

PINUS CEMBRA L. NEL SETTORE SUD-ALPINO LOMBARDO (ITALIA SETTENTRIONALE)

CARLO ANDREIS¹, STEFANO ARMIRAGLIO², MARCO CACCIANIGA³,
DAVIDE BORTOLAS¹, ALFREDO BROGLIA¹

Parole chiave – Pinus cembra, continentalità, Alpi meridionali.

Riassunto – È stata condotta un’indagine sulla distribuzione, la consistenza e la sociologia del pino cembro (*Pinus cembra* L.) nel settore Sud-Alpino lombardo (Alpi Orobie, Passo del Mortirolo, massiccio dell’Adamello, province di Bergamo, Brescia e Sondrio), al limite meridionale di distribuzione nelle Alpi centro-orientali. La ricerca si è articolata nella mappatura delle popolazioni di cembro, in uno studio sulla loro demografia e struttura e in una fase di rilevamento fitosociologico. E’ stata inoltre condotta un’indagine bioclimatica per valutare le potenzialità della specie, legata a climi continentali. I dati climatici e distributivi considerati hanno consentito di realizzare un modello di distribuzione in funzione della continentalità climatica.

La mappatura delle stazioni di *Pinus cembra* ha permesso di tracciare una distribuzione più ampia di quanto riportato in letteratura, soprattutto sul versante orobico settentrionale, con ritrovamenti di popolazioni non note in precedenza.

Lo studio demografico ha rivelato che le popolazioni sono stabili o con tendenza dinamica all’espansione, con una rilevante percentuale di individui giovani.

Le fitocenosi a *Pinus cembra* rilevate sono solo in parte (in particolare quelle del Passo del Mortirolo e dell’Adamello) simili a quelle centroalpine. Le stazioni più meridionali presentano aspetti particolari dove il cembro è spesso associato ad arbusteti a pino mugo. La maggior parte delle vegetazioni rilevate è relegata in aree impervie. Altre fitocenosi sono invece stadi di ricolonizzazione di aree precedentemente pascolate dove il cembro dimostra una buona competitività, con numerosi individui giovani.

Key words – Pinus cembra, continentality, Southern Alps.

Abstract – Pinus cembra L. in the Southern Alps of Lombardy (Northern Italy). The distribution, the consistency and the sociology of *Pinus cembra* L. were studied in the Southern Alps of Lombardy (Orobian Alps, Mortirolo Pass and Adamello massif – provinces of Sondrio, Brescia and Bergamo). After the mapping of populations and their demographic characterization, phytosociological sampling was carried out.

A bioclimatic survey allowed to estimate the potential distribution of the species in the studied area. The bioclimatic analysis led to the construction of a model of the potential distribution of *Pinus cembra*, based on Gams continentality index.

The survey of *Pinus cembra* distribution highlighted previously unknown occurrences in the Orobian Alps. The demographic study showed that populations are stable; an expansion trend is often marked by the high percentage of young individuals. Some communities are similar to the ones already known from the Central Alps, particularly those from Mortirolo pass and Adamello. In the southern stations, *Pinus cembra* only occurs within *Pinus mugo* scrubs. Other aspects differentiated from communities of the Central Alps can be explained as recent colonization of grazed areas. All the observed populations seem to be linked to suboptimal bioclimatic conditions and to relegation of few trees in steep and inaccessible areas.

INTRODUZIONE

L’areale del pino cembro (*Pinus cembra* L.) si estende sulle Alpi e sul sistema Carpazi-Alpi Transilvaniche. Sulle Alpi è diffuso lungo l’intera catena, con distribuzione continua lungo il sistema orientale e via via più frammentaria in quello occidentale. In Italia le aree di maggior diffusione si trovano in Trentino-Alto Adige; un nucleo importante è presente sulle Alpi Marittime. In Lombardia il cembro è presente in

Valtellina (Sondrio) e nelle province di Bergamo e Brescia; due stazioni sono segnalate da HOFMANN (1970) nel comasco, come impianti recenti.

Nel settore Sud-Alpino lombardo (a sud della Linea Insubrica), il pino cembro si trova ai limiti meridionali del suo areale regionale. Qui l’instaurarsi di un clima oceanico determina condizioni non ottimali alla specie (UNTERRICHTER, 1986), analogamente a quanto evidenziato in Val Sesia (LONATI e LONATI, 1998).

¹ Dip. di Biologia, sez. di Botanica Sistemistica e Geobotanica, Università degli Studi di Milano, via Celoria 26, Milano

² Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia, via Ozanam 4, 25128 Brescia, e-mail: botanica@comune.brescia.it

³ Centre d’Études Nordiques, Université Laval, G1K 7P4 Québec. Canada

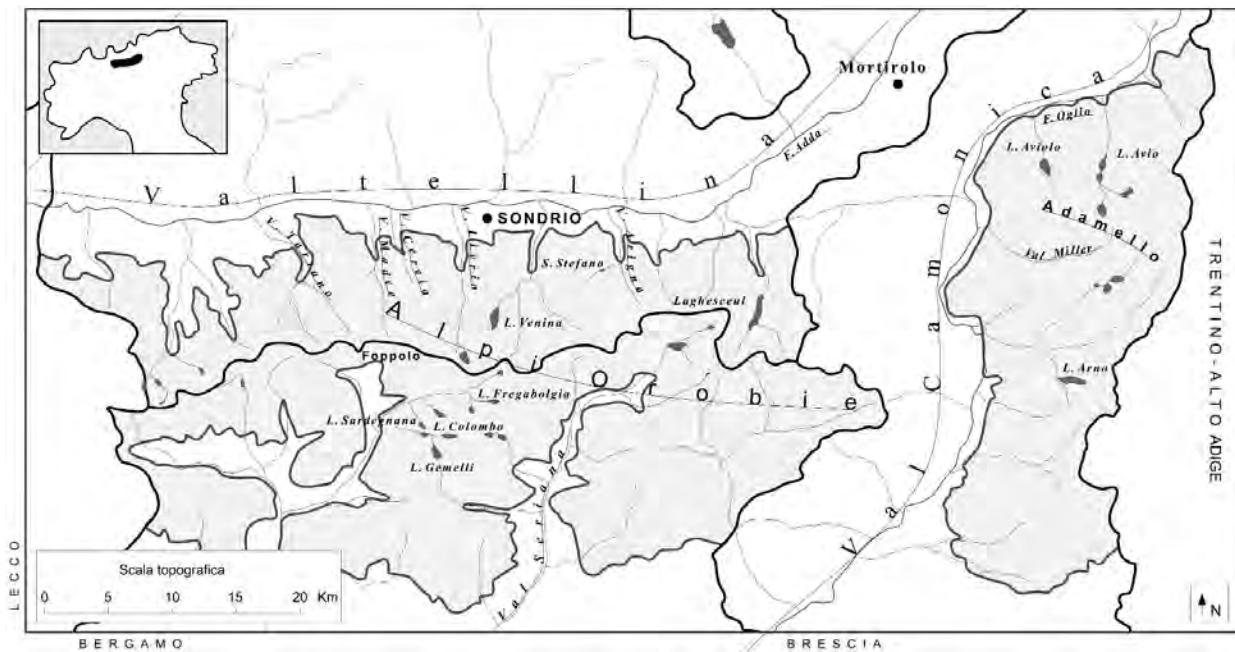


Fig. 1 – Area di studio. Le aree in grigio indicano i parchi regionali delle Orobie e dell'Adamello.

Sul versante settentrionale delle Alpi Orobie FENAROLI (1956) segnala la presenza del cembro “alle teste delle Valli Madre, Cervia e Livrio” su un’area complessiva valutata in circa 19 ettari. Sul versante meridionale, ROTA (1853), RODEGHER e VENANZI (1894) e CHENEVARD (1914), segnalano un’unica stazione nei pressi del Lago Colombo (Val Brembana); la specie è segnalata genericamente “..sopra ai Branzi” da BERGAMASCHI (1953). Altri nuclei, localizzati presso i Laghi Gemelli e a Sud del Lago Fregabolgia (Val Brembana), sono riportati da ANDREIS *et al.* (1996).

Nel comprensorio Mortirolo-Adamello la distribuzione del cembro è descritta da ARIETTI (1977), UNTERRICHTER (1986), DE CARLI (1990), e sinteticamente per tutto il bresciano in DE CARLI *et al.* (1999).

Sotto il profilo fitosociologico le cembrete del versante meridionale dell’arco alpino sono state studiate da FILIPELLO *et al.* (1976; 1980), ma in quest’ultimo contributo non vengono considerate le stazioni oggetto del presente studio.

Scopo di questa indagine è di tracciare l’attuale distribuzione geografica delle popolazioni di *Pinus cembra* nel settore Sud-Alpino lombardo, fornendo inoltre indicazioni sulla consistenza, l’ecologia, la struttura e la demografia di queste popolazioni. E’ stata condotta un’indagine sui diversi tipi vegetazionali legati alla presenza del cembro e sulle cause di ordine ecologico e climatico che hanno conferito loro una particolare fisionomia e composizione floristica. Si è voluto infine verificare, sulla base dei dati disponibili,

Provincia	Stazione	Latitudine	Longitudine	Grunder (m)	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giù	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
BG	Foppolo	46° 03'	2° 43'	1520	-0,2	0,8	2,8	6	9,8	13,6	16,7	16,5	12,6	7,9	4	1,3	7,7
BG	Sardagnana	\	\	1750	-3,9	-2	0,1	3	5,6	10,5	13,3	12,7	9,9	6,2	0,6	-3	4,5
BG	Carona	\	\	1050	-1,4	-0,5	2,2	5,7	9,7	13,4	16,1	15,2	12,1	7,7	2,9	-0,6	6,88
SO	Scais	46° 05'	2° 32'	1500	-2,7	-2,1	0,3	3,5	7,5	11,3	13,9	13,3	10,6	6,8	1,8	-1,6	5,2
SO	Lago Venina	46° 05'	2° 35'	1823	-3,8	-3,3	-0,8	1,8	5,4	9,1	11,9	11,4	9	5,2	0,8	2,6	3,7
SO	Ponte di Ganda	\	\	913	-0,5	0,5	3,9	8	12	15,9	18,1	17	13,8	9,1	3,9	0,2	8,5
SO	Vedello	46° 06'	2° 33'	1060	-1,1	-2,0	2,0	7,0	10,4	12,5	16,4	16,3	12,3	8,0	-0,2	0,5	6,8
BS	Piso del Tonale	46° 15'	1° 52'	1883	-5,3	-5	-2	1,2	5,6	9,5	12	11,2	8	3,1	-1,3	5,1	2,7
BS	Tamù	46° 15'	1° 59'	1100	-5	-2,6	1,9	5,7	9,7	13,3	15,4	14,8	11,8	6,6	0,6	-4	5,6
BS	Lago Salarno	46° 07'	1° 59'	2083	-6,8	-5,7	-3,3	-0,1	4	7,9	10,4	10,1	7,5	3,9	-1,4	-5,5	1,8
BS	Pantano d’Avio	46° 12'	1° 59'	2375	-7,5	-6,8	-4,6	-1,3	2,6	6,3	8,8	8,4	6,1	2,4	-2,5	-6,3	0,4
BS	Corteno	\	\	920	0,9	3,2	6,8	10,3	14	17,5	19,9	19	16,5	11,4	6,9	-1,3	10,5
BS	Lago Balcone	46° 09'	2° 02'	2258	-4,4	-4,4	-2,8	0,1	4,1	7,3	9,9	9,7	7,7	4,5	0,1	-3,1	2,4
BS	Lago d’Avio	46° 12'	1° 59'	1902	-4,1	-3,6	-1,2	1,7	5,7	9,6	12,3	12	9,5	5,6	0,4	-2,9	3,7
BS	Lago d’Arno	46° 03'	2° 01'	1820	-4,3	-3,4	-0,9	1,9	5,6	9,4	11,8	11,3	8,8	5,1	0,5	-3,2	3,4
BS	Vezza d’Oglio	46° 14'	2° 03'	1080	2,2	1,7	5,5	10,7	14,9	16,4	20,5	19,6	15,6	12,5	3,4	2,7	10,5
BS	Sonico	46° 10'	2° 08'	641	3,0	3,1	5,5	10,5	14,5	15,9	20,1	20,1	15,6	13,1	3,5	3,7	10,7

Tab. 1 – Temperature medie mensili e annue. Dati relativi al periodo 1955 - 1984 (GRENA, 1990; MONICO, 1991).

Provincia	Stazione	Latitudine	Longitudine	Quota (m)	Gen	Feb	Mar	Apr	Mai	Giug	Lug	Ago	Sep	Ott	Nov	Dic	Anno
SO	Lago Venera	46° 05'	2° 35'	1800	64	65	87	102	166	155	147	151	131	166	112	77	1399
SO	Ponte di Ganda	1	1	913	61	67	79	104	155	142	128	149	134	144	111	72	1355
SO	Santo Stefano	46° 07'	2° 28'	1865	59	74	88	137	134	164	166	161	179	201	134	124	1704
SO	Scais	46° 05'	2° 32'	1500	68	67	109	128	217	185	172	162	165	214	148	83	1681
SO	Tartano	46° 06'	2° 46'	1358	49	49	86	80	106	165	140	124	113	158	87	86	1247
SO	Vedello	46° 06'	2° 33'	1050	57	63	86	110	164	134	137	143	123	157	105	69	1312
BG	Laghi Gemelli	46° 00'	2° 42'	1956	87	80	108	182	241	200	149	187	207	161	146	78	1816
BG	Lago Fregabolgia	46° 09'	2° 42'	1950	89	89	108	129	260	194	189	193	224	208	164	85	1825
BG	Carona	46° 01'	2° 40'	1050	87	83	114	149	214	198	174	183	151	183	140	98	1766
BG	Foppolo	46° 03'	2° 43'	1520	72	88	101	139	173	182	183	191	145	162	129	86	1661
BG	Pian delle Casere	46° 00'	2° 39'	1832	78	77	109	139	217	200	179	187	170	193	151	87	1787
BG	Sardegnaia	45° 01'	2° 39'	1750	89	92	116	151	230	199	173	183	159	204	149	96	1836
BS	Adamè	46° 05'	1° 57'	2015	43	55	61	139	137	194	169	157	121	176	107	70	1383
BS	Corteno	1	1	1500	57	43	70	86	121	103	112	116	89	102	83	57	1014
BS	Lago d'Arno	46° 03'	2° 01'	1820	74	64	84	110	162	154	150	156	121	154	119	79	1401
BS	Lago d'Avio	46° 12'	1° 59'	1902	63	63	80	105	141	145	150	169	125	127	102	65	1320
BS	Lago Salarno	46° 07'	1° 59'	2038	73	68	76	96	146	154	156	164	121	128	107	71	1370
BS	Passo del Tonale	46° 15'	1° 52'	1777	64	57	65	76	137	136	126	135	105	130	77	63	1165
BS	Pantano d'Avio	46° 12'	1° 59'	2325	59	55	66	95	162	154	171	172	135	133	95	47	1344
BS	Vezza d'Oglio	46° 14'	2° 03'	1070	38	43	52	69	111	110	114	122	89	98	63	59	953

Tab. 2: Precipitazioni medie mensili e annue. Dati relativi al periodo 1951 - 1988 (MINISTERO LL.PP., 1951-1988).

nibili, l'importanza della continentalità climatica quale fattore vincolante per la distribuzione della specie.

AREA DI STUDIO

L'indagine ha interessato il settore lombardo delle Alpi Meridionali. Le ricerche si sono concentrate sulla catena delle Alpi Orobie (province di Bergamo e Sondrio), sul Passo del Mortirolo (provincie di Brescia e Sondrio) e sul massiccio dell'Adamello (provincia di Brescia, Fig. 1).

Nell'area di studio affiorano litotipi cristallini intrusivi (massiccio dell'Adamello: tonaliti e granodioriti) e metamorfici (crinale orobico e Passo del Mortirolo: gneiss e micaschisti). Sul versante meridionale delle Orobie affiorano anche litotipi sedimentari terrogeni: conglomerati e argilliti.

CLIMA

L'analisi del clima risulta di particolare importanza, in considerazione dello stretto rapporto tra distribuzione del cembro e continentalità climatica (UNTERRICHTER, 1986). A tale scopo sono stati considerati i dati di 17 stazioni termiche (Tab. 1) e di 20 stazioni pluviometriche (Tab. 2).

Temperature

Nell'area di studio l'escursione termica annua si attesta su valori compresi tra 16°C e 18°C (Fig. 2), che evidenziano un clima di tipo subatlantico. Soltanto nella stazione di Temù l'escursione termica raggiunge il limite di 20°C, che indica condizioni di continentalità climatica.

A quota superiore ai 1800 m, almeno per 3 mesi le temperature medie sono superiori a 8°C - 10°C, condizione necessaria a *Pinus cembra* per compiere il

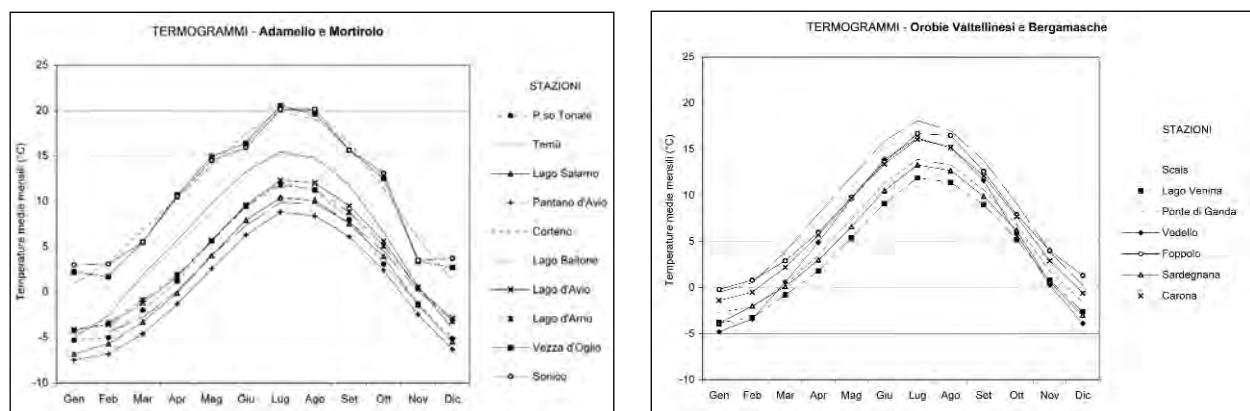


Fig. 2: Termogrammi relativi alle aree dell'Adamello, Mortirolo e delle Alpi Orobie.

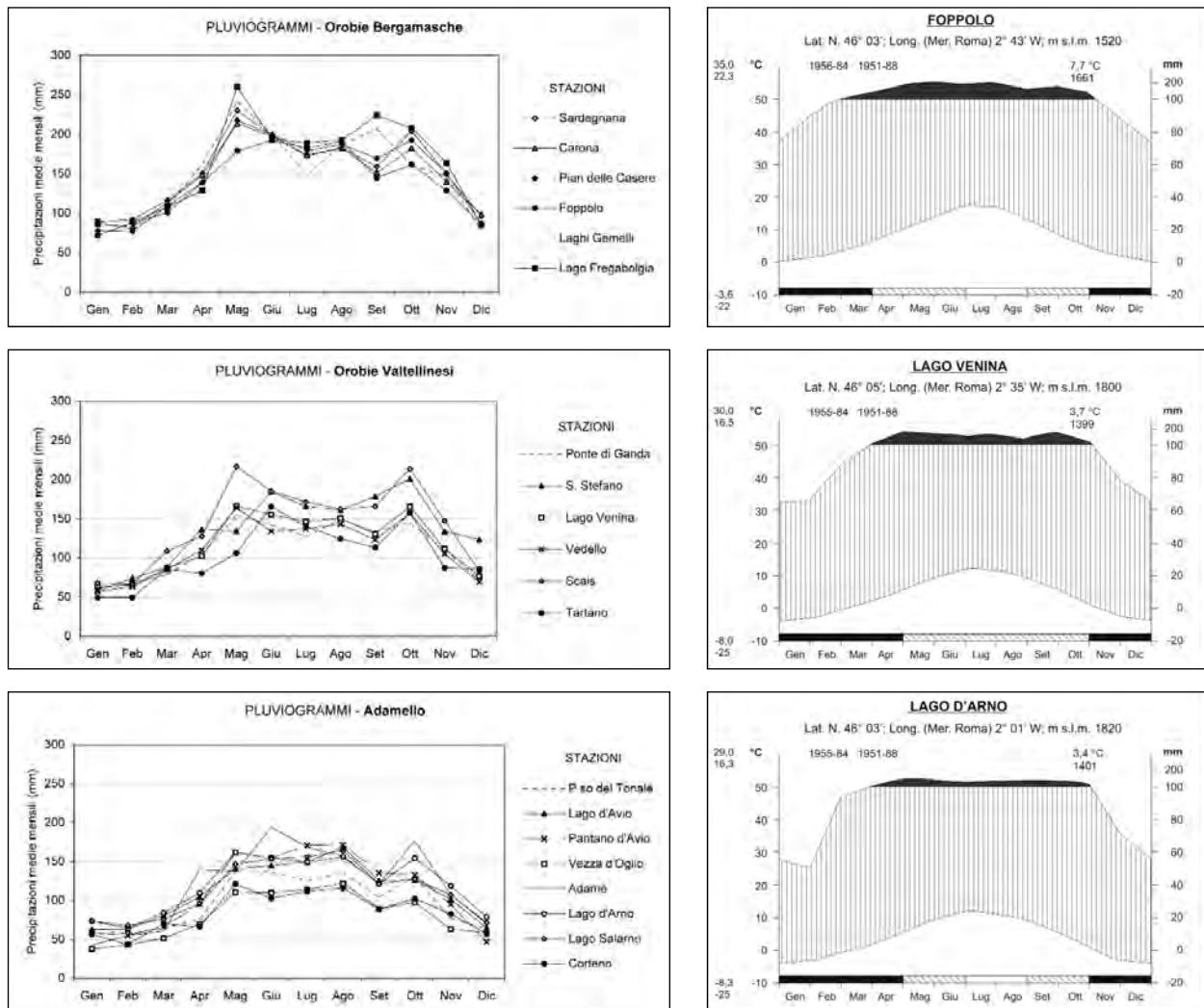


Fig. 3 – Pluviogrammi relativi alle aree dell’Adamello, Mortirolo e delle Alpi Orobie.

Fig. 4 – Diagrammi ombrotermici di Walter e Lieth relativi a tre stazioni rappresentative delle principali aree indagate: Orobie Bergamasche (Foppolo), Orobie Valtellinesi (Lago Venina) e Adamello (Lago d’Arno).

proprio ciclo vegetativo annuale (MARCHESONI, 1959). Solo per la stazione di Pantano d’Avio non si verificano le condizioni limite; ciò è da mettere in relazione con l’altitudine della stazione (2375 m), che in Adamello rappresenta il limite superiore delle popolazioni di cembro.

Tutte le stazioni presentano almeno 5 mesi con gelate sicure e 4 con gelate probabili.

Precipitazioni

L’andamento delle precipitazioni nella catena orobica è di tipo sub-litoraneo alpino (OTTONE e ROSSETTI, 1981), mentre al Passo del Mortirolo e nel gruppo dell’Adamello si osserva un regime più continentale, evidente per le stazioni di quota superiore ai 1900 m (Fig. 3). In Fig. 4 vengono riportati i diagrammi om-

brotermici di tre stazioni (Foppolo, versante meridionale delle Alpi Orobie; Lago Venina, versante settentrionale delle Alpi Orobie; Lago d’Arno, Massiccio dell’Adamello). Le precipitazioni medie annue sono comprese tra i 1400 e 1650 mm.

MATERIALI E METODI

Nel corso della ricerca sono state verificate sul campo le stazioni citate nei lavori di ROTA (1853), RODEGHER e VENANZI (1894), CHENEVARD (1914), HOFMANN (1970), ARIETTI (1977), DE CARLI (1990), ANDREIS *et al.* (1996). Inoltre sono state individuate diverse stazioni inedite. Queste ultime sono state mappate sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e di seguito

riportate in carte a piccola scala (1: 50.000).

I rilievi demografici sono stati effettuati in 22 aree di saggio di 400 m², misurando a petto d'uomo il diametro di un numero complessivo di 528 cembri (Tab. 3). Gli alberi sono stati poi ripartiti in 5 classi diametrali di 10 cm di intervallo ciascuna, da 0-10 cm ad oltre 40 cm. Gli individui più bassi di 130 cm sono stati inseriti nella classe 0-10 cm.

Per ciascuna classe di diametro, in 27 aree campione (Tab. 4), sono state prelevate 86 carote. I carotaggi sono stati effettuati con succhiello di Pressler all'altezza di 50 cm da terra (MOTTA e MASARIN, 1996). Su ciascun campione levigato sono stati conteggiati gli anelli di accrescimento con l'ausilio di uno stereoscopio.

Sono stati eseguiti 54 rilievi fitosociologici secondo il metodo di Braun-Blanquet con la scala modificata da PIGNATTI (1952). I rilievi sono stati elaborati con il programma Syntax 5.0 (PODANI, 1994) utilizzando l'indice di Jaccard e l'UPGMA come metodo di clustering. Per ogni tipologia di vegetazione sono stati ricavati lo spettro biologico normale e quello ponderato (PIROLA, 1970). Alle forme biologiche utilizzate da PIGNATTI (1982) è stata aggiunta la categoria "briofite e licheni" (BR e LICH), al fine di permettere una migliore stima della stratificazione. Sono stati inoltre calcolati gli spettri ecologici utilizzando gli indici di LANDOLT (1977) e gli spettri corologici, utilizzando le categorie riportate da PIGNATTI (1982).

Per ciascun rilievo fitosociologico è stata calcola-

ta l'assolazione relativa utilizzando le tavole di BARTORELLI (1967).

Per esaminare la distribuzione del cembro in relazione alla continentalità climatica è stato utilizzato l'indice di continentalità igrica di Gams, espresso dall'equazione:

$$\text{Cotg}(x) = P/A$$

(P= precipitazioni medie annue; A= altitudine)

La nomenclatura della flora vascolare segue PIGNATTI (1982), mentre quelle di briofite e licheni seguono rispettivamente AUGIER (1996) e NIMIS (1987).

DISTRIBUZIONE

Vengono di seguito riportate le stazioni censite. Per le stazioni inedite vengono precise le coordinate Gauss-Boaga (in appendice).

Nel settore sudalpino lombardo il pino cembro è distribuito sul settore centro-orientale delle Alpi Orobie, al P.so del Mortirolo e sull'Adamello (Figg. 5-6). Le stazioni del P.so del Maniva (BS), poco sotto il rifugio "Bonardi", di Borno (BS) presso malga Moren (ENZO BONA, com. pers.) e quelle del comasco sono frutto di impianti recenti.

Alpi Orobie

In alta Valle Brembana orientale l'area in cui è presente il cembro (Fig. 6) è molto più ampia di quanto

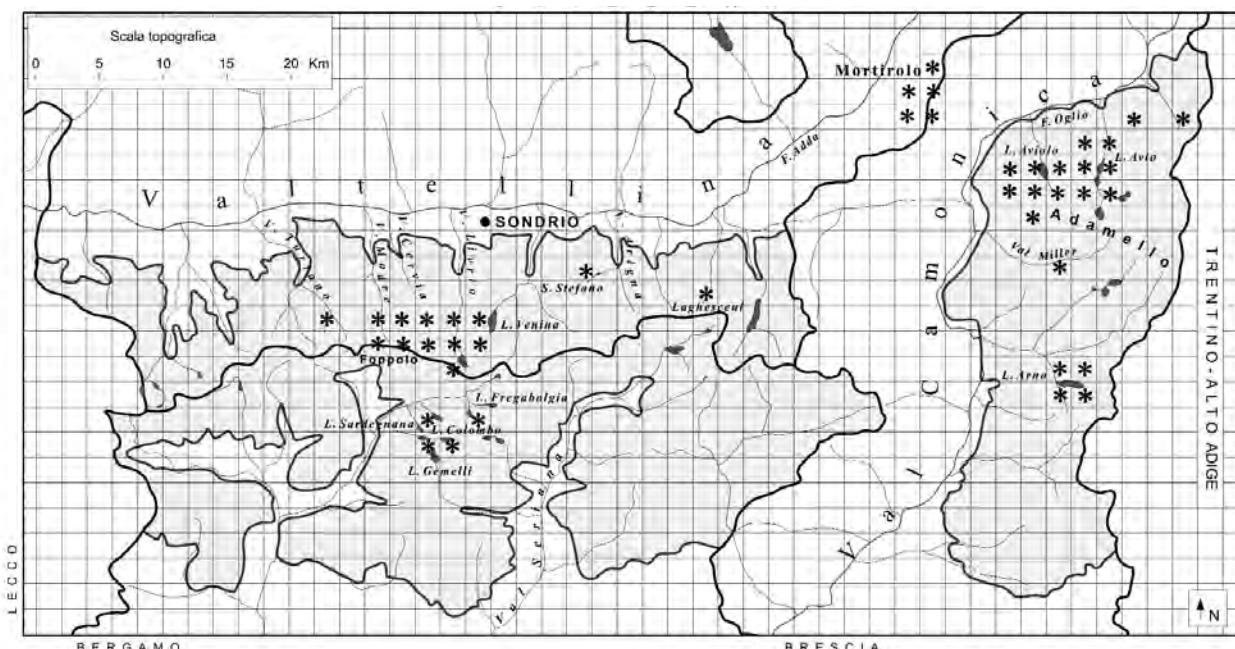


Fig. 5 – Distribuzione di *Pinus cembra* nel settore sudalpino lombardo.

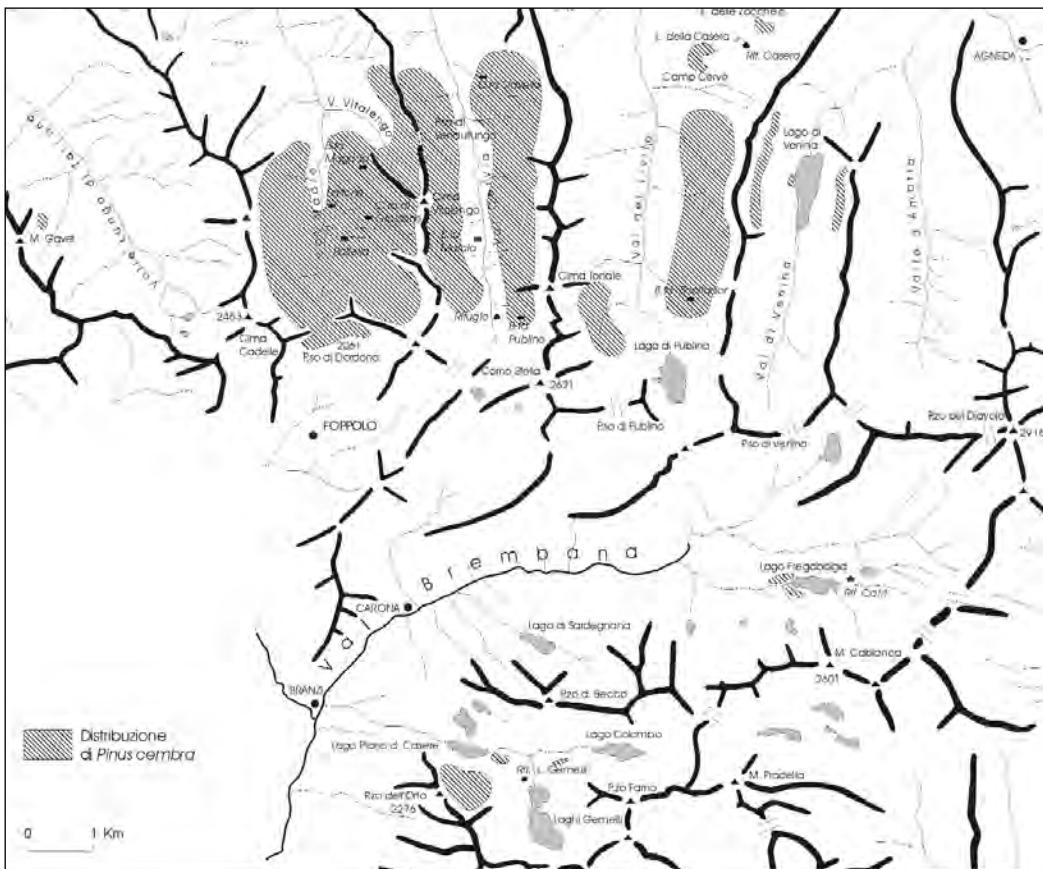


Fig 6 – Distribuzione di *P. cembra* nel settore centrale delle Alpi Orobie.

riportato in letteratura. La specie è distribuita nella conca dei Laghi Gemelli e in quella del Lago Fregabolgia, oltre che in una limitata area al Passo di Dor-dona, come trasfluenza delle popolazioni valtellinesi della Val Madre. La specie è presente principalmente con individui adulti isolati, circondati da esemplari giovani e solo raramente costituisce popolazioni pure di limitate estensioni. I nuclei più consistenti, con 150-200 individui si osservano in sinistra idrografica del Lago Fregabolgia e sul versante nord del P.zo dell'Orto, nella conca dei Laghi Gemelli. Il range altitudinale è compreso tra i 1850 e i 2200 m.

Val Tartano - Pendici di NE del Monte Gavet; è presente un limitato numero di cembri (40-50), per lo più individui adulti, tra 1900 m e 2000 m di quota. La rinnovazione è scarsa.

Val Madre - Destra idrografica della valle; il cembro occupa una fascia compresa tra i 1600 m e la linea di cresta (2100 m) con una maggior concentrazione intorno ai 1900-2000 m. Nei pascoli in stato di semiabbandono si assiste a una vigorosa ricolonizzazione.

Sulla sinistra idrografica la densità del popolamento è inferiore; la specie è distribuita dal fondovalle fino

attorno ai 2300 m.

Rientra nel bacino idrografico del torrente Madrasco anche la conca della Val Vitalengo. Sui pendii che la delimitano sono insediati numerosi cembri, alcuni dei quali di grandi dimensioni. Nel fondovalle è presente un pascolo frequentato da bestiame sia ovino che equino. Qui, durante la stagione estiva 1997, è stata rinvenuta un'abbondante rinnovazione di plantule dell'anno ai margini della superficie pascolata. L'anno seguente plantule e semenzi erano stati rimossi. **Val Cervia** - Il cembro è ampiamente diffuso su entrambi i versanti, dai pressi della testata della valle fin oltre il Passo del Vendullungo, a quote comprese tra i 1800 m e 2200 m.

Sulla sinistra idrografica numerosi individui, spesso di notevoli dimensioni, sono arroccati sui dirupi. Laddove il pendio si fa più regolare, il cembro tende a costituire cenosi di stampo forestale con larice e abete rosso. Sulla dorsale che separa la Val Madre dalla Val Cervia vi sono cembri isolati o in piccoli gruppi.

Sulla destra idrografica il cembro si spinge fino a quote prossime ai 2300 m e non raggiunge la cresta, se non nei pressi della testata della valle.

Val del Livrio - Sulla destra idrografica, dal lago delle Casere fino alla testata della valle, sono distribuiti numerosi cembri, per lo più a piccoli gruppi. La fascia interessata è compresa tra 1700 m e la prossimità della cresta di confine con la Val Venina. La costa tra Camp Cervè e il lago delle Casere, tra 1900 m e 2000 m, mostra le maggiori densità: qui il cembro è a tratti l'albero dominante, spesso con esemplari che superano i 15 m di altezza.

Sul versante opposto la specie manca quasi del tutto, eccetto per alcuni individui sparsi nei pressi della testata della valle.

Val Venina - Pochi individui sono arroccati sulle creste rocciose che delimitano la valle. A essi si aggiunge un piccolo nucleo, probabilmente artificiale localizzato sulla sinistra idrografica del Lago Venina, a quota 1850 m.

S. Stefano (Fig. 7) - Il cembro è circoscritto in un'area limitata in prossimità del Lago di S. Stefano ad una quota compresa tra i 2000 e i 2100 m. I cembri si incontrano sulla mulattiera che collega il Lago S. Stefano a Grione, sullo spartiacque tra la Val d'Arigna e la valle attraversata dal torrente Tripolo.

Val Bondone - Un ridotto nucleo di cembri, costituito

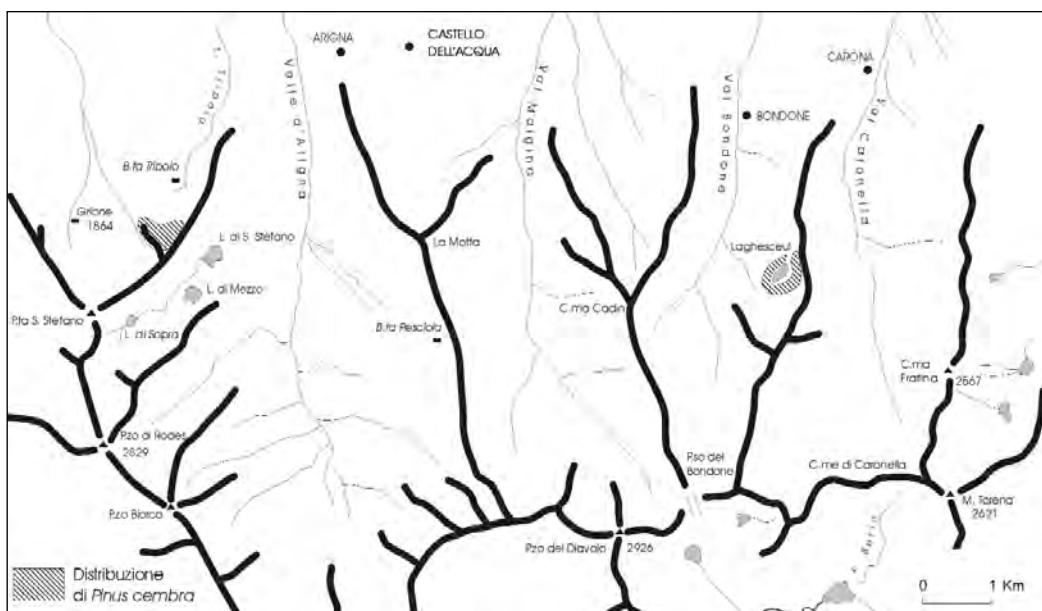


Fig 7: Distribuzione di *P. cembra* nel settore orientale delle Alpi Orobie.

da circa 200 esemplari, è localizzato attorno al Loghesceul, tra 1900 m e 2100 m. La superficie occupata non raggiunge i 2500 m². Non mancano alberi di dimensioni ragguardevoli soprattutto sui dirupi.

Passo del Mortirolo

Il versante valtellinese, tra 1500 m e 2000 m, in prossimità di tutto lo spartiacque, presenta formazioni forestali in cui il cembro è a tratti dominante. La zona del passo del Mortirolo è interessata da una notevole rinnovazione e da un numero limitato di cembri adulti. Lungo lo spartiacque, si osservano numerosi giovani cembri sul versante camuno, presso il lago di Mortirolo e la cresta NNE di Cima Verda (M. GOBBINI, com. pers.). Lungo il versante camuno la specie è pressoché assente, eccezion fatta per qualche isolato individuo di impianto artificiale nei pressi di alcuni edifici.

Adamello

L'indagine ha sostanzialmente confermato la distribuzione indicata da DE CARLI (1990). La ricerca è stata concentrata sui nuclei più estesi: Val Paghera, Valle dell'Avio, Valle di Saviore e La Foppa.

Valle dell'Avio - Su entrambi i versanti, tra circa 1700 e 2000 m, la specie è abbastanza diffusa; diventa sporadica all'aumentare della quota, fino a un massimo di 2360 m, presso Cima Lavedole. Alla testata della valle, fin sotto il Lago Pantano, è presente un discreto numero di individui, che spesso raggiungono notevoli dimensioni.

Valle Paghera – Lago d'Aviolo – Monte Plazza - Il nucleo principale è situato sotto il Lago d'Aviolo, ad una quota media di 1900 m. La stazione si estende, con minor densità, alla sinistra e alla destra idrografica del lago, senza però raggiungere la testata. La

massima quota raggiunta è di circa 2200 m, in destra idrografica.

La Foppa – Il cembro è stato rilevato tra 1900 e 2200 m, sulle pendici della conca glaciale tra Monte Piccolo, Monte Foppa e Monte Colmo.

Lago d'Arno - Il cembro è diffuso, tra 1800 e 2200 m, sia alla destra sia alla sinistra idrografica del lago, con massima concentrazione in località Traversera. Un gruppo di minori dimensioni è presente sopra la Pozza d'Arno.

DEMOGRAFIA E STRUTTURA DELLE POPOLAZIONI

Le popolazioni di cembro censite presentano caratteristiche strutturali peculiari: nella maggior parte dei casi sono costituite da numerosi individui arbustivi distribuiti nelle vicinanze di pochi esemplari adulti.

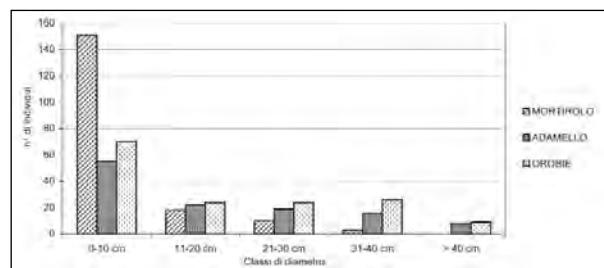


Fig. 8 – Istogramma delle classi diametriche per area geografica.

In Fig. 8 (Tab. 3) vengono riportate le presenze totali di individui per classi di diametro: è evidente la prevalenza di individui con diametro inferiore a 10 cm. Questo fenomeno è particolarmente evidente per l'area del Mortirolo, dove inoltre mancano gli individui della classe diametrica più alta ($\varnothing > 40$ cm). Questo andamento generale è riscontrabile anche per le Orobie, dove però si nota un incremento per le classi intermedie (in particolare per la classe 31-40 cm). In Adamello, all'aumentare della classe diametrica corrisponde una più graduale diminuzione del numero di individui.

Analisi dendrocronologica

Nel grafico di Fig. 9 è rappresentato il rapporto tra età degli individui e diametro del tronco; non è rappresentata l'area del Mortirolo per l'esiguo numero di dati disponibili. In linea generale all'aumento delle dimensioni del tronco corrisponde un regolare aumento dell'età. In Adamello l'età degli individui con diametro > 40 cm è particolarmente elevata (in media circa 170 anni); fanno parte di questa classe anche

esemplari di oltre un metro di diametro (è il caso di un cembro carotato nei pressi del lago Pantano d'Avio, tab 4). Sulle Alpi Orobie gli alberi più vecchi appartengono alla classe di diametro 31-40 cm, con un'età media oltre i 75 anni. Si presenta qui dunque una situazione peculiare per cui gli individui con diametro maggiore di 40 cm sono relativamente giovani (età media di circa 70 anni).

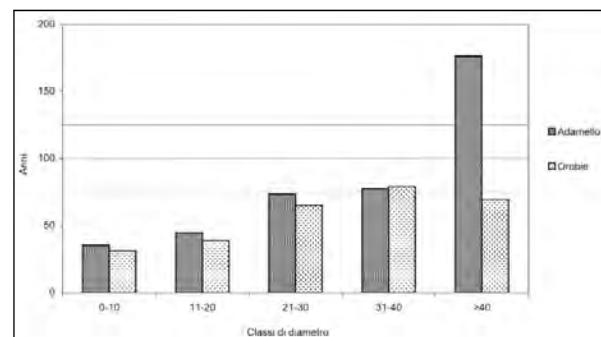


Fig. 9: Rapporto tra classi di diametro e media età degli alberi.

Come si nota dalle linee di tendenza del grafico di Fig. 10, a parità di dimensioni del tronco, i cembri cresciuti in Adamello sono complessivamente più vecchi di quelli delle Orobie e del Mortirolo, tendenza evidenziata da alcuni esemplari vetusti. Nelle popolazioni orobiche, l'accrescimento è più rapido rispetto alle altre aree analizzate.

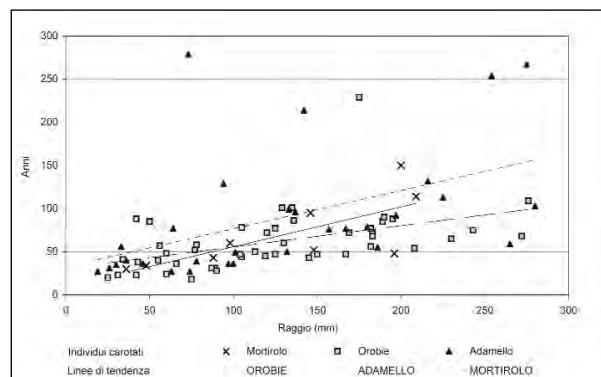


Fig. 10 – Rapporto tra raggio del tronco e anni contati sulla carota.

AUTOECOLOGIA E SINECOLOGIA DI *PINUS CEMBRA* NELL'AREA INDAGATA

La distribuzione altitudinale di *Pinus cembra* è compresa tra i 1450 (Mortirolo) e i 2360 m (Adamello). In questo intervallo altitudinale le popolazioni censite si distribuiscono a quote differenti nei distretti studiati. Sulle Alpi Orobie nuclei di cembro sono stati rilevati

Ril. num.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Località	L. Aviolo (destra idrografica)	L. Aviolo (destra idrografica)	L. Aviolo (sotto Rifugio Aviolo)	L. Aviolo (La Valletta)	V. Madre (P.s. Dordona)	V. Madre (presso il Battone)	V. Vitalengo	V. Vitalengo	Mortirolo (tra Lago Mortirolo e chiesetta)	Mortirolo (da Mazzo al P.so)	Mortirolo (da Mazzo al P.so)	P.s. Mortirolo	Avio (sotto L. Pantano)	Avio (valle di Venerocolo)	Avio (valle di Venerocolo)	Livrio (Camp Cervè)	Livrio (Camp Cervè)	Pozza d'Avio	Arno (Traversera)	L. Fregabolgia	L. Fregabolgia		
Quota	2120	2100	1860	1925	1980	1900	2070	2230	1930	1550	1710	1850	1980	2200	2160	2000	1960	2140	1950	200	1950	1980	
Esposizione (%)	290	240	15	270	25	290	240	90	315	315	270	340	305	260	35	45	25	42	35	400	400	400	400
Inclinazione (%)	25	60	35	25	30	45	31	55	32	15	35	400	400	400	400	400	400	400	400	35	45	25	25
Superficie mq	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Ambito geomorfologico	Detrutto stabile	Driupo	Vers. regolalizzato	Roccia in posto	Vers. regolalizzato	Vers. regolalizzato	Detrutto stabile	Vers. regolalizzato	Vers. reg. roccia subvert.	Vers. reg. roccia subvert.	Vers. reg. roccia subvert.	Detrutto stabile	Detrutto stabile	Detrutto stabile	Roccia in posto	Roccia in posto	Versante a balze	Detrutto stabile	Vers. regolalizzato	Detrutto stabile	Vers. regolalizzato	Vers. regolalizzato	
Entità popolazione	Puntiforme <400 mq								x														
	400-2500 mq																						
	2500-10000 mq																						
	>10.000 mq	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
N° individui	0-10 cm	8	1	3	9	30	7	8	16	20	18	50	63	16	12	8	0	0	5	5	9	14	15
	10-20 cm	2	2	1	3	5	3	4	4	2	2	14	0	8	2	4	0	2	2	5	3	6	2
	20-30 cm	1	2	2	0	5	2	6	8	2	2	6	0	5	1	3	1	2	3	3	6	2	3
	30-40 cm	1	3	1	0	10	2	1	6	1	1	1	0	5	0	4	6	3	5	1	0	1	0
	> 40 cm	0	3	0	0	5	2	0	2	0	0	0	0	0	4	1	0	0	1	0	0	0	0
TOTALE	12	11	7	12	55	16	19	36	25	23	71	63	34	19	20	7	7	16	14	18	23	20	

Tab. 3 – Rilievi demografici.

Nº Rilievo	Quota	Località	Classe diam. <10 cm		Classe diam. 11-20 cm		Classe diam. 21-30 cm		Classe diam. 31-40 cm		Classe diam. >40cm	
			Raggio (mm)	Anni	Raggio (mm)	Anni	Raggio (mm)	Anni	Raggio (mm)	Anni	Raggio (mm)	Anni
1	1800	Mortirolo	48	34	98	60	146	95	200	150	209	114
2	1900	Mortirolo	36	30	88	43	148	52	196	48		
3	2230	Avio	19	27	74	27	133	99	197	92		
4	2100	Avio					137	96				
5	2250	Avio									275	267
6	1860	Aviolo	30	35	63	27	100	36	180	79	280	103
7	2040	Aviolo									225	113
8	1840	Val Cervia	31	23	89	31	150	47	183	72		
9	1860	Val Cervia					105	44				
10	1945	Val Cervia	42	23	78	58	120	72	189	85	276	109
11	1950	Val Tartano			60	24	130	60				
12	1700	Val Madre			75	18	119	45	183	68	272	68
13	1710	Val Madre									230	65
14	1980	Val Vitalengo	42	88	87	31	105	78	195	88		
15	2000	Lago d'Arno	46	36	78	39	101	49			265	59
16	2140	Lago d'Arno			97	36			186	55		
17	2120	Foppa	33	56	64	77			157	76	216	132
18	2040	Foppa	26	31	94	129					324	254
19	1850	Val Venina	43	38	77	52	104	47	167	47		
20	2290	Pantano d'Avio					113	50				
21	1980	Laghesceul	25	20	55	40	136	86	190	90	547	279
22	1900	Val del Livrio	34	41	66	36	129	101	175	229		
23	1900	Val del Livrio			56	57	135	101				
24	1950	Val del Livrio									243	75
25	1960	Val del Livrio									208	54
26	1980	Lago Fregabolgia	50	85			125	77	182	56		
27	1950	Lago Fregabolgia			90	26	145	43				
					60	48	125	47				

Tab. 4 – Rilievi dendrocronologici.

solo a quote superiori a 1850 m, anche se in val Madre la specie è sporadicamente presente già intorno ai 1700 m, sino a 2300 m sul versante settentrionale e 2150-2200 m su quello meridionale; in Adamello a quote tra i 1900 e i 2360 m, mentre al Mortirolo alcuni cembri sono già presenti a 1450 m, con un massimo di densità tra i 1800 e i 1900 m (Fig. 11a).

Il cembro predilige inoltre i versanti più freschi, occupando principalmente i quadranti settentrionali (Fig. 11b), in analogia con quanto riportato da altri autori (CONTINI e LAVARELO, 1982; DEL FAVERO *et al.*, 1985; UNTERRICHTER, 1986). L'inclinazione dei versanti è piuttosto eterogenea: sulle Alpi Orobie e in Adamello, dove la morfologia del territorio è particolarmente accidentata, si osservano esemplari anche su inclinazioni medie di 50-60° e una completa assenza sotto ai 20°. Presso il Mortirolo, dove i pendii sono piuttosto regolari e uniformi, si osserva un buon numero di esemplari in situazioni subpianeggianti (Fig. 11c). Il substrato è quasi esclusivamente costituito da rocce intrusive e metamorfiche o da rocce sedimentarie di origine continentale, soprattutto Verrucano Lombardo.

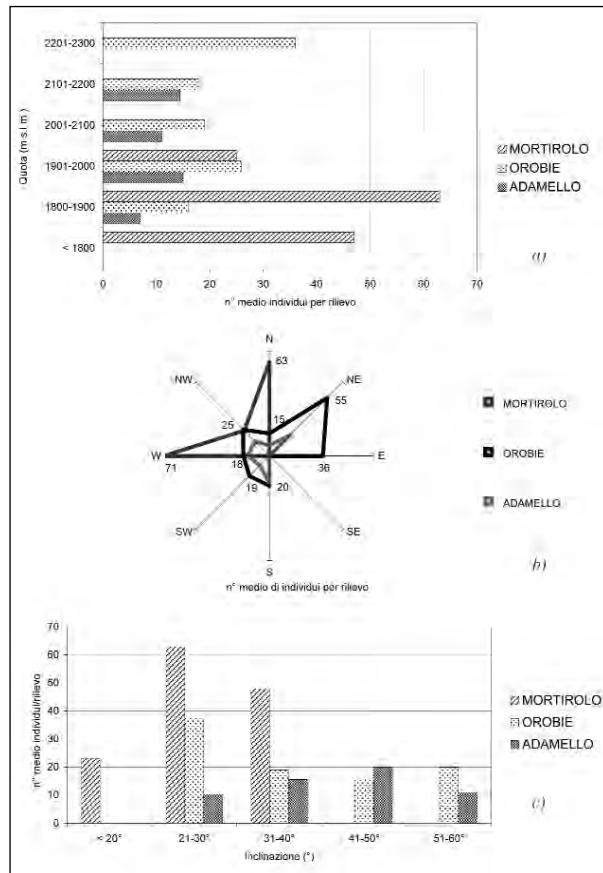


Fig. 11 – N° medio di individui per rilievo al variare dei parametri stazionali: (a) quota, (b) esposizione, (c) inclinazione.

L'habitat delle popolazioni di *Pinus cembra* nei settori indagati è costituito da boschi misti di conifere, cespuglieti a ericacee, praterie boscate e da pascoli in corso di colonizzazione.

Le fitocenosi a cembro possono complessivamente essere ricondotte alle seguenti tipologie: boschi a *Pinus cembra* e *Larix decidua*, boschi a *Pinus cembra* e *Juniperus nana*, cembrete a *Vaccinium gaultherioides*, stadi a *Pinus cembra* e *Calluna vulgaris*, stadi a *Pinus cembra* e *Festuca scabriculmis* (Tab. 5).

Boschi a *Pinus cembra* e *Larix decidua* (Fig. 12)

Le cenosi forestali con pino cembro sono poste a una quota media di 1900 m e sono esposte prevalentemente a NW, sono distribuite uniformemente su tutto il territorio studiato e costituiscono spesso il limite fisionomico attuale del bosco. Sul versante settentrionale delle Alpi Orobie, al Mortirolo e in Adamello nello strato arboreo è sempre presente anche l'abete rosso, specie sporadica sul versante meridionale delle Alpi Orobie dove è invece presente *Pinus mugo* nello strato arbustivo. In Val Madre e in Val Tartano è presente, anche se sporadico, *Abies alba*.

Il sottobosco è costituito da *Vaccinium myrtillus* e da *V. vitis-idaea*, con *V. gaultherioides* nelle situazioni più ipofile e microterme. *Rhododendron ferrugineum* è costante ma diviene sporadico nelle situazioni più chiuse, soprattutto sul versante valtellinese del Mortirolo. Qui è stata rinvenuta *Linnaea borealis*, specie sporadica o assente nel resto del settore studiato. Le specie più frequenti sono *Avenella flexuosa*, *Calamagrostis villosa*, *Oxalis acetosella* e *Dryopteris dilatata*; i muschi ricoprono interamente il suolo nelle situazioni più sciafile; particolarmente significativi sono *Hypolecomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium* e diverse specie del genere *Polytrichum*.

La rinnovazione di *Pinus cembra* è abbondante, ma inferiore rispetto alle cenosi più aperte.

Nello spettro ecologico è evidente la prevalenza di specie indicative di un elevato tenore in humus, tipico delle cembrete evolute. Queste cenosi presentano numerose specie indicative di bassa luminosità.

I corotipi Boreali raggiungono percentuali intorno al 45%.

Cembrete a *Vaccinium gaultherioides* (Fig. 13)

Sono i consorzi dei dossi ventosi d'alta quota (2000-2200 m), prevalentemente esposti a nord. Lo strato arboreo, alto 8-10 m, è discontinuo con coperture molto basse (20-30%); sono frequenti casi di sofferenza e di nanismo. Cembro e larice crescono in ge-

Tabella sinottica

Tipo di vegetazione	Stadi a <i>Calluna vulgaris</i>	Cembreto a <i>Vaccinium myrtillus</i>	Cembreto radice con <i>Juniperus nana</i> e <i>Calluna vulgaris</i>	Stadi a <i>Festuca scabriculmis</i>	Boschi a <i>Pinus cembra</i> e <i>Larix decidua</i>	Boschi degradati a <i>Pinus cembra</i> e <i>Larix decidua</i>
N° di rilievi	6	8	7	5	26	2
N° medio di specie	38	39	39	34	30	47
quota media (m s.l.m.)	1872	2121	2148	1928	1897	1665
esp. media (gradi)	299	278	219	179	218	200
inel. media (gradi)	24	33	36	55	36	30
Indice di elofilia	0,31	0,26	0,50	0,70	0,06	0,16
cop. media strato arboreo (%)	9	20	33	38	58	83
alt. media strato arboreo (m)	5	6	7	9	12	14
alt. max strato arboreo (m)	6	9	11	12	17	18
diam. max degli alberi (cm)	15	30	40	38	52	35
diam. medio degli alberi (cm)	10	20	16	17	28	18
cop. media strato arbustivo (%)	71	71	61	26	75	38
alt. media strato arbustivo (m)	0,5	0,4	0,3	0,29	0,5	0,4
cop. media strato erbaceo (%)	69	46	61	78	52	72
cop. media strato muscinale (%)	8	37	18	4	58	38
pietrosita' media (%)	2	34	40	32	18	1
Antennaria dioica (L.) Gaertner	V					
Arctostaphylos uva-ursi (L.) Sprengel	IV					
Melampyrum pratense L.	IV					
Pulsatilla vernalis (L.) Müller	IV					
Betula pendula Roth	IV					
Luzula campestris (L.) Dc.	III					
Arnica montana L.	III					
Hieracium alpinum L.	III					
Carex pallescens L.	III					
Luzula sudetica (Willd.) Dc.	II					
Soldanella alpina L.	IV					
Phyteuma hemisphaericum L.	IV					
Polytrichum commune Eedw.	III					
Juncus trifidus L.	III					
Hieracium pilosella L.	III					
Empetrum hermaphroditum Hagerup	III					
Diphysium alpinum (L.) Rothm.	III					
Cladonia stellaris (Opiz.) Pouz. Et Vezda	II					
Agrostis rupestris All.	II					
Ligusticum mutellina (L.) Crantz	II					
Geum montanum L.		III				
Cirsium spinosissimum (L.) Scop.		III				
Galium anisophyllum Vill.			V			
Bupleurum stellatum L.			V			
Silene rupestris L.			IV			
Epilobium angustifolium L.			IV			
Primula hirsuta All.			IV			
Asplenium septentrionale (L.) Hoffm.			III			
Molopospermum peloponnesiacum (L.) Koch			II			
Sempervivum tectorum L.			II			
Pedicularis tuberosa L.			II			
Hieracium amplexicaule L.			II			
Rosa pendulina L.			II			
Lonicera coerulea L.				II		
Gymnocarpium dryopteris (L.) Newman					1	
Dryopteris filix-mas (L.) Schott					1	
Rumex alpestris Jacq.					1	
Phegopteris polypodioides Fee					1	
Prenanthes purpurea L.					1	
Athyrium distentifolium Tausch					1	
Athyrium filix-femina (L.) Roth					1	
Chaerophyllum hirsutum L.					1	
Adenostyles alliariae (Gouan) Kerner					1	
Pinus sylvestris L.					1	
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn					1	

<i>Veronica chamaedrys</i> L.						I
<i>Agrostis stolonifera</i> L.						I
<i>Aposeris foetida</i> (L.) Less.						I
<i>Polygala vulgaris</i> L.						I
<i>Pinus cembra</i> L.	V	V	V	V	V	2
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	V	V	V	V	V	2
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Parl.	V	V	V	IV	V	2
<i>Larix decidua</i> Miller	V	V	III	IV	V	2
<i>Vaccinium vitis idaea</i> L.	V	V	V	V	V	1
<i>Rhododendron ferrugineum</i> L.	V	V	V	III	V	1
<i>Calamagrostis villosa</i> (Chaix) Gmelin	III	V	V	IV	V	
<i>Juniperus nana</i> Willd.	III	V	V	IV	IV	
<i>Lycopodium annotinum</i> L.	III	IV	III		IV	
<i>Leontodon helveticus</i> Merat	V	V	V		III	
<i>Vaccinium gaultherioides</i> Bigelow	V	V	V		III	
<i>Homogyne alpina</i> (L.) Cass.	V	V	III		IV	1
<i>Polytrichum formosum</i> Hedw.	IV	IV	III		IV	
<i>Picea excelsa</i> (Lam.) Link		IV	V	IV	V	1
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd.) Mitt.		V	IV		V	2
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.		V	IV		IV	1
<i>Festuca scabri culmis</i> ssp. <i>juedii</i> MgF Dbg			IV	V		
<i>Lotus corniculatus</i> L.			III	III		
<i>Phyteuma scheuchzeri</i> All.			IV	IV		1
<i>Rhacomitrium heterostichum</i> (Hedw.) Brid.			IV	III		1
<i>Astrantia minor</i> L.	III	V	IV	IV		
<i>Carex sempervirens</i> Vill.	II	IV	IV	III		
<i>Calluna Vulgaris</i> (L.) Hull	V		IV	III		
<i>Solidago virgaurea alpestris</i> (W. et K.) Rehb.	III		V	II		
<i>Gentiana punctata</i> L.	III	IV		II		
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.		IV	III		III	
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) B. e.		V	III		V	
<i>Huperzia selago</i> (L.) Bernh.		V	III		III	
<i>Agrostis schraderana</i> Becherer		III	IV	II		1
<i>Rhytidadelphus triquetus</i> (Hedw.) Warnst.			III		III	
<i>Sphagnum fimbriatum</i> Wils.		III		II		
<i>Anthoxanthum alpinum</i> Löve et Loeve	II	III	V			
<i>Festuca rubra</i> L.	IV	III	III			
<i>Nardus stricta</i> L.	V		III			
<i>Carex pilulifera</i> L.	IV		III			
<i>Loiseleuria procumbens</i> (L.) Desv.	IV	IV				
<i>Rubus idaeus</i> L.				IV	III	2
<i>Hieracium sylvaticum</i> (L.) L.				III	II	2
<i>Viola biflora</i> L.			IV			2
<i>Campanula barbata</i> L.			III			2
<i>Campanula scheuchzeri</i> Vill.			V			1
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rauschel	V		III			1
<i>Luzula nivea</i> (L.) Lam. et DC.	IV			III		1
<i>Gentiana kochiana</i> Perr. et Song.	V					1
<i>Melampyrum sylvaticum</i> L.				II	II	1
<i>Alnus viridis</i> (Chaix) DC.					II	2
<i>Dryopteris dilatata</i> (Hoffm.) A. Gray					III	1
<i>Oxalis acetosella</i> L.					IV	1
<i>Sorbus aucuparia</i> aucuparia Pign.	III				IV	2
<i>Luzula sieberi</i> Tausch	III				III	1
<i>Solidago virgaurea</i> virgaurea Pign.		IV				1
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.		III				2

Tab. 5 – Tabella sinottica.

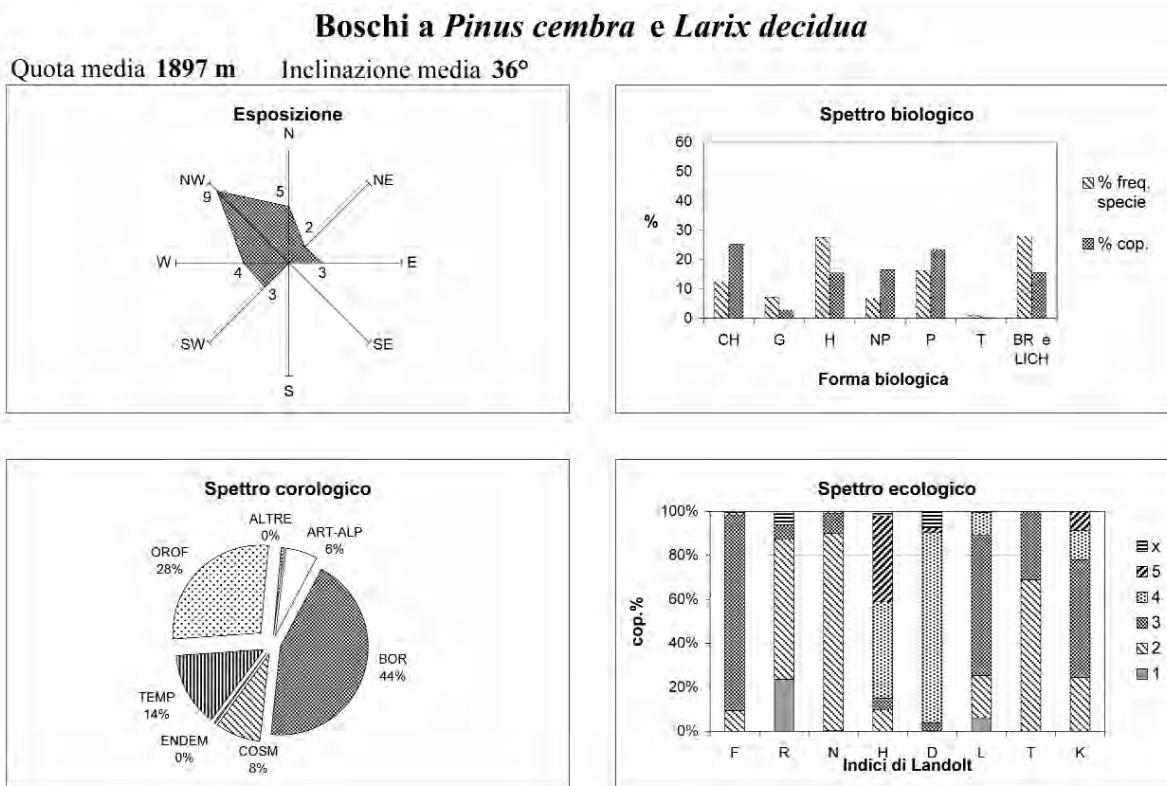
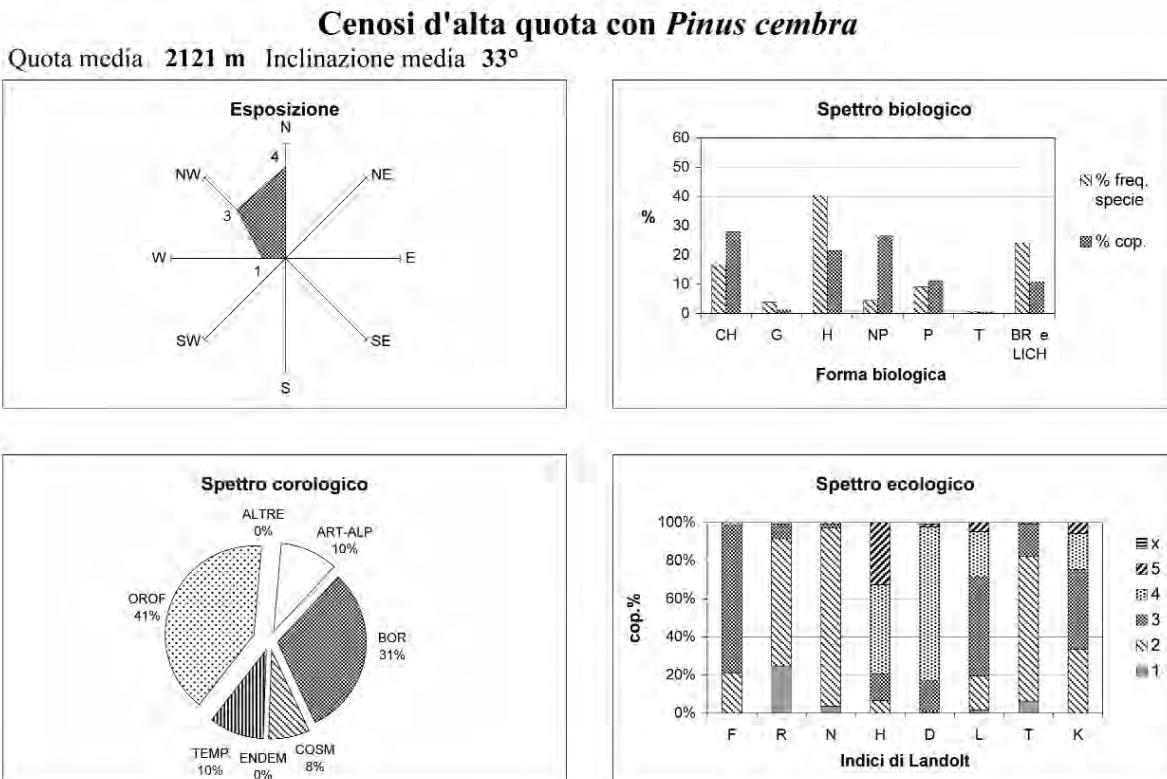
nere a gruppi di più individui. In questi “cespi” il fitto intreccio delle chiome e i molti punti di ancoraggio al suolo conferiscono una resistenza al vento tanto maggiore quanto più gli alberi sono vicini tra loro (MLINSEK, 1975). Le due specie arboree, così come il rododendro, si rinvengono principalmente sui pendii immediatamente sottostanti le zone culminali, meno battuti dal vento.

Lo strato arbustivo presenta maggiori coperture. È composto da rododendro, ginepro nano e mirtilli (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea* e *V. gaultherioides*), con

Empetrum hermaphroditum e *Loiseleuria procumbens*. Nello strato erbaceo sono presenti *Calamagrostis villosa*, *Huperzia selago*, *Homogyne alpina*, *Avenella flexuosa* tra le specie nemoriali, oltre a *Gentiana punctata*, *Astrantia minor*, *Leontodon helveticus*, *Phyteuma hemisphaericum*. La rinnovazione di *Pinus cembra* in queste stazioni appare stentata e sporadica.

Gli indici di Landolt rivelano la presenza di specie indicative di suoli con elevato rapporto C/N.

I corotipi più rappresentati sono quello Artico-Alpino e quello Orofitico sud-europeo.

Fig. 12 - Boschi a *Pinus cembra* e *Larix decidua*, tavola riassuntiva.Fig. 13 – Cembrete a *Vaccinium gaultherioides*, tavola riassuntiva.

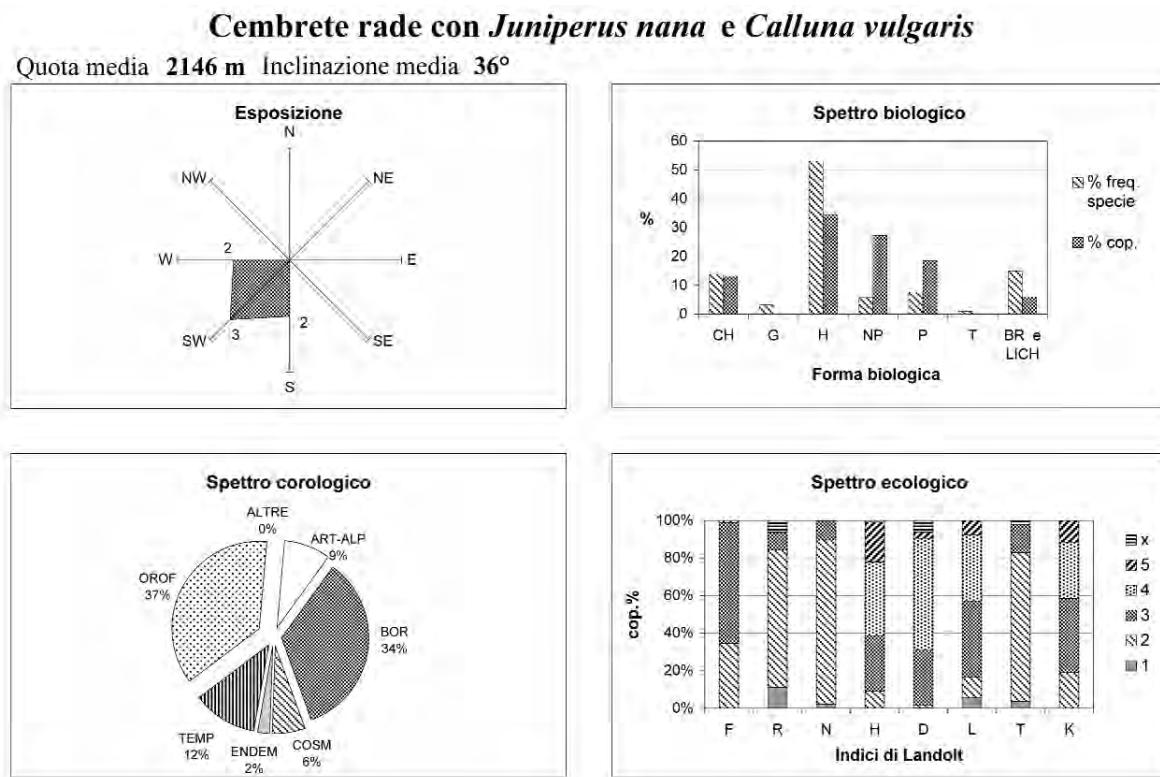


Fig. 14 – Cembrete rade con *Juniperus nana* e *Calluna vulgaris*, tavola riassuntiva.

Cembrete rade con *Juniperus nana* e *Calluna Vulgaris* (Fig. 14)

Queste cenosi si trovano a quote medie piuttosto elevate (oltre i 2100 metri) con esposizioni rivolte verso i quadranti meridionali, soprattutto in Adamello. La copertura arborea è bassa (25-45%), è costituita da alberi alti 8-10 m, ma rispetto alle cenosi a *V. gaultherioides* la specie arborea più frequente con il cembro è l'abete rosso anziché il larice. Lo strato arbustivo è ben rappresentato da *Juniperus nana*, dominante o talora codominante con *Rhododendron ferrugineum*, dai mirilli e *Calluna vulgaris*; quello erbaceo da numerose graminoidi: *Calamagrostis villosa*, *Carex sempervirens*, *Festuca scabridulmis*, *Avenella flexuosa* e talora *Nardus stricta*.

Le plantule e i semenziali di cembro sono riuniti in gruppi di più individui, probabilmente derivanti da dispense alimentari abbandonate dalla nocciolaia (KRATOCHWILL e SCHWABE, 1994). Anche la rinnovazione dell'abete rosso è ricca. In contrasto con la buona vitalità di queste due specie, la rinnovazione di larice sembra sfavorita dalle condizioni del substrato, probabilmente inadatto all'apparato radicale delle plantule (BERNETTI, 1995).

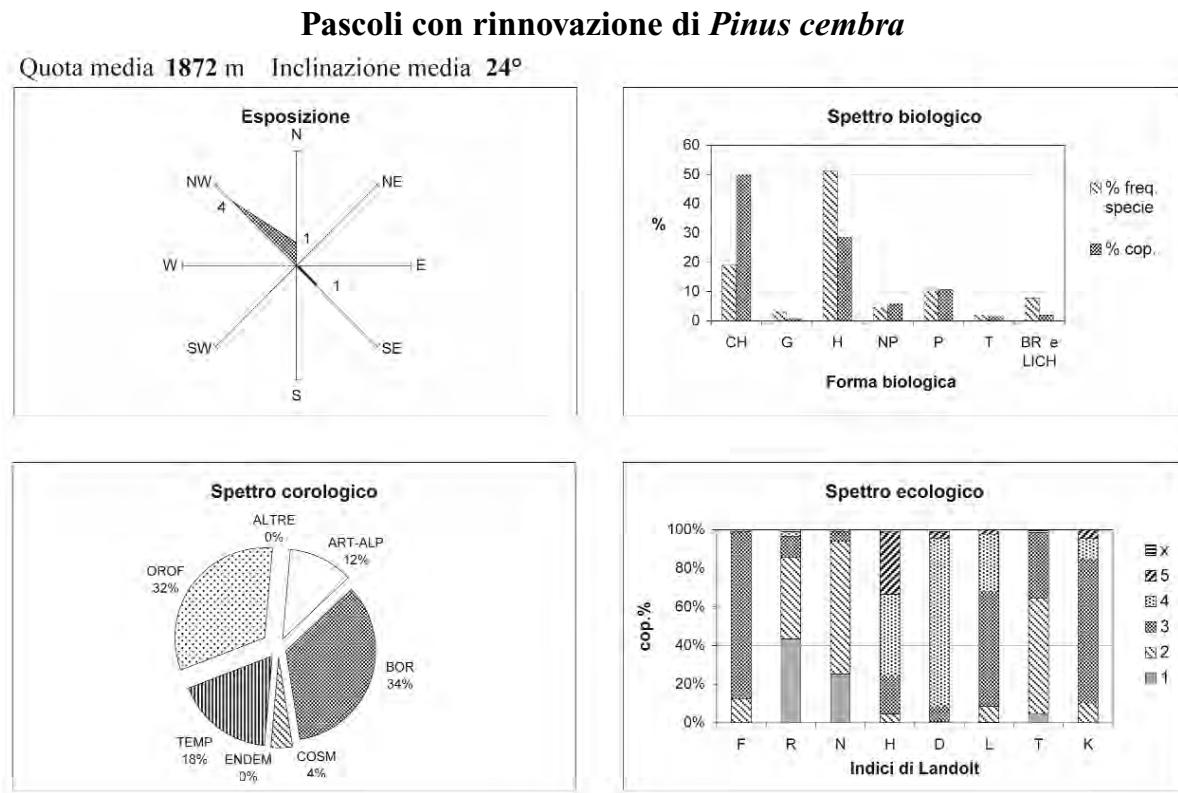
Gli spettri ecologici indicano presenza di specie

indicatrici di suoli con umidità da media a scarsa, con tenore medio in humus.

Stadi a *Pinus cembra* e *Calluna vulgaris* (Fig. 15)

Queste cenosi sono localizzate nei pressi del Passo del Mortirolo a quote prossime a 1900 metri; sono poste su superfici poco inclinate con esposizione a NW. La pietrosità è trascurabile e il substrato è costituito da depositi alterati in posto dalla pedogenesi. Si tratta di pascoli abbandonati, con strato arbustivo ben sviluppato e strato arboreo sporadico, costituito da grossi larici isolati. L'abbandono delle pratiche pastorali conduce a una espansione di arbusti e suffrutici che perduravano, come sporadici, già durante la stabulazione, e di specie arboree che non vengono più rimosse per il mantenimento del cotico erboso. I suffrutici dominanti sono *Calluna vulgaris* e *Vaccinium gaultherioides* con coperture superiori al 50%. La rinnovazione delle specie arboree, in particolare del cembro è abbondante.

Il passato sfruttamento è sottolineato dalla presenza di specie indicative di suoli molto acidi e poveri in nutrienti. Le forme biologiche dominanti sia per frequenza sia per copertura sono camefite e emicriptofite.

Fig. 15 – Stadi a *Calluna vulgaris*, tavola riassuntiva.

I corotipi dominanti sono quelli Boreale, Artico-Alpino e Temperato.

Stadi a *Pinus cembra* e *Festuca scabriculmis* (Fig. 16)

Si tratta di praterie alberate, esposte a meridione e collocate su substrati con elevata inclinazione dei versanti attorno ai 1900 m, in Alpi Orobie e in Adamello. Tratti di prateria si alternano a mosaico con grossi massi silicei. *Pinus cembra*, localizzato sulle rocce affioranti, è la specie arborea meglio adattata. L'apparato radicale, anche se non si spinge molto in profondità, è in grado di ancorare la pianta alle fessure della roccia (UNTERRICHTER, 1986; DEL FAVERO *et al.*, 1985). La presenza del cembro sembrerebbe inoltre legata all'azione della nocciolaia che nasconde i semi della conifera vicino a punti di riferimento ben visibili come grossi blocchi rocciosi (BALDA, 1980). La copertura arborea costituita dal solo cembro è molto variabile (10-70%). Lo strato arbustivo presenta coperture limitate ed è dominato da *Juniperus nana*, mentre in quello erbaceo *Festuca scabriculmis ssp. luedii* ricopre per l'80%; tra i suoi cespi sono presenti *Bupleurum stellatum*, *Galium anisophyllum*, *Astrantia minor*, *Phyteuma scheuchzeri* e *Primula*

hirsuta. Nella rinnovazione il cembro presenta il maggior numero di plantule. Il peccio raggiunge nello strato arbustivo coperture simili a quelle del cembro, ma si tratta spesso di individui contorti e prostrati (*krummholz*), non considerabili come rinnovazione. Gli indici edafici evidenziano l'abbondanza di specie di suoli acidi ma poveri in humus. Gli indici riferiti a umidità e nutrienti mostrano valori bassi, in relazione con le accentuate pendenze, come indicato da ANDREIS e RINALDI (1989) per i festuceti orobici.

Boschi degradati a *Pinus cembra* e *Larix decidua* (Fig. 17)

In Val Venina, a quota 1850 m, e sul versante valtellinese del Mortirolo, sotto i 1500 metri d'altitudine, sono stati rilevati consorzi boschivi accomunati da un'evidente impronta antropica. In questi consorzi, nessuna specie arborea pare in attiva rinnovazione. Il cembro non è presente allo stato erbaceo, e mostra coperture limitate nello strato arbustivo. Il bosco rilevato in Val Venina si trova in vicinanza di una diga e di un pascolo tuttora frequentato, presenta alberi di dimensioni omogenee e una disposizione piuttosto regolare dell'alberatura, fattori che suggeriscono un impianto artificiale.

Formazioni a parco con *Festuca scabriculmis*

Quota media 1928 m Inclinazione media 55°

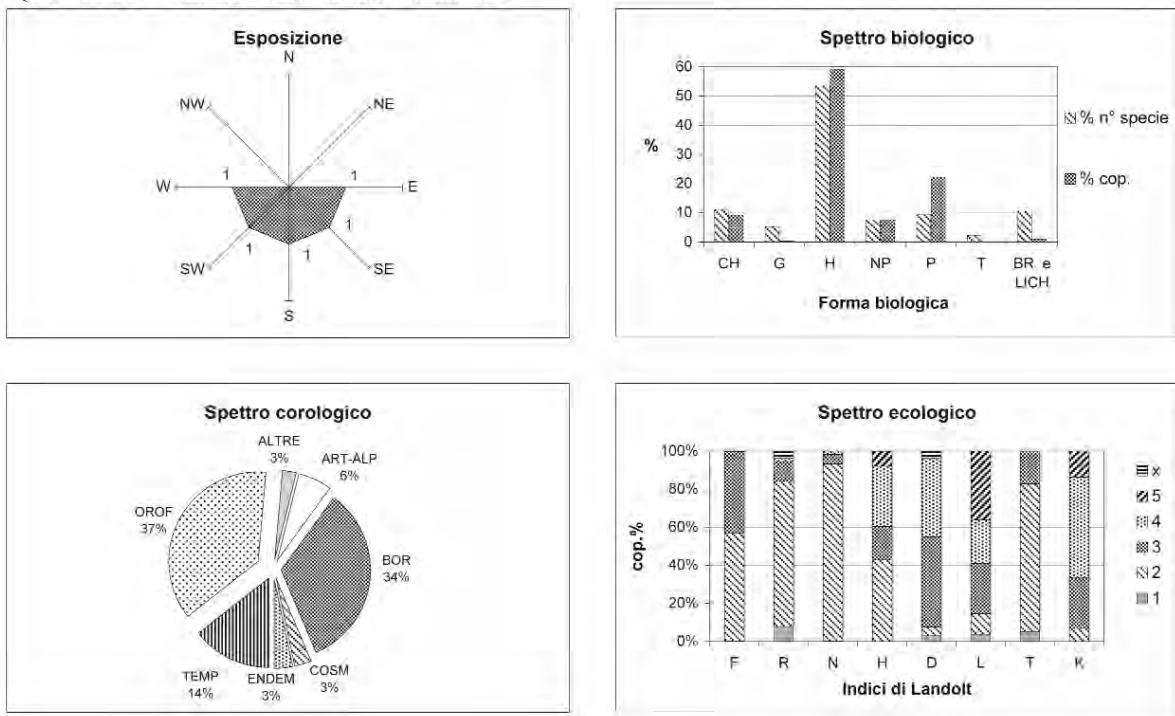


Fig. 16 – Stadi a *Festuca scabriculmis*, tavola riassuntiva.

Boschi degradati a *Pinus cembra* e *Larix decidua*

Quota media 1665 m Inclinazione media 30°

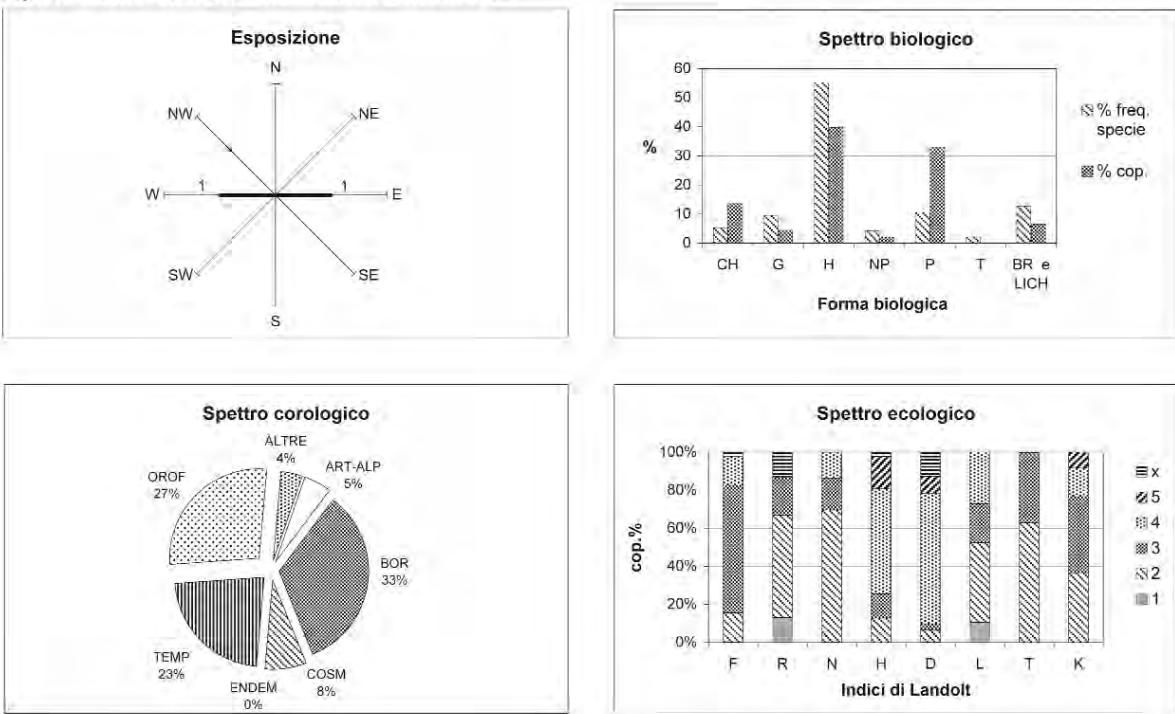


Fig. 17 – Boschi degradati a *Pinus cembra* e *Larix decidua*, tavola riassuntiva.

DISTRIBUZIONE DELLE TIPOLOGIE RILEVATE

In Fig. 18 e 19 vengono riassunte rispettivamente la distribuzione geografica e stazionale delle vegetazioni indagate. In Adamello prevalgono le cembrete rade con ginepro e brugo e le associazioni a *Vaccinium gaultherioides*. Al Passo del Mortirolo, pur prevalendo i boschi chiusi a cembro e larice, sono diffusi gli stadi a cembro e *Calluna*. Nelle Alpi Orobie le formazioni aperte sono la tipologia prevalente, soprattutto con le cenosi a *Festuca scabriculmis*, esclusive di questo settore (Fig. 18).

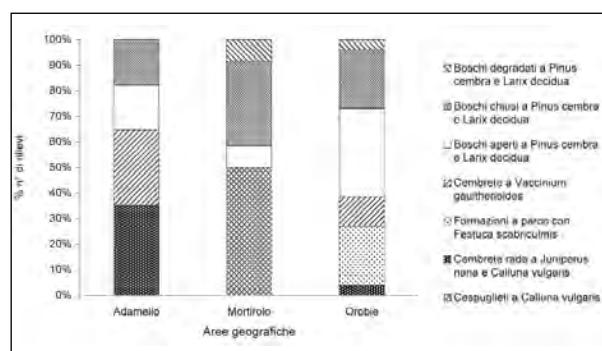


Fig. 18 – Distribuzione delle tipologie vegetazionali nelle tre zone geografiche analizzate.

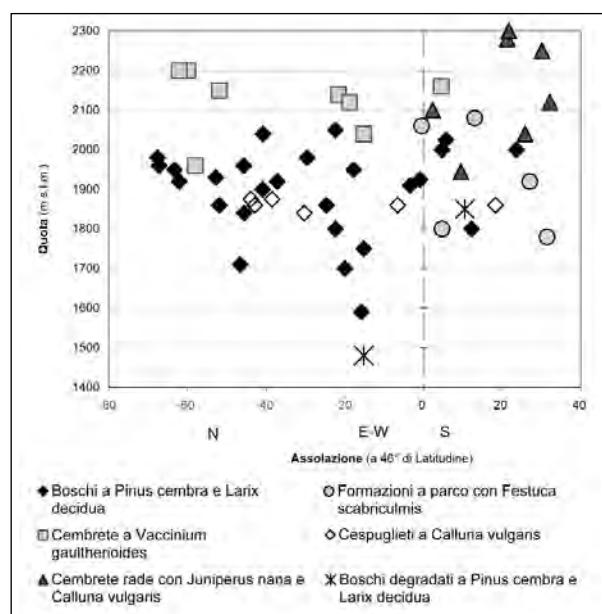


Fig. 19 – Distribuzione delle tipologie vegetazionali in funzione della quota e dell'assolazione relativa secondo Bartorelli (1967).

Il grafico di Fig. 19 mostra la distribuzione delle tipologie individuate in funzione di quota e di assola-

zione relativa. Le cembrete a *Vaccinium gaultherioides* e quelle a *Juniperus nana* e *Calluna vulgaris* sono le fitocenosi poste più in quota, esposte rispettivamente a nord e a sud, sostituite dai boschi a *Pinus cembra* e *Larix decidua* tra i 2000-2100 m. Questi ultimi sono a loro volta sostituiti da cenosi con *Festuca scabriculmis* sui versanti con assolazione positiva. Gli stadi a *Calluna*, legati alla ricolonizzazione degli ex pascoli, compaiono nell'intervallo altitudinale dei boschi di cembro e larice.

CONSIDERAZIONI SINTASSONOMICHE

L'ubicazione delle fitocenosi studiate, poste a cavallo tra il bosco e le formazioni arbustive extrasilvatiche, ne impedisce una collocazione sintassonomica univoca. Le attuali concezioni fitosociologiche prevedono infatti due modelli alternativi per l'inquadramento delle vegetazioni oroboreali: la scuola austriaca (WALLNOFER *et al.*; 1993, GRABHERR, 1993) inserisce cespuglietti extrasilvatici a ericacee boschi e di conifere in due classi distinte (*Vaccinio-Piceetea* e *Loiseleurio-Vaccinietea*) mentre tradizionalmente tutte le vegetazioni oroboreali vengono riunite nella classe *Vaccinio-Piceetea* (BRAUN-BLANQUET *et al.*, 1939; OBERDORFER, 1992).

Sulla base dei rilievi eseguiti, il modello austriaco non sembra applicabile nel settore studiato. Sulle catene periferiche esterne l'aumentare dell'oceanicità climatica determina l'abbassamento dei limiti altitudinali del bosco e la conseguente presenza di un'ampia fascia di arbusteti extrasilvatici anche a quote modeste, dove la penetrazione di elementi delle due classi ne impedisce la distinzione.

Sono in corso indagini sintassonomiche volte alla tipificazione delle vegetazioni oroboreali nel settore Sud-Alpino lombardo.

BIOCLIMA E DISTRIBUZIONE DI PINUS CEMBRA

Nel grafico di Fig. 20a è possibile distinguere due settori separati dalla bisettrice ($x=45^\circ$) che, secondo FENAROLI (1935), indica il limite inferiore per il cembro e superiore per il faggio.

Il campo di esistenza è inoltre delimitato da valori minimi e massimi di quota e precipitazioni entro cui è riscontrata la presenza di cembro. Nell'intero comprensorio alpino, in conformità a quanto riportato in

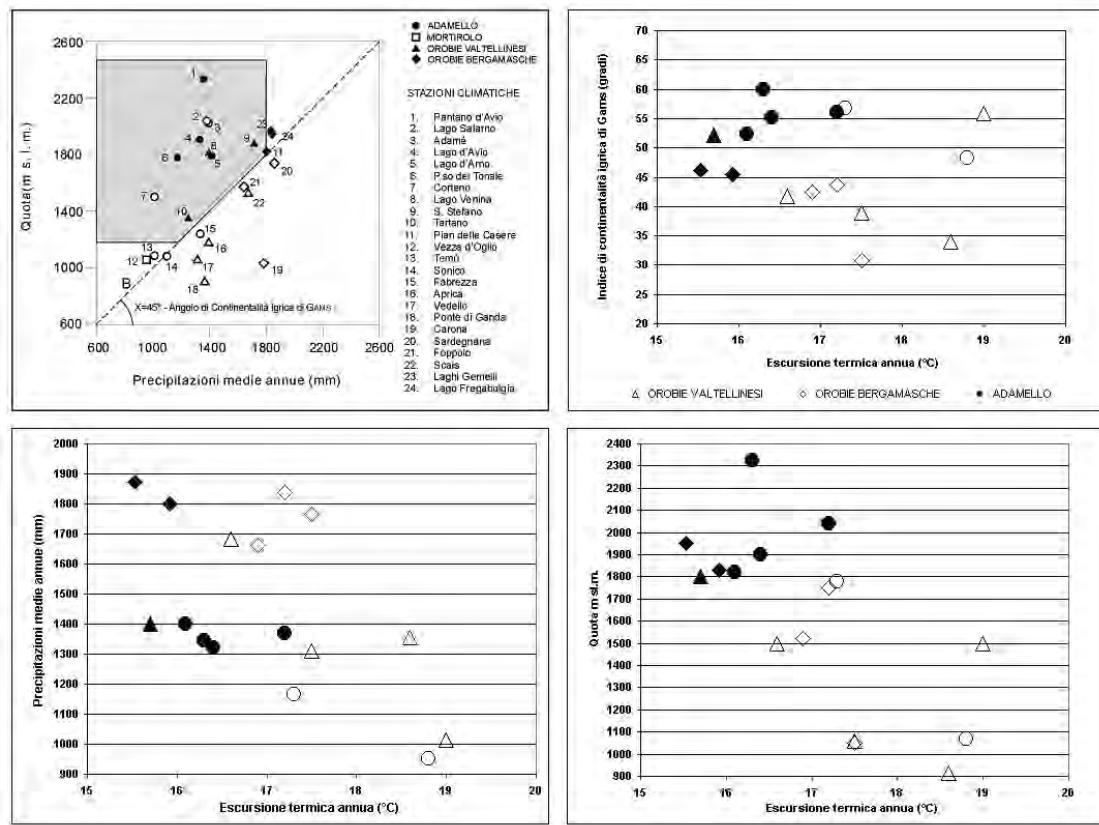


Fig. 20 – a) Campo di esistenza di *Pinus cembra* nel settore Sud-Alpino lombardo; b) valori dell'indice di Gams e escursione termica annua delle stazioni climatiche disponibili; c) precipitazioni medie annue e escursione termica annua; d) quota delle stazioni climatiche e escursione termica annua. I simboli in nero sono riferiti alle stazioni climatiche in cui il cembro è presente nelle immediate vicinanze.

letteratura, tali limiti corrispondono a 1200 m e 2500 m per la quota (HOFMANN, 1970) e a 600 mm (UNTERRICHTER, 1986) e 1800 mm annui (FILIPELLO *et al.*, 1976) per le precipitazioni.

Nel grafico sono state distinte le stazioni climatiche poste nelle immediate vicinanze delle popolazioni di *Pinus cembra* da quelle dove la specie è del tutto assente. E' stato così ottenuto un diagramma della presenza reale del cembro nel territorio studiato. Le stazioni climatiche poste in corrispondenza di popolazioni di cembro ricadono effettivamente nel campo di esistenza teorico, con l'eccezione delle stazioni orobiche meridionali di Laghi Gemelli e Lago di Fregabolgia, dalle precipitazioni più elevate.

Il campo di esistenza reale del cembro così definito è compreso in un intervallo di precipitazioni tra 1200 mm (Adamello) e 1871 mm (versante meridionale delle Orobie), mentre quello altitudinale è compreso tra i 1500 m (cembrete del Mortirolo) e almeno 2325 m (Pantano d'Avio). Il limite superiore degli esemplari isolati è posto in realtà in Adamello a quote superiori, in quanto gruppi di cembri localizzati in aree dirupate e non sono stati rilevati, ma semplice-

mente avvistati a circa 2360 m di quota. Viceversa, nelle piovose Alpi Orobie bergamasche il cembro si arresta a 2050-2100 m, raggiungendo solo con pochissimi individui i 2200 m nella zona del Lago di Fregabolgia, mentre verso il basso non scende mai al di sotto dei 1800 m. L'assenza per le stazioni di Adamè e Salarno è probabilmente imputabile a fattori antropici.

Il diagramma di Fig. 20b mette in relazione il parametro della continentalità climatica definito dall'indice di Gams con la continentalità termica definita dall'escursione termica annuale. Sono state distinte le stazioni con presenza di *Pinus cembra*. La continentalità termica sembra poco influente sulla presenza del cembro, mentre viene confermata la soglia di 45° dell'indice di Gams nel delimitare la distribuzione della specie.

CONCLUSIONI

La redazione di una carta della distribuzione per le Alpi Orobie ha permesso di delimitare l'areale attua-

le del cembro che risulta più esteso di quello riscontrato nei lavori di sintesi finora pubblicati. I limiti di distribuzione sono controllati da fattori climatici ed edafici.

Le popolazioni più estese si trovano nel settore centrale del versante settentrionale delle Alpi Orobie, in Alta Val Camonica e in particolar modo presso il Passo del Mortirolo. Qui la specie dimostra buona capacità di diffusione ed è in grado di costituire fitocenosi con le altre conifere già a bassa quota (circa 1450 m). Il cembro diviene invece sporadico sullo spartiacque tra il versante settentrionale e quello meridionale delle Orobie; in quest'ultimo versante è confinato in alcune stazioni impervie nella testata della Valle di Carona, orientata in direzione E-O. Queste differenze tra i due versanti del sistema orobico sono attribuibili all'aumento di oceanicità del clima nel versante meridionale, che mostra un brusco aumento delle precipitazioni e una diminuzione delle escursioni termiche. Il cembro è del tutto assente nei distretti più piovosi delle Prealpi, delle Alpi bresciane e delle Alpi Orobie occidentali.

Dal punto di vista litologico la localizzazione del cembro interessa esclusivamente settori con rocce intrusive, metamorfiche o terrigene normalmente povere in basi, mentre non sono state osservate stazioni su rocce carbonatiche.

Sulla base delle osservazioni strutturali e demografiche è possibile individuare due principali tendenze: una condizione di equilibrio in Adamello e una tendenza generale all'espansione con numerose piante giovani sulle Alpi Orobie e soprattutto al Passo del Mortirolo. In questo secondo caso si assiste a una diffusione del cembro soprattutto nei pascoli abbandonati.

I dati strutturali sono in parte confermati dalle misure dendrocronologiche, che rivelano una diversità di accrescimento del cembro nelle diverse aree studiate. In Adamello il cembro sembra crescere più lentamente che nelle Alpi Orobie, probabilmente a causa delle quote più elevate. Sulle Alpi Orobie il cembro ha ricolonizzato soprattutto le aree più favorevoli alla crescita (pascoli in via di abbandono), in cui gli alberi hanno potuto raggiungere dimensioni notevoli in un arco di tempo più ridotto.

Le fitocenosi rilevate riflettono la duplice tendenza delle popolazioni di *Pinus cembra*: quelle d'alta quota sono distribuite all'interno di formazioni a forte determinismo stazionale, in particolar modo in Adamello, dove la specie si rinviene all'interno di cespuglieti a *Vaccinium gaultherioides* a nord e in

quelle a ginepro a sud. In questi habitat la rinnovazione è scarsa e le condizioni sono estremamente selettive.

Pinus cembra trova il proprio optimum all'interno di formazioni forestali molto simili ai boschi continentali centroalpini, fatta eccezione per le situazioni orobiche meridionali e camune meridionali, dove è presente su versanti ripidi e accidentati all'interno di comunità a pino mugo. In rare occasioni costituisce consorzi con l'abete bianco, specie indicatrice di oceanicità climatica.

La tendenza all'espansione è evidente nelle fitocenosi arbustive corrispondenti ai cespuglieti a ericacee nelle zone subpianeggianti e alle praterie arbuste a *Festuca scabriculmis* ssp. *luedii* sui pendii con inclinazioni anche superiori ai 40°.

I dati distributivi e climatici raccolti consentono di tracciare un campo di esistenza del pino cembro nel settore studiato. Il limite dell'indice di Gams mostra una buona efficacia nei distretti indagati.

Le relazioni quota/precipitazioni si possono interpretare in termini di ampiezza dei limiti altitudinali: in Adamello e al P.so del Mortirolo, con precipitazioni moderate, il range appare ampio (1450-2360 m), mentre nelle Alpi Orobie la fascia altitudinale appare contratta. Non sembrano avere invece particolare influenza la continentalità termica e la piovosità, se considerate singolarmente, visto che le stazioni in cui è presente il cembro presentano valori rispettivamente più bassi e più alti di questi due parametri (Fig. 20 c,d).

Il cembro, come in generale tutte le specie forestali, è in espansione nelle aree indagate, al di sotto del limite fisionomico attuale degli alberi, soprattutto a seguito dell'abbandono delle attività pastorali e di taglio, analogamente a quanto noto per l'arco alpino nella sua generalità (HOFMANN; 1970, PIROLA e CREDARO, 1994).

Ringraziamenti – Un doveroso ringraziamento va rivolto a Cinzio De Carli, per aver messo a disposizione i suoi dati originali per il censimento di *Pinus cembra* nel Bresciano. Gli Autori ringraziano inoltre il prof. Francesco Sartori per la prima segnalazione della stazione del Laghesceul e il dott. Luca Garibaldi per aver segnalato la stazione di Santo Stefano mentre il presente lavoro era in corso. Si ringrazia infine Enel per aver fornito i dati termopluviometrici delle stazioni del Lago di Fregabolgia e di Pian delle Casere.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREIS C., 1986. La vegetazione. In: Lasen C. (a cura di), Le Alpi, guida alla natura dell'arco alpino. Ist. Geog. De Agostini, Novara: 1-192.
- ANDREIS C., ARMIRAGLIO S., CACCIANIGA M., CERABOLINI B., GUBERTINI A. e RAVAZZI C., 1996. Elemento boreale e vegetazione di *Vaccinio-Piceetea* sul versante meridionale delle Alpi Orobie. *Giorn. Bot. It.*, 130 (1): 480.
- ANDREIS C. e RINALDI G., 1989. Contributo alla conoscenza delle praterie a *Festuca scabriculmis* ssp. *luedii* dei versanti meridionali delle Alpi Orobie. *Riv. Mus. Civ. Sc. Nat. "E. Caffi" Bergamo*, 14: 81-98.
- ARIETTI N., 1977. La distribuzione del cembro nelle Alpi bresciane. *Natura Bresciana*, 14: 181-188.
- AUGIER J., 1966. Flore des bryophytes. Ed. P. Lechevalier, Paris: 1-702.
- BALDA R. P., 1980. Recovery of cached seeds by a captive *Nucifraga caryocatactes*. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 52: 331-346.
- BARTORELLI U., 1967. Tavole numeriche dell'assolazione per i luoghi della Terra nella fascia compresa da 36° a 48°, esposti comunque. *Acc. It. Sc. Forestali*, 16: 1-11.
- BELLONI S. e COJAZZI F., 1984. Il clima nelle Alpi ed i fattori che lo determinano. Museo della Valchiavenna.
- BERGAMASCHI G., 1853. Peregrinazione statistico-fitologica fatta dal dottor Giuseppe Bergamaschi nelle valli Camonica, Seriana, Brembana. Tip. eredi Bizzoni, Pavia, 1-116.
- BERNETTI G., 1995. Selvicoltura speciale. UTET, Torino: 1-415.
- BRAUN - BLANQUET J., 1948-1950. Übersicht der Pflanzengesellschaften Ratiens. *Vegetatio*, 1 (1): 29-40, (2-3): 129-146, (4-5): 285-316, 2 (1): 20-37, (2-3): 215-237, (4-5): 341-360.
- BRAUN - BLANQUET J. e JENNY H., 1926. Vegetations - Entwicklung und bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. *Denkschr. Schw. Naft. Ges.*, 63: 1-349.
- CHENEVARD P., 1914. Contributions à la Flore del Préalpes Bergamasques. *Ann. Conserv. Jard. Bot. Genève*, 18: 120-192.
- CONTINI L. e LAVARELO Y., 1982. Le pin cembro, répartition, écologie, sylviculture et production. INRA, Paris.
- CREDARO V. e PIROLA A., 1975. La vegetazione della provincia di Sondrio. Amm. Prov. di Sondrio.
- DE CARLI C., 1990. Il cembro nella provincia di Brescia. *Natura Bresciana*, 25: 159-166.
- DE CARLI C., TAGLIAFERRI F. e BONA E., 1999. Atlante corologico degli alberi e degli arbusti del territorio bresciano (Lombardia orientale). Museo Civico di Scienze Naturali, Brescia, Monografie di "Natura Bresciana", 23: 1-255.
- DEL FAVERO R., DE MAS G., LASEN C. e PAIERO P., 1985. Il pino cembro nel Veneto. Reg. Veneto, Assessorato Agr. e For. Dip. For.
- FENAROLI L., 1935. L'indice di continentalità igrica come mezzo di rappresentazione delle caratteristiche climatologiche di stazione e carta isepirica della montagna lombarda. *L'Universo, Firenze, ann.*, 16, 11: 1-14. 1 carta 1:400000.
- FENAROLI L., 1956. Lineamenti e caratteristiche della vegetazione e della flora delle Alpi Orobiche. *Monti e Boschi*, 7 (3): 103-113.
- FILIPELLO S., SARTORI F. e VITTADINI M., 1976. Le associazioni del cembro nel versante meridionale dell'arco alpino. Introduzione e caratteri floristici. *Atti Ist. Bot. Lab. e Critt. Univ. Pavia n.s.* 6 (11) 21-104.
- FILIPELLO S., SARTORI F. e VITTADINI M., 1980. Le associazioni del cembro nel versante meridionale dell'arco alpino. La vegetazione: aspetti forestali. *Atti Ist. Bot. Lab. e Critt. Univ. Pavia n.s.* 6 (14) 1-48.
- GIACOMINI V., PIROLA A. e WIKUS E., 1962. I pascoli dell'alta valle di San Giacomo. *Flora et Vegetatio Italica, Sondrio*, 4: 1-256.
- GRABHERR G., 1993. *Loiseleurio-Vaccinietea*. In: Grabherr G. & Mucina L. (eds.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II2. Natürliche Waldfreie Vegetation, 447-467, Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- GRENA M., 1990. Temperatura e parametri termici derivati nelle province di Bergamo, Brescia, Cremona e Mantova dal 1985 al 1984. Tesi di laurea, Università degli Studi di Milano, Anno Accademico 1989/90. Rel. S. Belloni.
- HOFMANN A., 1970. L'areale italiano del pino cembro. *Webbia*, 25 (1): 199-217.
- KRATOCHWILL A. e SCHWABE A., 1994. Coincidences between different landscape ecological zones and growth forms of Cembran pine (*Pinus cembra* L.) in subalpine habitats of the Central Alps. *Landscape Ecology*, 9 (3): 175-190.
- LANDOLT L., 1977. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Zurich: 1-208.
- LONATI M. e LONATI S., 1998. Ecologia e distribuzione di *Pinus cembra* in Valsesia. *Riv. Piem. St. Nat.*, 19: 3-16.
- MARCHESONI V., 1959. Il cembro, l'albero più espressamente alpino. *Natura Alpina*, 10 (4): 117-128.
- MINISTERO LL.PP. - SERVIZIO IDROGRAFICO - UFFICIO IDROGRAFICO DEL PO, 1921-1988. Annali idrologici. Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- MLINSEK D., 1975. Die Waldpflege im subalpinen Fichtenwald am Beispiel von Pokljnke. *Forstw. Cbl.*, 94: 202-209.
- MONICO G., 1991. Temperatura e parametri termici derivati nelle province di Como, Milano, Pavia, Sondrio, Varese dal 1955 al 1984. Tesi di laurea, Università degli Studi di Milano, Anno Accademico 1990/91. Rel. S. Belloni.
- MOTTA R. e MASARIN F., 1996. Strutture e dinamiche forestali di popolamenti misti di pino cembro (*Pinus cembra* L.) e larice (*Larix decidua* Miller) in Alta Valle Varaita (Cuneo, Piemonte). *Arch. Geobot.*, 2 (2): 123-132.
- NIMIS P. L., 1987. I macrolicheni d'Italia, chiavi analitiche per la determinazione. *Gortania - Atti Museo Friul. Storia Nat.*, 8: 101-220.
- PIGNATTI S., 1952. Introduzione allo studio fitosociologico della pianura veneta orientale. *Arch. Bot.*, 28 (4): 265-329.
- PIGNATTI S., 1982. Flora d'Italia. Edagricole, Bologna.
- PIGNATTI S., 1998. I boschi d'Italia. UTET, Torino: 1-677.
- PIROLA A. e CREDARO V., 1994. Il ritorno del bosco. Osservazioni sulla riforestazione spontanea in atto in Lombardia. *Storia urbana*, 69: 23-33.
- PIUSSI P., 1986. La rinnovazione delle peccete subalpine. *Le*

- Scienze*, 37 (215): 58-67.
- PODANI J., 1994. Multivariate data analysis in ecology and systematics. Ecological computation series (ECS), 6. SPB Academic Publishing bv- The Hague.
- REISIGL H. e KELLER R., 1990. Fiori e ambienti delle Alpi. Museo Trid. Sc. Nat., Trento: 1-138.
- REISIGL H. e KELLER R., 1995. Guida al bosco di montagna. Zanichelli, Bologna: 1-144.
- RODEGHER E. e VENANZI G., 1894. Prospetto della Flora della provincia di Bergamo. Tip, Soc, Treviglio (BG): 1-144.
- ROTA L., 1853. Prospetto della Flora della provincia di Bergamo. Mazzoleni, Bergamo: 1-146.
- UNTERRICHTER M., 1986. Il Cirmolo. Note ecologiche, vivistiche e selviculturali. Arborea, 7: 1-114. Reg. Lombardia.
- WÄLLNOFER S., 1993. *Vaccino-Piceetea*. In: Grabherr G., Mucina L. e Wällnöfer S. (eds.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil 3. – Wälder und Gebüsche, 283-337. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.

APPENDICE

Località	Carta C.T.R.		Coord. X	Coord. Y
Val Tartano (M.te Gavet)	C3b4		1554040	5103269
Val Venina (Lago Venina)	C3d4		1566661	5103381
Val d'Arigna (S. Stefano)	C3e3	Nord	1575005	5108218
		Sud	1575185	5107994
		Est	1575185	5107994
		Ovest	1574901	5108157
Val Bondone (Laghescœul)	D3a3	Nord	1583238	5107625
		Sud	1583224	5107297
		Est	1583332	5107475
		Ovest	1582968	5107399
Val del Livrio (Camp Cervè)	C3d3	Nord	1565986	5106618
		Sud	1565349	5105006
		Est	1566287	5106396
		Ovest	1565063	5105662
Val del Livrio (da Casera la Piana a Lago del Publino)	C3d4	Nord	1564927	5103452
		Sud	1564464	5101752
		Est	1565152	5102660
		Ovest	1564418	5101820
Val Vitalengo	C3c3	Nord	1559846	5105812
		Sud	1560322	5103551
	C3c4	Est	1560609	5103873
		Ovest	1559370	5104294
Val Cervia sinistra idrografica (da Baita Campomoro a La Piana)	C3c3	Nord	1560445	5106044
		Sud	1561040	5101099
	C3c4	Est	1561547	5101890
		Ovest	1560083	5105429
Val Cervia destra idrografica (da Baituccia a Baita Publino)	C3c3	Nord	1562135	5106330
		Sud	1562132	5101389
	C3c4	Est	1562876	5104833
		Ovest	1561538	5105847