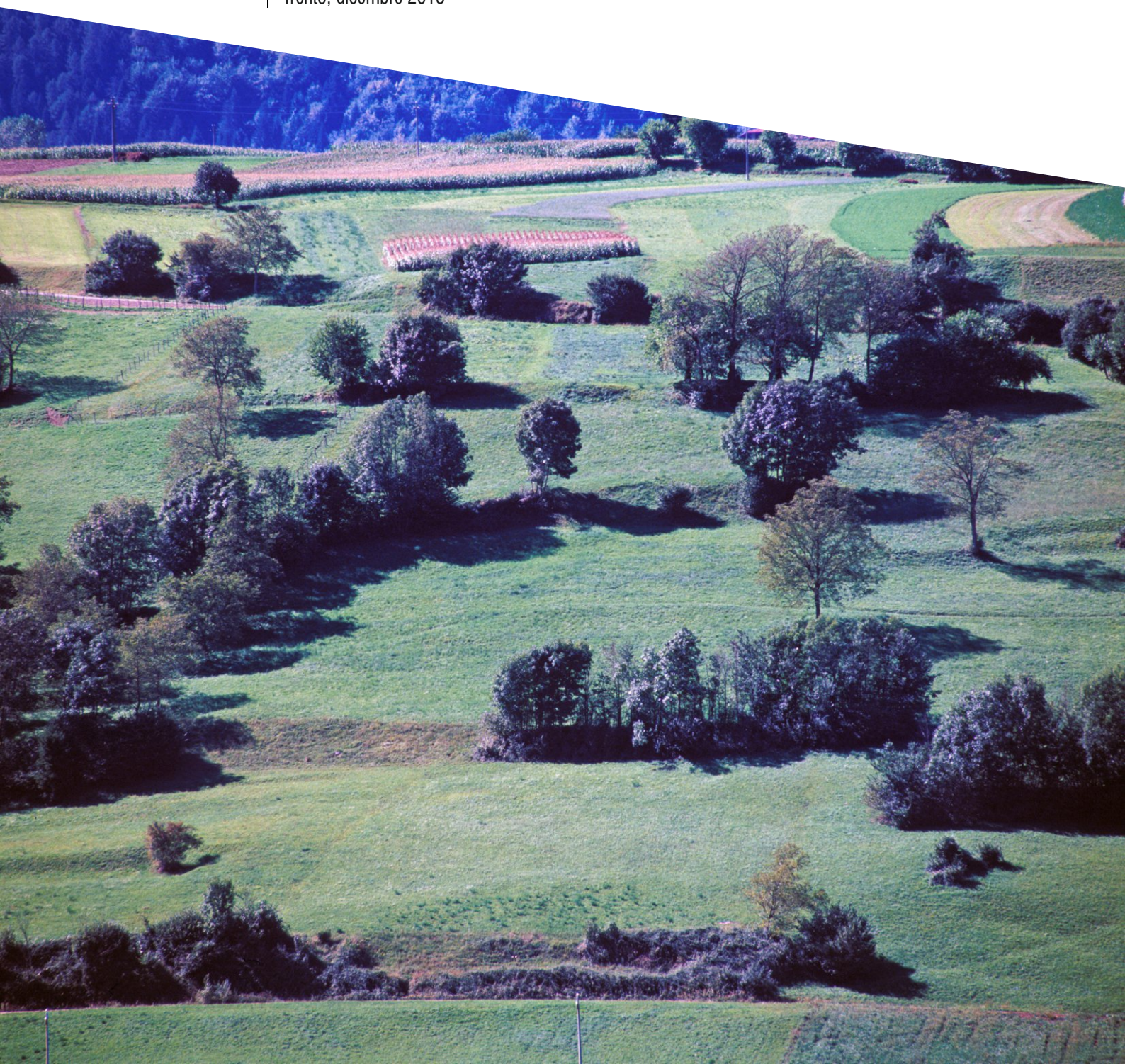
SERVIZIO FORESTE  
CERTIFICATO UNI EN ISO 14001 - UNI ISO 45001



# Analisi dell'espansione dell'area forestale e dei boschi di neoformazione in Trentino

Patrizia Gasparini, Maria Rizzo  
Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale  
Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria  
CREA-MPF

Trento, dicembre 2015





# **Analisi dell'espansione dell'area forestale e dei boschi di neoformazione in Trentino ai fini della redazione dei Piani Forestali e Montani - PFM**

**(Convenzione NEOFORPIA)**

(n. di racc. 43509, data di sottoscrizione 14/04/2015; durata 15/12/2014-14/12/2015)

Relazione finale

(a cura di P. Gasparini e M. Rizzo)

Trento, 14 dicembre 2015

## **Sommario**

### **1. Introduzione**

### **2. Materiali e metodi**

#### **2.1. I dati**

#### **2.2. Il disegno di campionamento**

#### **2.3. Classificazione dell'uso/copertura del suolo e individuazione delle neoformazioni boscate**

#### **2.4. Calcolo delle stime di superficie**

### **3. Risultati**

#### **3.1. Estensione e distribuzione dei boschi di neoformazione**

#### **3.2. I cambiamenti di uso del suolo**

#### **3.3. I caratteri stagionali dei boschi di neoformazione**

### **5. Conclusioni e proposte metodologiche per la pianificazione**

### **Riferimenti**

## 1. Introduzione

I boschi di neoformazione rappresentano delle formazioni boschive insediatesi su superfici precedentemente prive di copertura boschiva, principalmente su aree un tempo destinate a pascolo o agricoltura di montagna che sono state progressivamente abbandonate.

Gli effetti della ricolonizzazione del bosco su superfici prima interessate da altri usi del suolo possono essere di segno diverso, in funzione dell'entità del fenomeno e della realtà, territoriale e ambientale, in cui si manifesta. Se da un lato, infatti, l'espansione del bosco contribuisce al mantenimento della fertilità dei suoli, al miglioramento delle loro caratteristiche ai fini della stabilità idrogeologica dei versanti oltre che alla fissazione di elevate quantità di carbonio nella biomassa vegetale, nello stesso tempo, tuttavia, tale ricolonizzazione può comportare effetti negativi in termini di qualità del paesaggio e di disponibilità di habitat e biodiversità.

L'attività descritta nella presente relazione ha preso origine da uno studio (di seguito Neoboschi1) svolto nel 2004 dall'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e l'Alpicoltura – ISAF (ora Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale del CREA), su incarico dell'allora Servizio Foreste della Provincia Autonoma di Trento, dedicato all'analisi della distribuzione e delle principali caratteristiche dei boschi di neoformazione, osservati nel periodo 1973-1999. Obiettivo della nuova indagine (di seguito Neoboschi2) è l'aggiornamento delle informazioni relative alle neoformazioni forestali sulla base delle ortofoto più aggiornate disponibili, con un dettaglio maggiore rispetto allo studio precedente, allo scopo di fornire informazioni utili al livello delle unità territoriali della Pianificazione Forestale e Montana (PFM), rappresentate dalle 16 Comunità di Valle del Trentino.

L'attività prevista per la convenzione NEOFORPIA indicata all'art. 6 della convenzione stessa e, più in dettaglio, nella determinazione del Dirigente del Dipartimento Territorio, Agricoltura, Ambiente e Foreste di data 12/12/2014 ha avuto quindi come obiettivi principali l'aggiornamento al 2011 della classificazione dei boschi di neoformazione sul territorio della Provincia di Trento e la produzione di statistiche descrittive aggiornate a livello di Comunità di Valle.

Al fine di quantificare il fenomeno con maggiore precisione a livello di Comunità di Valle si è resa necessaria un'integrazione del campione osservato con lo studio del 2004. L'analisi è stata effettuata tenendo conto anche della nuova definizione di bosco adottata dalla Provincia di Trento ai sensi della L.P. n. 11 del 2007.

## 2. Materiali e metodi

L'aggiornamento della classificazione dei boschi di neoformazione sul territorio della Provincia di Trento e la produzione di statistiche a livello di Comunità di Valle sono stati realizzati utilizzando la metodologia e le tecniche già impiegate nello studio Neoboschi1, descritte nella relazione tecnica conclusiva (De Natale & Gasparini, 2004). In seguito all'adozione della nuova definizione di bosco

(L.P. n. 11 del 2007) è stato necessario però rivedere le classificazioni attribuite nello studio Neoboschi1, per aggiornarle e verificarne l'eventuale effetto sui cambiamenti di uso copertura (da non bosco a bosco e viceversa).

Inoltre, al fine di ottenere un'analisi approfondita anche a livello di Comunità di Valle (l'analisi Neoboschi1 era stata fatta a livello di Provincia) si è ritenuto opportuno selezionare un campione di punti supplementare, da classificare tramite fotointerpretazione.

## 2.1. I dati

La prima fase del lavoro è stata dedicata al recupero di tutto il materiale relativo alla precedente indagine, condotta nel 2004-2005, costituito da:

- i documenti descrittivi dello schema di campionamento e relativi stimatori,
- gli shapefile del reticolo e dei punti di campionamento,
- i documenti in formato digitale (ortofoto e mappa uso del suolo) utilizzati per la classificazione dei punti nelle due date di riferimento, 1973 e 1999.

Sono stati inoltre acquisiti altri dati utili quali:

- la nuova carta dell'uso del suolo forestale (USR) derivante dalle ortofoto 2008, dai dati LIDAR del 2006 e dalla digitalizzazione effettuata dall'Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura (AGEA) nel 2010,
- le ortofoto a colori più recenti disponibili (coperture 2008 e 2011),
- la carta bosco/non bosco (1973 e 1999) derivante da classificazione automatica,
- la carta delle tipologie e categorie forestali reali e potenziali (2005),
- la carta dei boschi di neoformazione (1973-1999) e la carta tecnica provinciale (2013).

Questi ultimi dati sono stati messi a disposizione, per gli obiettivi dello studio, dall'Ufficio Sistemi Informativi - Servizio Autorizzazioni e Valutazioni Ambientali della Provincia Autonoma di Trento, a seguito di una richiesta specifica inoltrata da CREA-MPF.

Al fine di facilitare le operazioni di sovrapposizione di tutti i tematismi utilizzati si è proceduto ad una trasformazione degli shapefile del reticolo e dei punti di campionamento dal sistema di proiezione Gauss Boaga a UTM WGS84.

## 2.2. Il disegno di campionamento

Ai fini dell'individuazione dei boschi di neoformazione, l'uso del suolo e le relative variazioni sono stati osservati in corrispondenza di punti di campionamento (fotopunti) distribuiti casualmente sul territorio per mezzo di un campionamento a due stadi. I fotopunti sono stati quindi classificati mediante valutazione visiva su ortofoto, da parte di fotointerpreti esperti.

Il territorio della provincia di Trento è stato suddiviso in 472 quadranti di 1 600 ha ciascuno, sovrapponendo al territorio della provincia un reticolo a maglie regolari quadrate di 4 000 m di lato.

Nel primo stadio di campionamento si è proceduto all'estrazione delle aree da campionare (Primary Sampling Units - PSUs), fra i 472 quadranti individuati, tramite un disegno campionario con ripetizione e con probabilità variabile, proporzionale alla lunghezza normalizzata dei margini tra bosco e non bosco in ciascun quadrante. La presenza di margini, infatti, è un indicatore strettamente correlato alla probabilità di rilevare il fenomeno "nuovo bosco" in ognuna delle maglie. Maggiore risulta la lunghezza del margine, maggiore è la probabilità di trovare il fenomeno oggetto di studio nella maglia, dal momento che le aree di bosco si presentano molto accorpate e i nuovi boschi si sviluppano principalmente in prossimità delle estese aree boscate preesistenti. La lunghezza dei margini per ciascun quadrante e complessiva è stata determinata in modo automatico, mediante software GIS, a partire dalla carta di uso del suolo più aggiornata disponibile all'epoca dello studio Neoboschi1, la carta di uso del suolo prodotta dal Servizio Azienda Speciale di Sistemazione Montana della Provincia Autonoma di Trento riferita al 1999. Per gli scopi dello studio, le 16 classi d'uso della carta sono state accorpate in due macroclassi, rispettivamente bosco e non bosco. Una volta assegnato il valore di lunghezza dei margini normalizzata a ciascun quadrante, pari al rapporto tra la lunghezza dei margini nel quadrante e la lunghezza complessiva su tutta la provincia, per Neoboschi1 erano state selezionate 100 PSUs mediante una procedura SAS (Proc Surveyselect), di cui 11 estratte due volte, attribuendo maggiore probabilità di estrazione ai quadranti con elevato valore per la lunghezza normalizzata dei margini. Per Neoboschi2 il numero totale di PSUs è stato portato a 125, estraendo ulteriori 25 quadranti tramite la funzione analoga 'ppswr' del software R. La procedura è stata ripetuta più volte, generando diversi set di quadranti tra cui è stato scelto quello con la migliore distribuzione sul territorio, in relazione alle diverse Comunità di Valle.

Nel secondo stadio del campionamento è stato estratto un campione di 100 punti (i fotopunti) o "unità secondarie di campionamento" (Secondary Sampling Units, SSUs) per ciascuna delle PSUs selezionate al primo stadio, attraverso un campionamento casuale semplice senza ripetizione. Per i quadranti estratti più volte il numero delle SSUs estratte è risultato pari a 100 per il numero delle ripetizioni (200 SSUs per le PSUs estratte 2 volte, 300 SSUs per le PSUs estratte 3 volte). Per l'estrazione delle 2 500 SSUs aggiuntive di Neoboschi2 è stato utilizzato il software QGIS, in particolare la funzione 'punti casuali' applicata ai poligoni rappresentati dai quadranti. Il numero totale delle unità di campionamento secondarie osservate è dunque pari a 10 000 per Neoboschi1 e 12 500 per Neoboschi2.

I criteri seguiti per il dimensionamento del campione (numero di PSUs e SSUs) nello studio Neoboschi1 sono descritti nella relazione finale (De Natale e Gasparini, 2004). Considerati gli scopi del successivo studio Neoboschi2, si è proceduto innanzitutto ad assegnare l'informazione della Comunità di Valle alle 10 000 PSUs già estratte, allo scopo di esaminare l'intensità di campionamento disponibile a livello delle Comunità ed evidenziare quelle per le quali era prioritario selezionare un campione aggiuntivo di fotopunti. L'assegnazione dell'informazione relativa alla

Comunità è stata fatta utilizzando il software QGIS, ritagliando i quadranti sulla base dei confini delle Comunità di Valle (clip). L'intensità del campionamento è stata espressa in termini di superficie territoriale e superficie forestale rappresentata per SSUs. L'analisi ha evidenziato valori molto variabili nelle diverse Comunità, e ha fornito una prima indicazione sulla necessità di intensificare il campionamento in alcune di esse (Cembra, Primiero e Val di Non in particolare, e Alta Valsugana) (tabella 1).

Tabella 1 – Numero di fotopunti (unità secondarie di campionamento, SSUs) dello studio Neoboschi1 e superficie territoriale e forestale rappresentata, per Comunità di Valle (CdV).

CdV	Superficie territoriale (ha)	Bosco USR (ha)	SSUs	Superficie territoriale per SSU (ha)	Superficie bosco USR per SSU (ha)
ALTA VALSUGANA	36 013	25 430	360	100	71
ALTO GARDA E LEDRO	35 330	25 492	487	73	52
ALTOPIANO DI FOLGARIA, LAVARONE E LUSERNA	10 611	8 101	324	33	25
BASSA VALSUGANA	57 935	39 052	811	71	48
CEMBRA	13 534	11 354	15	902	757
GIUDICARIE	117 520	69 191	2 722	43	25
LADINO DI FASSA	31 785	16 061	358	89	45
PAGANELLA	9 785	6 119	216	45	28
PRIMIERO	41 340	27 039	322	128	84
ROTALIANA	9 440	4 256	151	92	52
VAL D'ADIGE	18 978	11 146	298	64	37
VAL DI NON	59 713	39 658	459	130	86
VAL DI SOLE	61 158	28 934	1 308	47	22
VALLAGARINA	62 277	44 311	1 183	53	37
VALLE DEI LAGHI	13 962	9 941	277	50	36
VALLE DI FIEMME	41 470	29 319	709	58	41
<b>totali</b>	<b>620 851</b>	<b>395 404</b>	<b>10 000</b>	<b>62</b>	<b>40</b>

Un'ulteriore analisi ha preso in esame la distribuzione dei punti di bosco di neoformazione per Comunità di Valle, così come risultanti dallo studio Neoboschi1 per il periodo 1973-99, in termini di percentuale di fotopunti classificati come neoformazione rispetto al totale delle SSUs osservate in ciascuna Comunità. Anche in questo caso i valori sono molto diversificati, come evidenziato dalla tabella 2, in cui in colore sono indicate le Comunità che presentano una maggiore intensità del fenomeno dell'espansione della superficie forestale. Alcune di esse (Cembra e Alta Valsugana), inoltre, sono anche tra quelle caratterizzate da un'intensità di campionamento inferiore alla media provinciale, e per le quali è necessario selezionare nuove PSUs e SSUs.



Tabella 2 – Fotopunti (unità secondarie di campionamento, SSUs) dello studio Neoboschi1 classificati secondo la presenza di bosco di neoformazione 1973-99 (NB=0 assenza, NB=1 presenza): numero e percentuale sul totale delle SSUs classificate, per Comunità di Valle (CdV).

CdV	SSUs	NB=0	NB=1	NB=1/SSUs (%)	Superficie territoriale per SSU (ha)
ALTA VALSUGANA	360	328	32	8.9%	100
ALTO GARDA E LEDRO	487	477	10	2.1%	73
ALTOPIANO DI FOLGARIA, LAVARONE E LUSERNA	324	303	21	6.5%	33
BASSA VALSUGANA	811	762	49	6.0%	71
CEMBRA	15	12	3	20.0%	902
GIUDICARIE	2 722	2662	58	2.1%	43
LADINO DI FASSA	358	354	4	1.1%	89
PAGANELLA	216	206	10	4.6%	45
PRIMIERO	322	313	9	2.8%	128
ROTALIANA	151	150	1	0.7%	24
VAL D'ADIGE	298	287	11	3.7%	68
VAL DI NON	459	448	11	2.4%	64
VAL DI SOLE	1 308	1268	40	3.1%	130
VALLAGARINA	1 183	1134	49	4.1%	47
VALLE DEI LAGHI	277	261	16	5.8%	53
VALLE DI FIEMME	709	697	12	1.7%	50
<b>totali</b>	<b>10 000</b>	<b>9 662</b>	<b>336</b>	<b>3.4%</b>	<b>62</b>

La figura 1 illustra la distribuzione delle PSUs estratte complessivamente per i due studi. In rosso sono indicati i quadranti selezionati per lo studio Neoboschi1, in giallo le nuove PSUs incluse per Neoboschi2. Le PSUs di colore arancione sono state estratte due volte, mentre quella di colore verde tre volte.

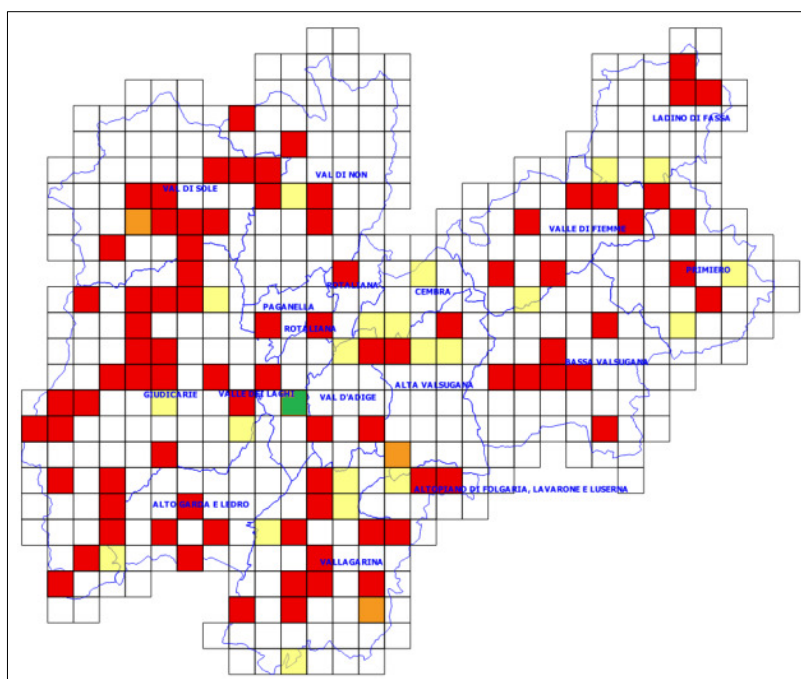


Figura 1 – Distribuzione delle unità di campionamento di primo stadio (PSUs) in Neoboschi 1 e 2.

In tabella 3 è riportato il numero complessivo di PSUs utilizzate per lo studio Neoboschi2 per Comunità di Valle e la relativa intensità di campionamento, espressa in termini di superficie territoriale e superficie forestale rappresentata per SSUs.

Tabella 3 – Fotopunti (unità secondarie di campionamento, SSUs) dello studio Neoboschi2 e superficie territoriale e forestale rappresentata, per Comunità di Valle (CdV).

CdV	Superficie territoriale (ha)	Bosco USR (ha)	SSUs	Superficie territoriale per SSU (ha)	Superficie bosco USR per SSU (ha)
ALTA VALSUGANA	36 013	25 430	681	53	37
ALTO GARDA E LEDRO	35 330	25 492	538	66	47
ALTOPIANO DI FOLGARIA, LAVARONE E LUSERNA	10 611	8 101	393	27	21
BASSA VALSUGANA	57 935	39 052	838	69	47
CEMBRA	13 534	11 354	276	49	41
GIUDICARIE	117 520	69 191	3 076	38	22
LADINO DI FASSA	31 785	16 061	534	60	30
PAGANELLA	9 785	6 119	216	45	28
PRIMIERO	41 340	27 039	528	78	51
ROITALIANA	9 440	4 256	165	92	52
VAL D'ADIGE	18 978	11 146	417	46	27
VAL DI NON	59 713	39 658	559	107	71
VAL DI SOLE	61 158	28 934	1 408	43	21
VALLAGARINA	62 277	44 311	1 692	37	26
VALLE DEI LAGHI	13 962	9 941	379	37	26

VALLE DI FIEMME	41 470	29 319	800	52	37
<b>totali</b>	<b>620 851</b>	<b>395 404</b>	<b>12 500</b>	<b>50</b>	<b>32</b>

### 2.3. Classificazione dell'uso/copertura del suolo e individuazione delle neoformazioni boscate

L'attività svolta per Neoboschi1 consisteva nel confronto tra l'uso del suolo in due diverse epoche, il 1973 e il 1999, in corrispondenza dei fotopunti (SSUs) estratti come sopra descritto.

Per la classificazione dei punti tramite fotointerpretazione erano stati utilizzati i fotogrammi in bianco e nero precedentemente georeferenziati e ortorettificati dall'ITC-IRST di Povo (TN) derivanti dal volo 1973 e l'ortofoto a colori IT2000 messa a disposizione dalla Provincia.

La definizione di bosco utilizzata in Neoboschi1, riportata nel documento di progetto, prevedeva le seguenti soglie di copertura ed estensione: copertura minima 20%, estensione minima 1 000 m<sup>2</sup>, larghezza minima 10 m, altezza minima della vegetazione 2 m. Ai sensi della L.P. n. 11 del 2007 la nuova definizione di bosco prevede invece le seguenti soglie: copertura minima 20%, estensione minima 2 000 m<sup>2</sup>, larghezza minima 20 m, altezza minima della vegetazione 2 m. Le due definizioni sono riportate per un confronto in tabella 4.

Tabella 4 – Definizione di bosco applicata negli studi Neoboschi 1 e 2.

DEFINIZIONE DI BOSCO	ESTENSIONE	COPERTURA	ALTEZZA VEGETAZIONE	LARGHEZZA
Studio Neoboschi1 (2004-2005)	1 000 m <sup>2</sup> ma un'apertura nel bosco <2000 m <sup>2</sup> non interrompe la copertura	20%	2 m	10 m
Studio Neoboschi2 (2015)	2 000 m <sup>2</sup>	20%	2 m	20 m

Attraverso la sovrapposizione su GIS del primo campione di punti Neoboschi1 e della nuova carta dell'uso del suolo forestale (USR) è stato individuato un sottoinsieme di punti di campionamento da rivedere a video; si tratta di punti caratterizzati da una classificazione, derivante dalla carta dell'uso del suolo reale, diversa da quella presente nell'archivio. In particolare, gli strati informativi messi a confronto sono stati quelli derivanti dalla classificazione al 1973 (BOSCO\_73) e al 1999 (BOSCO\_99), entrambe prodotte per fotointerpretazione a video nel corso dello studio Neoboschi1, e la cartografia USR. Gli esiti del confronto sono riportati nella tabella 5.

Tabella 5 – Risultati del confronto tra le classificazioni Neoboschi 1 nelle due epoche (BOSCO\_73 e BOSCO\_99) e la carta di uso del suolo forestale (USR) (0=non bosco, 1=bosco; \*espansione del bosco, \*\* conversione del bosco ad altri usi).

BOSCO_73	BOSCO_99	BOSCO_USR	N° PUNTI
0	0	0	3 067
0	0	1	399*
0	1	0	47
0	1	1	289*
1	0	0	41
1	0	1	7
1	1	0	282**
1	1	1	5 868
<b>Totale punti</b>			<b>10 000</b>
<b>Totale punti da verificare</b>			<b>1 065</b>

In totale sono stati individuati 1 065 punti di campionamento (su 10 000 dell'indagine 2004-2005) che risultavano avere una classificazione non concorde alle tre date di riferimento. Tali punti sono stati riclassificati a video sia per inserire anche sul campione di SSUs dello studio Neoboschi1 la classificazione del 2011, in modo da individuare eventuali cambiamenti di uso copertura (da non bosco a bosco e viceversa) intercorsi tra il 1999 e il 2011, sia per verificare la causa delle differenze tra le classificazioni di Neoboschi1 e la carta di uso del suolo reale. L'analisi è stata eseguita per verificare, in particolare, se si trattava di punti interessati da reale espansione del bosco (nel caso dei gruppi \*) o da conversione del bosco ad altri usi (gruppo \*\*) oppure se le differenze erano dovute alla diversa procedura di classificazione, alla mutata definizione di bosco o ad altre cause connesse agli errori geometrici delle diverse mappe e ortofoto. La distribuzione per Comunità di Valle delle SSUs (punti) del campione Neoboschi1 riclassificati e aggiornati al 2011 attraverso fotointerpretazione nel corso dello studio Neoboschi2 è riportata in tabella 6.

A conclusione della fotointerpretazione di controllo è stata corretta la classificazione per la diversa definizione di bosco in 103 casi, 65 per il 1973 e 38 per il 1999. In seguito alla correzione sono stati riclassificati come bosco 63 punti per il 1973 e 37 punti per il 1999, mentre come non bosco 2 punti per il 1973 e 1 punto per il 1999.

Tabella 6 – Numero di fotopunti (unità secondarie di campionamento, SSUs) dello studio Neoboschi1 riclassificati a video nello studio Neoboschi2, per Comunità di Valle (CdV).

CdV	SSUs	SSUs controllate (n)	SSUs controllate (%)
ALTA VALSUGANA	360	60	17%
ALTO GARDA E LEDRO	487	35	7%
ALTOPIANO DI FOLGARIA, LAVARONE E LUSERNA	324	45	14%
BASSA VALSUGANA	811	97	12%
CEMBRA	15	4	27%

GIUDICARIE	2 722	287	11%
LADINO DI FASSA	358	47	13%
PAGANELLA	216	24	11%
PRIMIERO	322	35	11%
ROTALIANA	151	22	15%
VAL D'ADIGE	298	27	9%
VAL DI NON	459	47	10%
VAL DI SOLE	1 308	108	8%
VALLAGARINA	1 183	139	12%
VALLE DEI LAGHI	277	36	13%
VALLE DI FIEMME	709	52	7%
<b>totali</b>	<b>10 000</b>	<b>1 065</b>	<b>11%</b>

Le nuove 2 500 PSUs sono state quindi classificate a video per l'appartenenza o meno alla superficie boscata, alle tre date di riferimento (1973, 1999, 2011).

I dati raccolti e archiviati per l'insieme dei 12 500 fotopunti indagati dallo studio Neoboschi2 (cfr. tab. 3) riguardano i seguenti caratteri:

- presenza di bosco nel 1973;
- presenza di bosco nel 1999;
- presenza di bosco nel 2011;
- uso del suolo nel 1973 (solo in caso di variazione);
- uso del suolo nel 1999 (solo in caso di variazione);
- uso del suolo nel 2011 (solo in caso di variazione).

Per la classificazione è stata adottata la nuova definizione di bosco (L.P. n. 11 del 2007) per tutte e tre le date di riferimento.

Le figure 2, 3, 4, 5 e 6 riportano alcuni esempi delle diverse situazioni riscontrate in sede di fotointerpretazione.



Figura 2 - Esempio di neoformazione insediatasi tra il 1973 e il 1999, presente nel 2011.

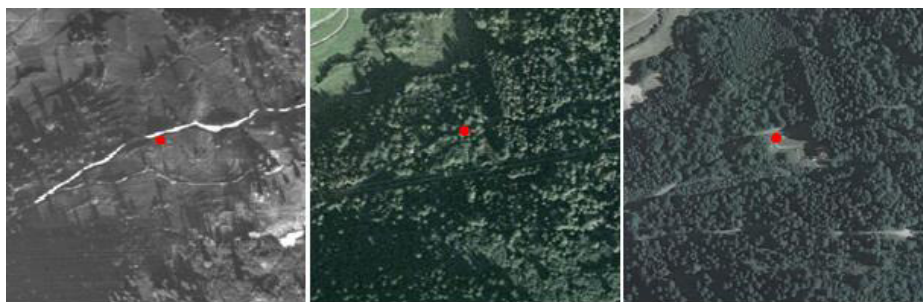


Figura 3 - Esempio di neoformazione insediatasi tra il 1973 e il 1999, non più presente nel 2011.



Figura 4 - Esempio di neoformazione insediatasi tra il 1999 e il 2011.



Figura 5 - Esempio di cambio d'uso da bosco a non bosco avvenuto tra il 1973 e il 1999, seguito da ricostituzione del bosco nel 2011.



Figura 6 - Esempio di cambio d'uso da bosco a non bosco avvenuto tra il 1973 e il 1999, confermato nel 2011.

## 2.4. Calcolo delle stime di superficie

Per la stima della superficie dei boschi di neoformazione occorre tenere in considerazione la probabilità di inclusione di ciascuna unità di campionamento osservata, da cui deriva il relativo peso statistico. Nel primo stadio di campionamento la probabilità di estrazione dei singoli quadranti (PSUs) è proporzionale al rapporto

$$P_i = \frac{X_i}{X} \quad [1]$$

con  $i = 1, \dots, 472$ ,

$X_i$  pari alla misura in metri della lunghezza dei margini nel quadrante  $i$ -esimo, e

$X = \sum_{i=1}^N X_i$  è la somma delle lunghezze dei margini nei  $N=472$  quadranti.

La frequenza attesa di inclusione per le unità di secondo stadio (SSUs) è pari a  $m_i/M_i$ , con  $m_i=100$  (numero delle SSUs per quadrante, ciascuna di estensione pari a quella di un pixel, posto per convenzione uguale a  $1 \text{ m}^2$ ) e  $M_i$  pari alla superficie territoriale inclusa nel quadrante  $i$ -esimo, espressa in  $\text{m}^2$ ; tale valore è pari a 16 000 000 per quasi tutti i quadranti, esclusi quelli posti sul confine provinciale, per i quali la superficie inclusa è inferiore.

La superficie dei boschi di neoformazione  $\hat{Y}_{tot}$  è data dallo stimatore

$$\hat{Y}_{tot} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad [2]$$

dove

$$T_i = \sum_{j=1}^{m_i} \frac{y_{ij}}{p_i \left( \frac{m_i}{M_i} \right)} \quad [3]$$

con

$i=1, \dots, n$  (indice della PSU estratta,  $n=125$ ),

$j=1, \dots, m_i$  (indice della SSUs nell' $i$ -esima PSU,  $m_i=100$ ),

$p_i = \frac{X_i}{X}$  (probabilità di estrazione dell' $i$ -esima PSU).

$Y_{ij}$  assume valore 1 in presenza di bosco di neoformazione, 0 altrimenti.

Poiché un numero limitato di quadranti, tutti posti sul margine del territorio provinciale, presentano una lunghezza dei margini pari a 0 e conseguentemente una probabilità di inclusione nel campione pari a 0, lo stimatore [2] va corretto moltiplicandolo per un fattore pari al rapporto tra la superficie territoriale provinciale e la stima che si ottiene dalla [2] ipotizzando di osservare tutta la popolazione ( $N=620\,851$  fotopunti).

Oltre che per stimare la superficie dei boschi di neoformazione, lo stimatore [2] viene utilizzato per la stima della superficie di ogni altra categoria in cui siano state classificate le SSUs, ad esempio la

superficie dei boschi di neoformazione in una determinata Comunità di Valle o in una determinata fascia di quota.

Infine, per la stima della varianza della stima di superficie ottenuta dalla [2] si applica lo stimatore

$$v(\hat{Y}_{tot}) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (T_i - \hat{Y}_{tot})^2 \quad [4]$$

L'errore standard percentuale di stima è pari a

$$ES\% = 100 \times \frac{\sqrt{v(\hat{Y}_{tot})}}{\hat{Y}_{tot}} \quad [5]$$

Mentre i limiti inferiore e superiore dell'intervallo di confidenza delle stime, al 95% di probabilità, si ottiene aggiungendo o sottraendo a  $\hat{Y}_{tot}$  una quantità pari a 1.96 volte la devianza ( $\sqrt{v(\hat{Y}_{tot})}$ ).

### 3. Risultati

#### 3.1. Estensione e distribuzione dei boschi di neoformazione

Secondo la stima prodotta con il presente studio, l'espansione della superficie del bosco nel periodo 1999-2011 riguarda una superficie pari a 2 797 ha, corrispondente a circa lo 0.5% della superficie territoriale. . La tabella 7 mostra le stime di superficie delle neoformazioni boscate per le diverse Comunità di Valle. A causa dell'esiguità del fenomeno, l'errore campionario è elevato, soprattutto a livello di Comunità. Nonostante questo limite, si può osservare una certa variabilità del fenomeno, che è più evidente nelle Comunità Altopiano di Folgaria, Lavarone e Luserna e Bassa Valsugana. In alcune Comunità, inoltre, la presenza di neoformazioni boscate non è stata osservata in corrispondenza di alcun fotopunto (stima superficie = 0).

Il numero di punti classificati come nuovi boschi (59) è risultato di poco inferiore al numero di punti interessati dalla trasformazione inversa, ovvero da bosco a non bosco (61). Per effetto dell'applicazione dello stimatore [2], la superficie che passa da bosco ad altra forma di uso/copertura nella provincia viene stimata pari a 2 700 ha, con un ES% del 13.09%.

Utilizzando i dati ottenuti per riclassificazione dei fotopunti, in base alla definizione di bosco aggiornata, è stato possibile stimare la superficie delle neoformazioni nel periodo 1973-1999 , già oggetto dello studio Neoboschi1, e nel periodo complessivo 1973-2011. Per gli stessi periodi è stato possibile stimare anche la superficie interessata dalla trasformazione in altra forma di uso/copertura di aree boscate. A livello provinciale, per il periodo 1973-1999 la superficie stimata per i boschi di neoformazione risulta pari a 19 878 ha, mentre il fenomeno inverso ha riguardato 2 892 ha. Per il periodo 1973-2011, invece, la superficie interessata da espansione del bosco risulta pari a 21 875 ha, mentre il fenomeno inverso ha riguardato 4 663 ha. La tabella 8 mostra le stime di superficie e i relativi tassi annui osservati relativi al fenomeno di espansione del bosco e al fenomeno inverso di trasformazione del bosco in altro uso/copertura nei tre periodi di



osservazione. I risultati evidenziano un rallentamento del fenomeno di espansione del bosco. Il tasso annuo di espansione per il periodo 1999-2011 è risultato, infatti, inferiore a 0.05%, meno della metà del tasso annuo osservato nel periodo 1973-1999, pari a 0.12%.

Tabella 7 – Stima della superficie dei boschi di neoformazione insediatasi nel periodo 1999-2011 e relativo errore campionario, per Comunità di Valle.

Boschi di neoformazione							
CdV	Superficie territoriale (ha)	numero SSUs	Superficie (ha)	Superfici e (ES%)	Lim.inf. 95%	Lim.sup. 95%	% superficie territoriale
ALTA VALSUGANA	36 013	0	0	0.0%	0	0	0.0%
ALTO GARDA E LEDRO	35 330	1	87	80.0%	-49	223	0.2%
ALTOPIANO DI FOLGARIA, LAVARONE E LUSERNA	10 611	6	214	44.5%	27	400	2.0%
BASSA VALSUGANA	57 935	7	488	42.3%	84	892	0.8%
CEMBRA	13 534	1	76	80.0%	-43	195	0.6%
GIUDICARIE	117 520	17	730	31.1%	285	1 175	0.6%
LADINO DI FASSA	31 785	2	107	56.5%	-12	225	0.3%
PAGANELLA	9 785	1	34	80.0%	-19	87	0.3%
PRIMIERO	41 340	2	106	80.0%	-60	273	0.3%
ROTALIANA	9 440	0	0	0.0%	0	0	0.0%
VAL D'ADIGE	18 978	0	0	0.0%	0	0	0.0%
VAL DI NON	59 713	5	288	49.7%	8	569	0.5%
VAL DI SOLE	61 158	3	162	57.9%	-22	346	0.3%
VALLAGARINA	62 277	11	380	28.0%	172	589	0.6%
VALLE DEI LAGHI	13 962	0	0	0.0%	0	0	0.0%
VALLE DI FIEMME	41 470	3	124	56.8%	-14	263	0.3%
<b>Totali</b>	<b>620 851</b>	<b>59</b>	<b>2 797</b>	<b>13.2%</b>	<b>2 073</b>	<b>3 521</b>	<b>0.5%</b>

Tabella 8 – Stima della superficie totale e annua dei boschi di neoformazione, della trasformazione del bosco in altro uso/copertura nei tre periodi 1973-1999, 1999-2011 e 1973-2011.

perio do	espansione del bosco				trasformazione del bosco in altro uso/copertura			
	superficie (ha)	% superficie territoriale	superficie annua (ha)	tasso annuo	superficie (ha)	% superficie territoriale	superficie annua (ha)	tasso annuo
<b>73-99</b>	19 878	3.20%	765	0.12%	2 892	0.47%	111	0.02%
<b>99-11</b>	2 797	0.45%	233	0.04%	2 700	0.43%	225	0.04%
<b>73-11</b>	21 875	3.52%	576	0.09%	4 663	0.75%	123	0.02%

La figura 7 illustra il bilancio tra espansione del bosco e trasformazione da bosco ad altro uso/copertura nelle diverse Comunità di Valle per i tre periodi di osservazione. Nell'analisi dei dati presentati occorre prestare una certa prudenza nella valutazione, a causa degli errori campionari elevati a livello di Comunità, in particolare per il periodo 1999-2011.

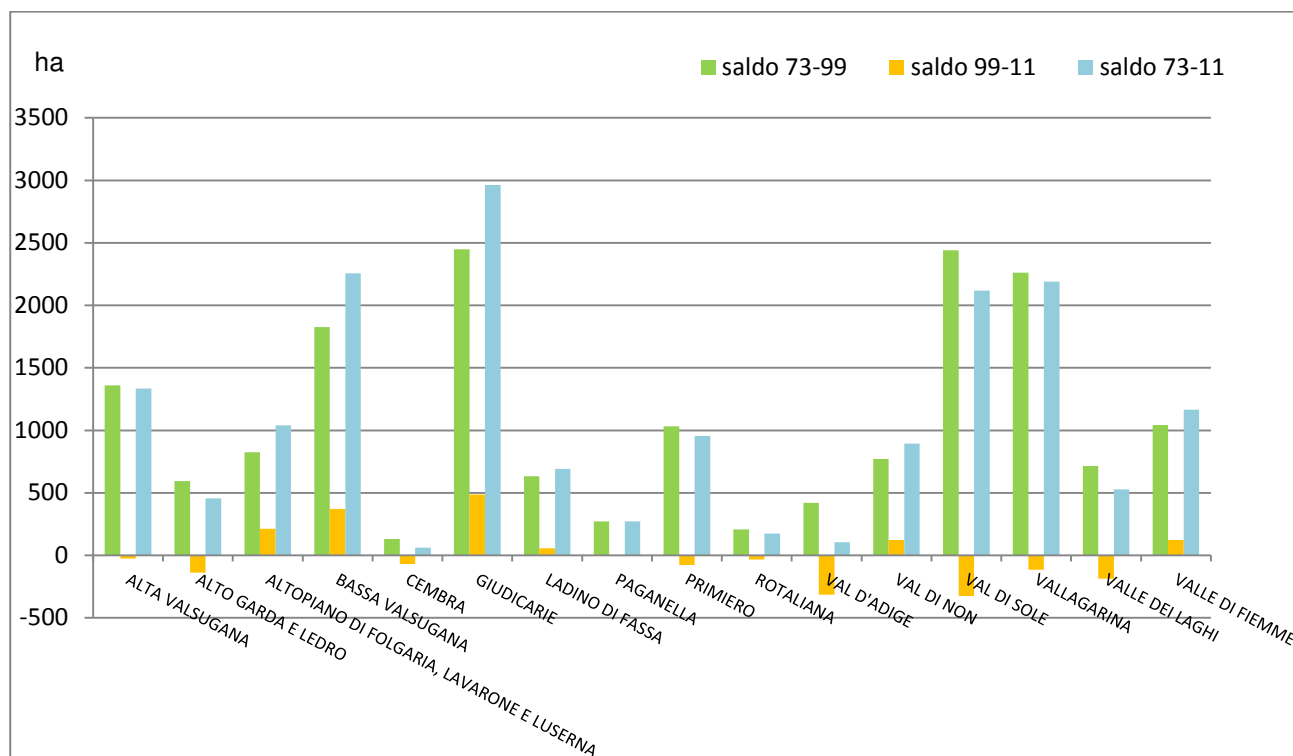


Figura 7 – Saldo tra espansione del bosco e trasformazione del bosco in altro uso/copertura (in ha) nei tre periodi 1973-1999, 1999-2011 e 1973-2011, per Comunità di Valle (saldo = superficie bosco di neoformazione – superficie bosco trasformato in altro uso/copertura, in ettari).

La tabella 9 riporta le stime di estensione delle neoformazioni boscate insediatesi nel periodo complessivo 1973-2011 e ancora presenti al 2011 come risulta dall'ortofoto più recente osservata.

Tabella 9 – Stima della superficie dei boschi di neoformazione insediatesi nel periodo 1973-2011 e ancora presenti nel 2011 e relativo errore campionario, per Comunità di Valle.

CdV	Superficie territoriale (ha)	Boschi di neoformazione 1973-2011 (ha)	Boschi di neoformazione 1973-2011 (ES%)	Boschi di neoformazione 1973-2011 (% sup.terr.)
ALTA VALSUGANA	36 013	1 502	35.08%	4.17%
ALTO GARDA E LEDRO	35 330	682	39.86%	1.93%
ALTOPIANO DI FOLGARIA, LAVARONE E LUSERNA	10 611	1 040	37.07%	9.80%
BASSA VALSUGANA	57 935	2 470	28.93%	4.26%
CEMBRA	13 534	646	57.64%	4.77%
GIUDICARIE	117 520	3 726	18.86%	3.17%
LADINO DI FASSA	31 785	787	43.08%	2.48%
PAGANELLA	9 785	376	54.50%	3.84%
PRIMIERO	41 340	1 099	44.49%	2.66%
ROTALIANA	9 440	208	80.02%	2.20%
VAL D'ADIGE	18 978	556	50.64%	2.93%

VAL DI NON	59 713	1 459	40.39%	2.44%
VAL DI SOLE	61 158	2 550	25.26%	4.17%
VALLAGARINA	62 277	2 879	23.15%	4.62%
VALLE DEI LAGHI	13 962	639	38.69%	4.58%
VALLE DI FIEMME	41 470	1 257	30.16%	3.03%
<b>Totali</b>	<b>620 851</b>	<b>21 875</b>	<b>6.19%</b>	<b>3.52%</b>

### 3.2. I cambiamenti di uso del suolo

La classificazione dell'uso del suolo prima e dopo i cambiamenti osservati in corrispondenza dei fotopunti selezionati consentono di avere un quadro dell'evoluzione dell'uso del suolo nelle diverse Comunità di Valle. Le figure 8 e 9 presentano la distribuzione percentuale dei fotopunti classificati come boschi di neoformazione rispettivamente nei periodi 1973-99 (secondo la nuova classificazione di Neoboschi<sup>2</sup>) e 1999-2011. Si può osservare che la maggior parte delle neoformazioni si sono insediate in aree prima occupate da praterie, pascoli e incolti e su coltivi abbandonati.

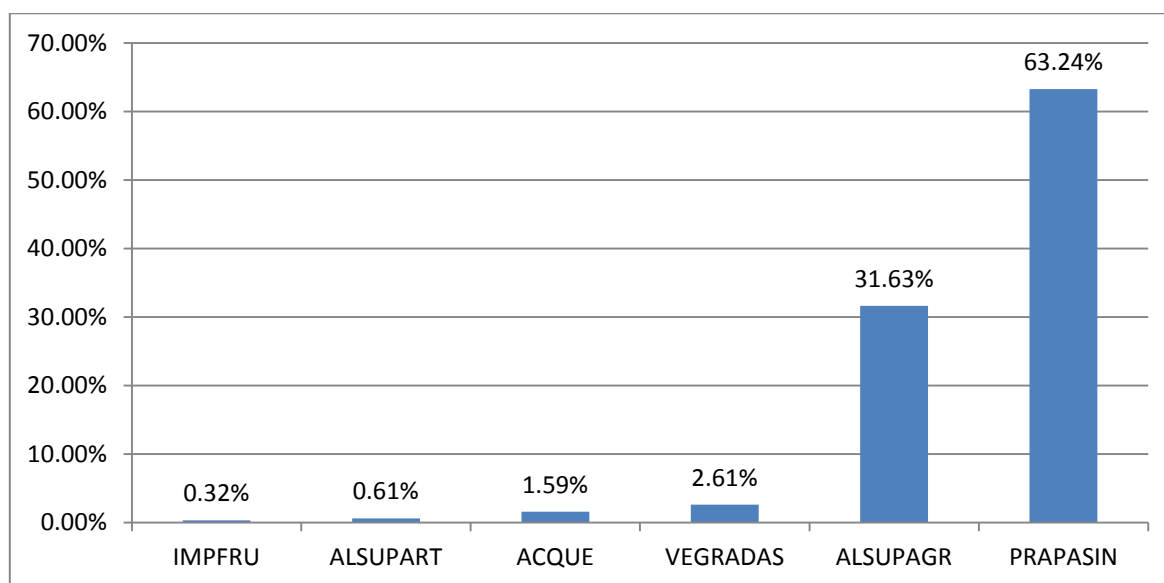


Figura 8 – Distribuzione percentuale dei boschi di neoformazione osservati nel periodo 1973-99, ripartiti secondo l'uso/copertura del suolo precedente (ALSUPART= superfici artificiali, ALSUPAGR= superfici agricole, IMPFRU= frutteti e vigneti, PRAPASIN= praterie, pascoli e incolti, VEGRADAS= zone con vegetazione rada o assente (rocce, macereti, greti di fiumi e torrenti, neve perenne), ACQUE= acque interne, UMIDE= aree umide).

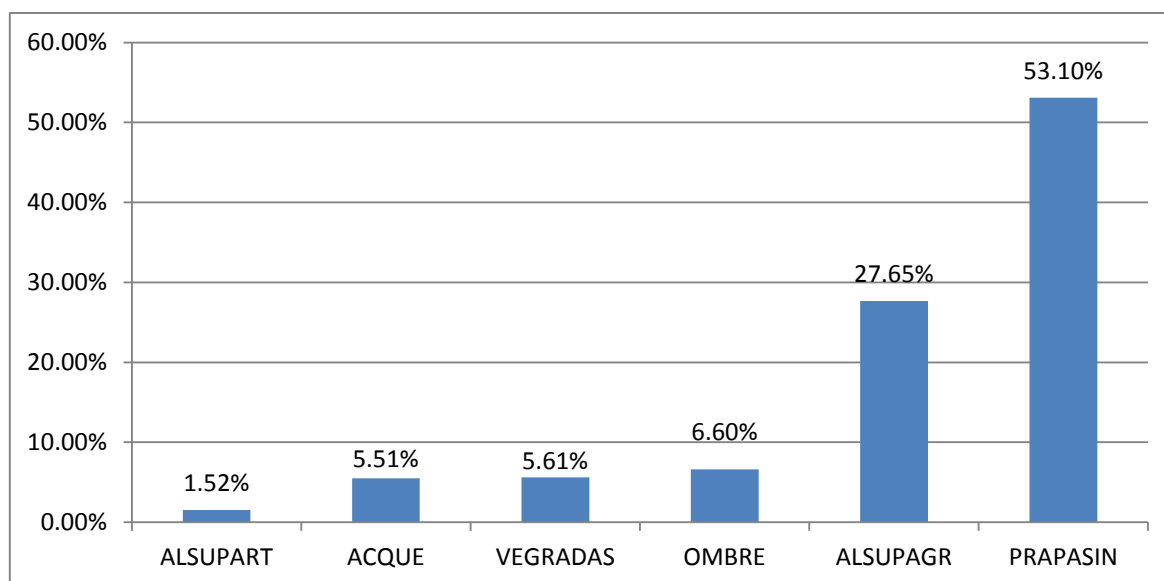


Figura 9 – Distribuzione percentuale dei boschi di neoformazione osservati nel periodo 1999-2011, ripartiti secondo l'uso/copertura del suolo precedente (ALSUPART= superfici artificiali, ALSUPAGR= superfici agricole, IMPFRU= frutteti e vigneti, PRAPASIN= praterie, pascoli e incolti, VEGRADAS= zone con vegetazione rada o assente (rocce, macereti, greti di fiumi e torrenti, neve perenne), ACQUE= acque interne, UMIDE= aree umide, OMBRE=aree non classificabili a causa della presenza di ombre).

Le figure 10 e 11 illustrano il fenomeno inverso, la trasformazione del bosco in altre forme di uso/copertura, in relazione al nuovo uso.

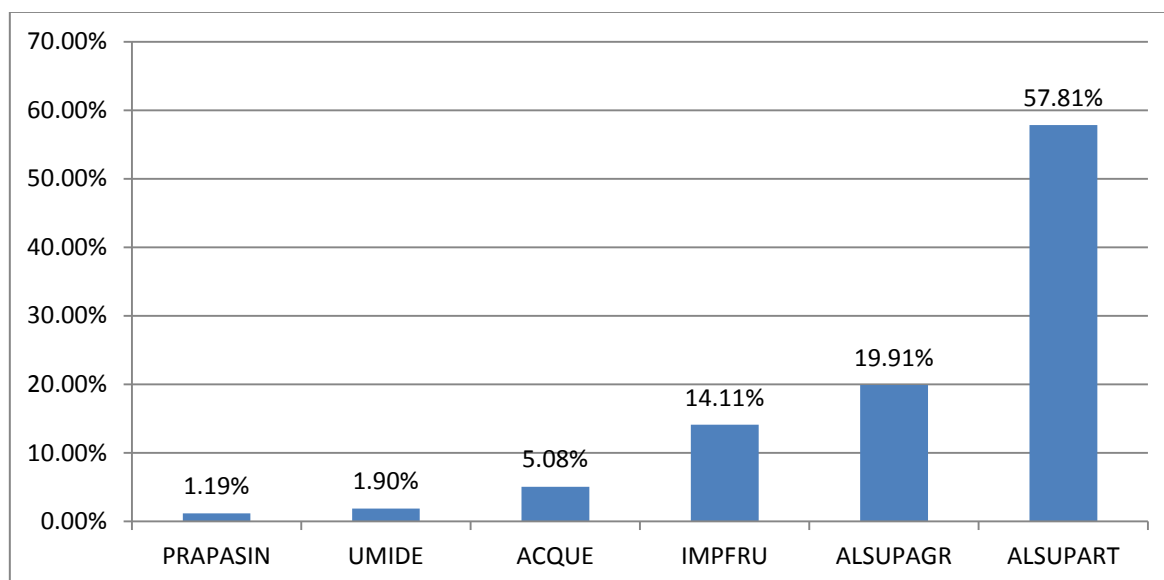


Figura 10 – Distribuzione percentuale dei boschi convertiti in altro uso/copertura nel periodo 1973-99, ripartiti secondo il nuovo uso/copertura del suolo (ALSUPART= superfici artificiali, ALSUPAGR= superfici agricole, IMPFRU= frutteti e vigneti, PRAPASIN= praterie, pascoli e incolti, VEGRADAS= zone con vegetazione rada o assente (rocce, macereti, greti di fiumi e torrenti, neve perenne), ACQUE= acque interne, UMIDE= aree umide).

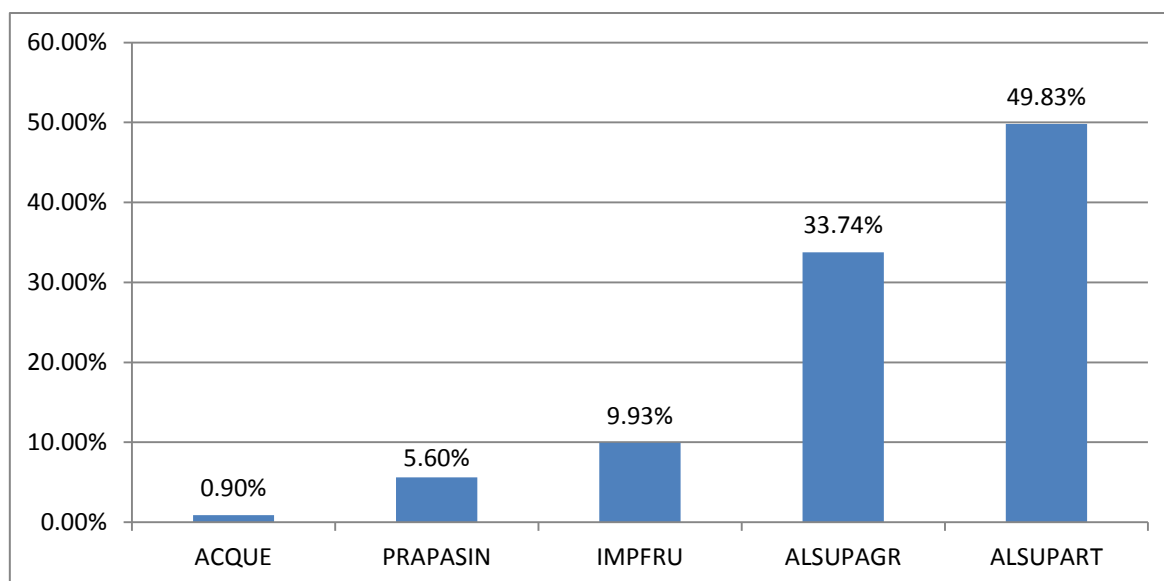


Figura 11 – Distribuzione percentuale dei boschi convertiti in altro uso/copertura nel periodo 1999-2011, ripartiti secondo il nuovo uso/copertura del suolo (ALSUPART= superfici artificiali, ALSUPAGR= superfici agricole, IMPFRU= frutteti e vigneti, PRAPASIN= praterie, pascoli e incolti, VEGRADAS= zone con vegetazione rada o assente (rocce, macereti, greti di fiumi e torrenti, neve perenne), ACQUE= acque interne, UMIDE= aree umide).

In relazione a quest'ultimo aspetto, si può osservare che la trasformazione delle aree boscate in altro uso-copertura è avvenuta principalmente a vantaggio delle aree artificiali in entrambi i periodi osservati, con un aumento delle trasformazioni nella direzione del recupero delle aree coltivate nell'ultimo periodo, 1999-2011. Relativamente al numero di fotopunti classificati come aree artificiali, nel 41% dei casi si tratta di ampliamento della rete stradale, seguono le aree urbane (22%), gli impianti e le piste da sci (19%), le zone estrattive o i cantieri (11%) e infine le aree industriali (7%).

### 3.3. I caratteri stagionali dei boschi di neoformazione

La caratterizzazione stagionale dei boschi di neoformazione è stata fatta attraverso l'elaborazione automatica del Modello Digitale del Terreno con passo a 10 metri (DTM) della Provincia di Trento. In particolare sono stati ricavati da DTM la quota, l'esposizione e la pendenza per i punti classificati come boschi di neoformazione nel periodo 1999-2011. I risultati dell'analisi in termini di distribuzione dei boschi di neoformazione per classi di quota, esposizione e pendenza sono illustrati rispettivamente dalle figure 12, 13 e 14.

Le figure 15 e 16 mostrano invece i dati standardizzati alla superficie territoriale dei boschi di neoformazione nelle diverse classi di quota e pendenza, per i tre periodi di osservazione (figure 15 e 16).

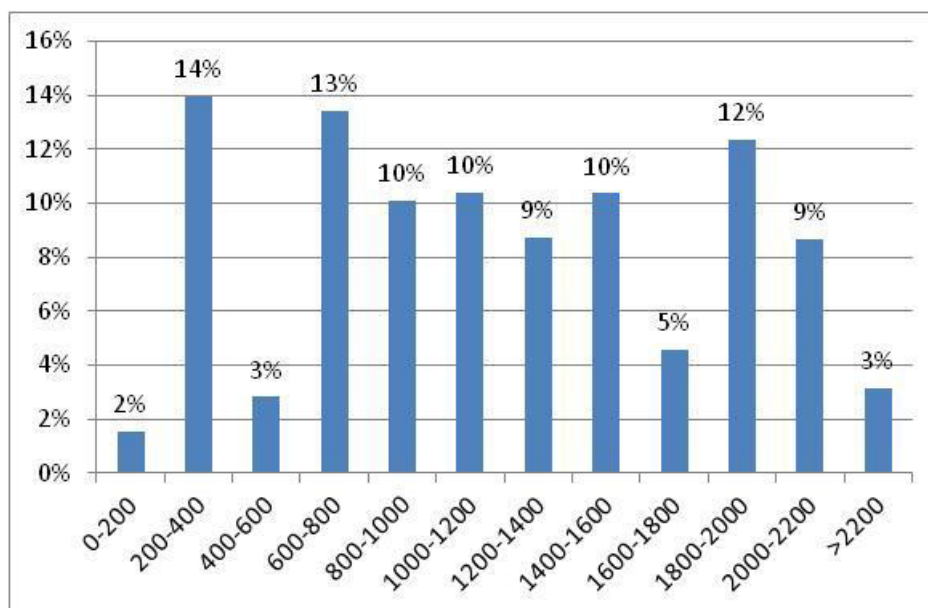


Figura 12 – Distribuzione percentuale dei boschi classificati come boschi di neoformazione nel periodo 1999-2011, per classi di quota.

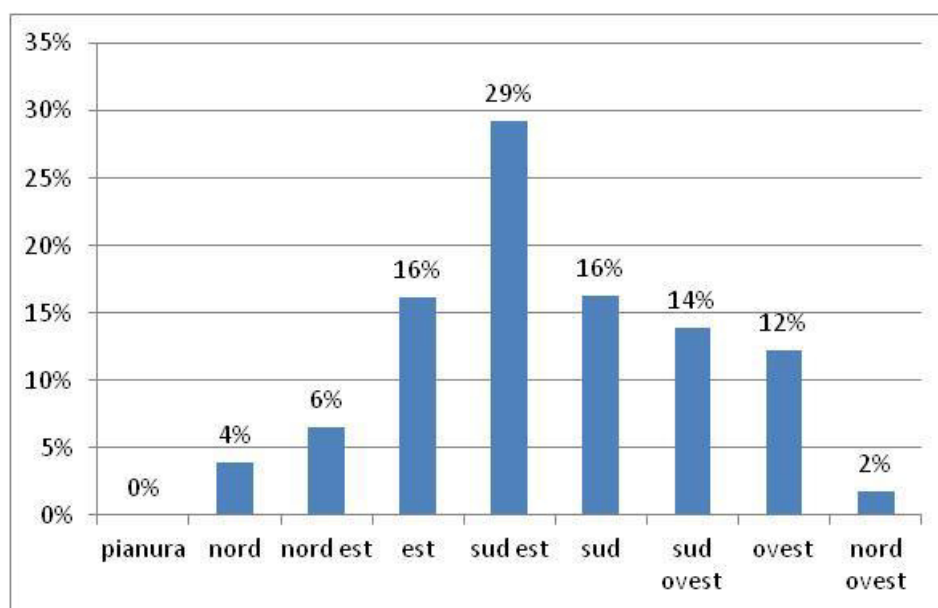


Figura 13 – Distribuzione percentuale dei boschi classificati come boschi di neoformazione nel periodo 1999-2011, per classi di esposizione.

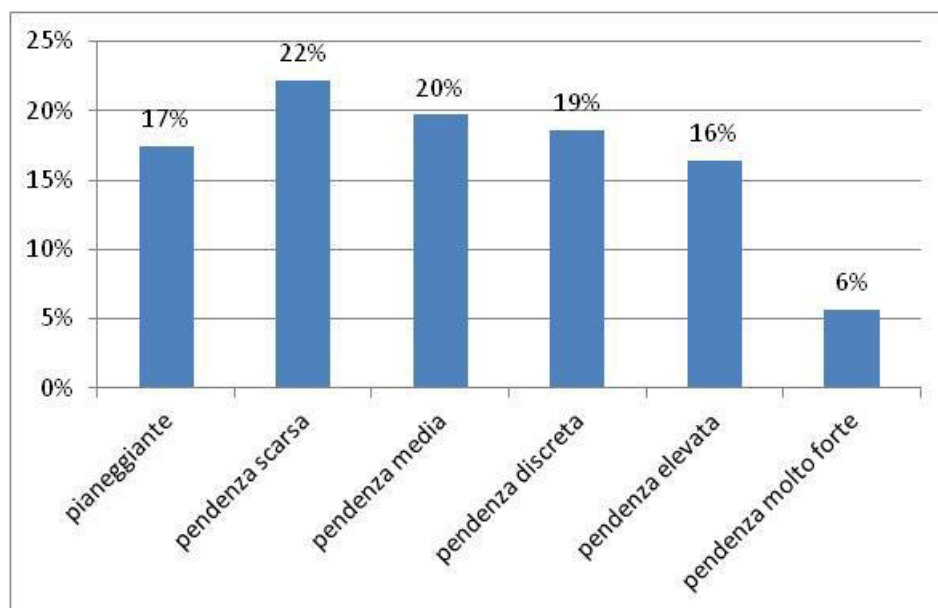


Figura 14 – Distribuzione percentuale dei boschi classificati come boschi di neoformazione nel periodo 1999-2011, per classi di pendenza.

Rispetto ai risultati dello studio precedente, la distribuzione dei boschi di neoformazione per classi di quota è molto più variabile, anche a causa del ridotto numero di casi osservati, in tutto 59, e non si nota una frequenza più elevata nelle classi intorno ai 1 000 m e ai 1 800 m come per Neoboschi1. Riguardo alla distribuzione per classi di esposizione e di pendenza, si conferma una maggiore frequenza del fenomeno nelle esposizioni meridionali e/o con pendenze scarse o medie.

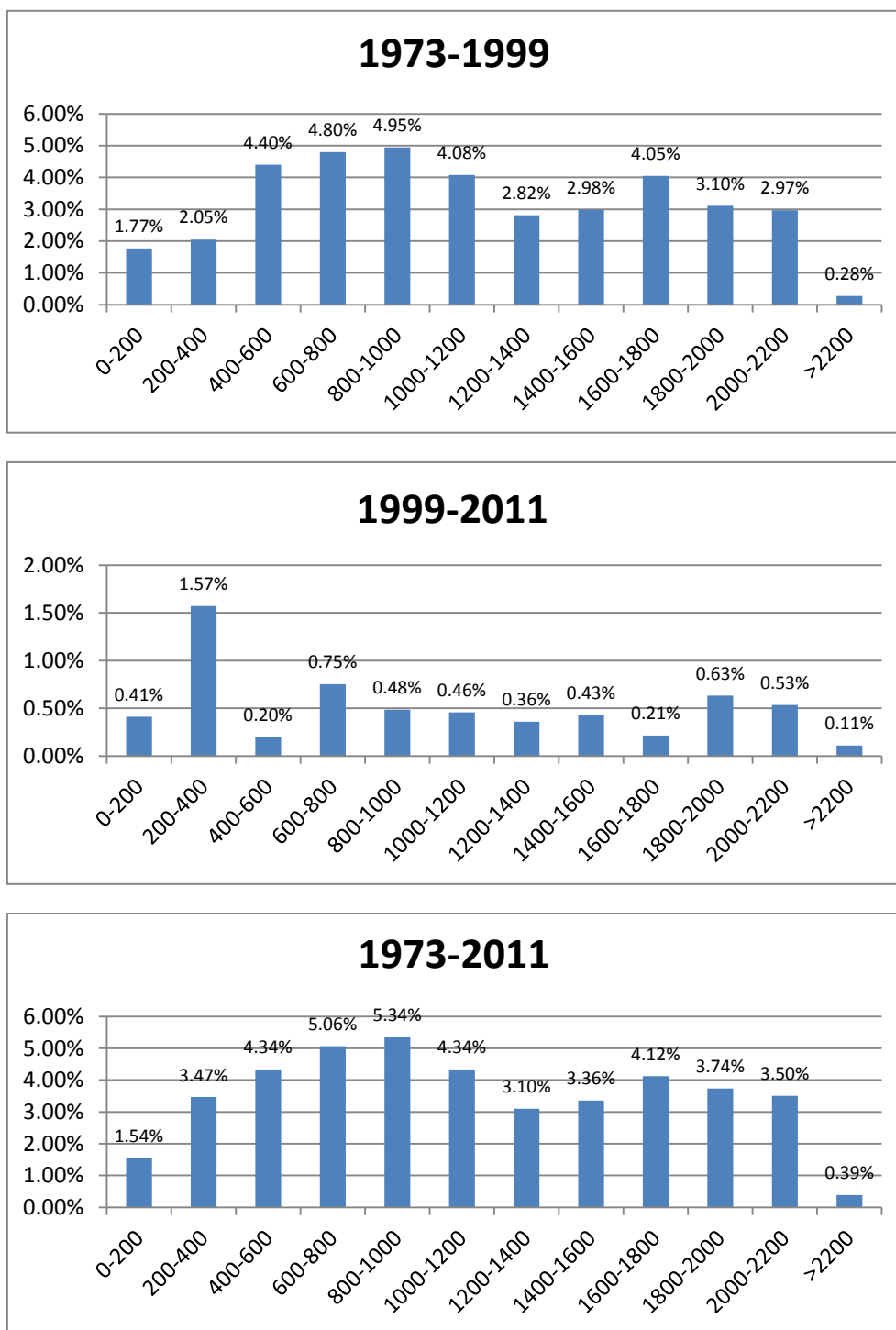


Figura 15 – Stima della percentuale di superficie di boschi di neoformazione nelle diverse classi di quota nei tre periodi di osservazione.



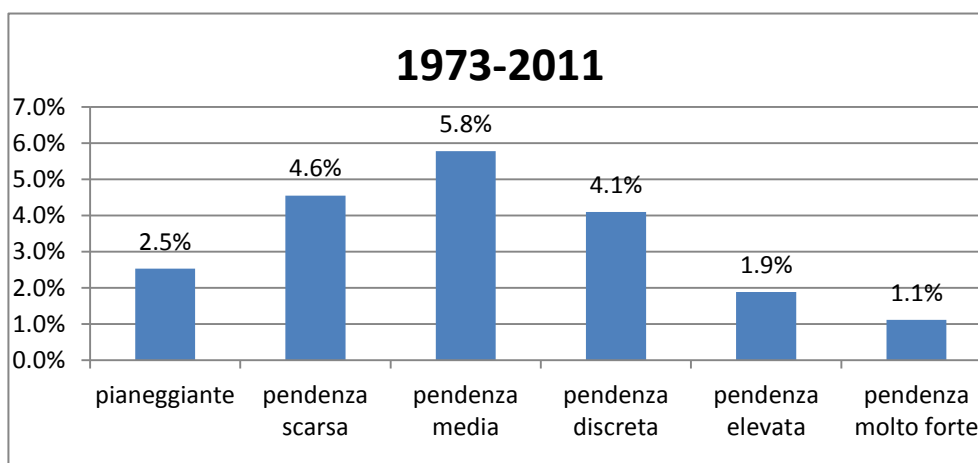
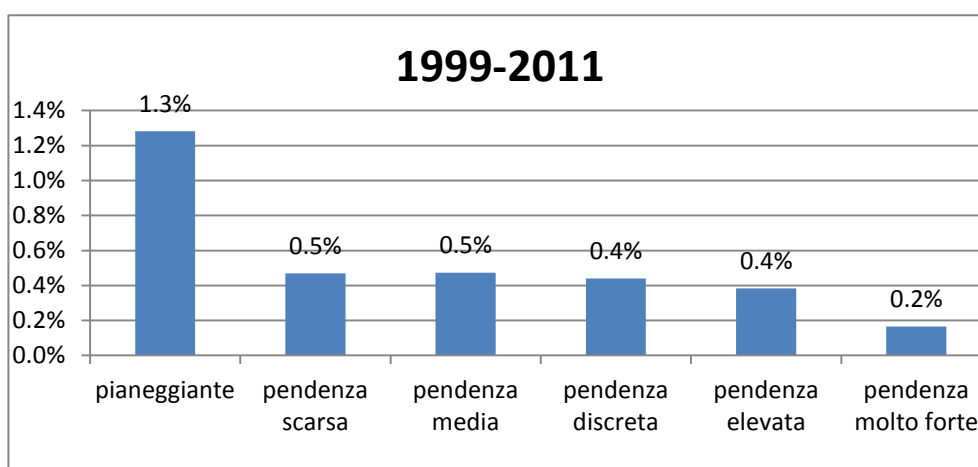
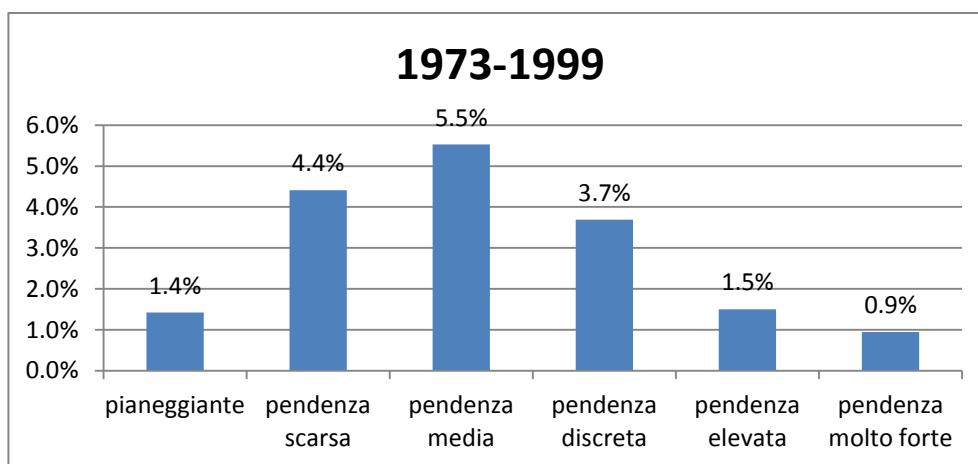


Figura 15 – Stima della percentuale di superficie di boschi di neoformazione nelle diverse classi di pendenza nei tre periodi di osservazione.

## 5. Conclusioni e proposte metodologiche per la pianificazione

L'invasione di ex coltivi o ex prati-pascoli da parte delle formazioni boschive determina notevoli modifiche ed alterazioni del paesaggio, con effetti talvolta negativi sulla diversità floristica e della fauna.

La gestione dei boschi di neoformazione può prevedere diverse tipologie di intervento:

- il ripristino di aree prative, pascolive o rurali;
- il mantenimento della libera evoluzione del bosco esistente;
- il miglioramento del bosco tramite interventi di sostituzione di specie.

La possibilità di seguire una linea di intervento piuttosto che un'altra dipende da numerosi fattori, occorre quindi valutare di volta in volta quali aree possono essere destinate al recupero di prati-pascoli o coltivi, quali possono essere lasciate all'evoluzione naturale e quali invece devono essere gestite con precisi interventi selvicolturali, allo scopo di favorire le specie più pregiate dal punto di vista paesaggistico e ambientale.

L'aggiornamento della classificazione al 2011 ha evidenziato un forte rallentamento del fenomeno dell'espansione naturale del bosco, che nel decennio appena trascorso è risultato di ampiezza pari alla perdita di aree forestali dovuta all'ampliamento degli insediamenti a scopi abitativi, produttivi e turistico-ricreativi (soprattutto piste da sci) e al recupero della coltivazione in alcune aree. La parte più consistente delle neoformazioni boscate, pertanto, rimane quella costituita dalle formazioni insediatesi nei decenni precedenti e indagate nello studio precedente, per il periodo 1973-1999. Quest'ultimo studio rimane quindi un riferimento importante in termini di caratterizzazione delle neoformazioni ai fini della gestione forestale, anche per le numerose informazioni quantitative raccolte con i rilievi in campo.

L'esiguità della superficie interessata dall'espansione del bosco sul territorio provinciale nel periodo più recente e la sua localizzazione in nuclei di piccole dimensioni sono fattori che ostacolano un'efficace e accurata mappatura del fenomeno stesso. L'individuazione dei poligoni interessati dalla colonizzazione spontanea del bosco attraverso strumenti di classificazione automatica e sovrapposizione di strati informativi mostra infatti molti limiti dovuti all'incidenza di errori di classificazione e geometrici. Pertanto un'eventuale mappatura, da suggerire esclusivamente a scala locale, per le aree maggiormente interessate dal fenomeno, richiede una verifica visiva da parte di operatori esperti e con una buona conoscenza del territorio.

Il presente studio ha fornito una quantificazione del fenomeno a livello di Comunità di Valle per entrambi i periodi di osservazione, individuando le aree in cui l'espansione del bosco è stata più intensa. Per tali aree, in sede di pianificazione montana, è possibile prevedere approfondimenti specifici, per localizzare e descrivere le neoformazioni boscate. La banca dati creata, con i 12,500 fotopunti classificati alle tre epoche, può costituire, insieme alla cartografia disponibile, un'utile informazioni di base.

## Riferimenti

De Natale F., Gasparini P., 2004 - Individuazione e analisi statistica della distribuzione e delle principali caratteristiche dei boschi di neoformazione. Relazione finale. ISAFSA. 61 pp.