

L'ORCHIDEA *HIMANTOGLOSSUM ADRIATICUM* H. BAUMANN IN LOMBARDIA

ELIA LIPRERI¹⁻², GUIDO BRUSA³, MARIO FERRARI², ROBERTA CERIANI⁴, STEFANO ARMIRAGLIO¹⁻²

Parole chiave – Direttiva Habitat, geoecologia, modello di distribuzione spaziale, specie vegetali.

Riassunto – Nell'ultimo quinquennio è stato intrapreso un monitoraggio delle popolazioni lombarde di *Himantoglossum adriaticum*, in quanto questa orchidea è inserita negli Allegati II e IV della Direttiva "Habitat" (92/43/CEE). Le segnalazioni di *H. adriaticum* ottenute da diverse fonti hanno consentito di precisarne la distribuzione e di inquadrare la specie dal punto di vista geoecologico, così da confermare che *H. adriaticum* è strettamente confinato a suoli di natura carbonatica. Nell'area alpina la distribuzione corrisponde in prevalenza al sistema collinare; quindi è presente a quote sensibilmente inferiori rispetto a quanto si riscontra nell'area appenninica, dove la distribuzione risulta più uniforme e condizionata dall'uso del suolo. Il numero di individui non varia tra le due aree analizzate, dove prevalgono piccole popolazioni con meno di dieci individui. Il confronto tra il modello di idoneità ecologica e la distribuzione delle popolazioni note evidenzia una ampia potenzialità, che potrebbe indicare una sottostima della presenza di *H. adriaticum* oppure zone non ancora colonizzate.

Keywords– geoecology, Habitats Directive, plant species, spatial distribution model.

Abstract – *The orchid Himantoglossum adriaticum* H. Baumann in Lombardy. In the past five years, the monitoring of the Lombard populations of *Himantoglossum adriaticum* was undertaken, since this orchid had been included in Annexes II and IV of the "Habitats" Directive (92/43/EEC). Records of *H. adriaticum* acquired from various sources allowed the interpretation of its distribution and understanding the species from a geoecological perspective, in order to confirm that *H. adriaticum* is strictly confined to calcareous soils. In the Alpine area, the distribution mainly corresponds to the hilly system; accordingly, it occurs at significantly lower altitudes than the Apennine area, where the distribution is more uniform and influenced by land use. The number of individuals does not differ between the two analysed areas, where small populations with fewer than ten individuals are prevailing. The comparison between the ecological suitability model and the distribution of known populations highlights significant potential, which could indicate an underestimation of the presence of *H. adriaticum* or areas not yet colonized.

INTRODUZIONE

La Direttiva Habitat (92/43/CEE, abbreviata come DH) costituisce le fondamenta della politica di conservazione della natura nell'Unione Europea. Questa norma definisce l'istituzione dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC), che sono designati come Zone Speciali di Conservazione (ZSC) in seguito alla formalizzazione degli obiettivi e delle misure di conservazione sito-specifiche. Queste aree protette, assieme alle Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva Uccelli (79/409/CEE successivamente abrogata e sostituita dalla Direttiva 2009/147/CE), formano un sistema di Siti esteso a tutti gli Stati Membri dell'Unione Europea, noto come Rete Natura 2000.

La DH (art. 11) impone agli Stati Membri la sorveglianza dello stato di conservazione delle specie e degli habitat

di interesse comunitario all'interno del loro territorio (art. 17) e li impegna a trasmettere ogni sei anni alla Commissione Europea una relazione contenente i principali risultati di tale monitoraggio. Nello specifico, il monitoraggio delle specie di interesse comunitario si basa sull'individuazione diretta delle popolazioni e sul rilevamento di alcuni parametri specie-specifici (Ercole *et al.*, 2016). I dati così raccolti sono fondamentali per definire lo stato di conservazione della specie, che deve essere valutato separatamente per le diverse Regioni Biogeografiche in cui l'Europa è suddivisa (DG ENVIRONMENT, 2017). In Lombardia, lo stato di conservazione delle specie di interesse comunitario è quindi determinato separatamente per la Regione Biogeografica Alpina e per quella Continentale (BRUSA *et al.*, 2018).

¹ Museo Civico di Scienze Naturali, Sez. di Botanica. Via Ozanam 4, 25128 Brescia.

² Centro Studi Naturalistici Bresciani c/o Museo Civico di Scienze Naturali, via Ozanam 4, 25128 Brescia.

³ Via Corridoni 97, 21100 Varese.

⁴ Centro Flora Autoctona; CFA, c/o Consorzio Parco Monte Barro, via Bertarelli 11, 23851, Galbiate (LC).

✉ elipreri@comune.brescia.it

Tra i 35 *taxa* (specie o gruppi di specie) di interesse comunitario presenti in Lombardia (BRUSA *et al.*, 2018), è annoverata l'orchidea *Himantoglossum adriaticum* H. Baumann (da qui in poi abbreviata in *Ha*), inclusa in due Allegati della DH: l'Allegato II, che elenca le specie la cui conservazione richiede la designazione di ZSC e che quindi rientrano tra gli obiettivi generali di conservazione sito-specifici; e l'Allegato IV, comprendente le specie che richiedono una protezione rigorosa e, in tal senso, risultano protette dalla normativa regionale (Regione Lombardia Legge Regionale 31 marzo 2008, n. 10 "Disposizioni per la tutela e la conservazione della piccola fauna, della flora e della vegetazione spontanea"). *Ha* non è considerata tra le specie a rischio di estinzione (LC - *Least Concern*) secondo le più recenti Liste Rosse italiana (ROSSI *et al.*, 2013) ed europea (BILZ *et al.*, 2011). Tuttavia, il suo stato di conservazione *sensu* DH (DG Environment, 2017) nella Regione Alpina e in quella Continentale è considerato sfavorevole-inadeguato sia in Europa (Eionet Portal, <https://nature-art17.eionet.europa.eu/article17/species/summary/>) sia in Lombardia (BRUSA *et al.*, 2018); invece in Italia (ERCOLE *et al.*, 2021), il suo stato di conservazione è confermato come tale soltanto nella Regione Alpina, mentre è considerato come favorevole in quella Continentale. Un elemento cardine di questa valutazione sono i *Favourable Reference Values* (FRVs), che nel caso di specie di interesse comunitario si riferiscono al *range* e alla dimensione della popolazione (BILSMA *et al.*, 2019). Tuttavia, in Italia i FRVs di *Ha* non sono ancora stati definiti (ISPRA, <https://reportingdirettivahabitat.isprambiente.it/downloads>).

La presente ricerca ha lo scopo di definire con accuratezza l'area di distribuzione di *Ha* in Lombardia, di evidenziarne la geoecologia e di valutarne eventuali differenze tra le popolazioni appenniniche e quelle alpine. Inoltre, per *Ha* è stato realizzato un modello di idoneità ecologica per valutare le reali potenzialità di questa orchidea. I risultati di queste analisi costituiscono un'adeguata base conoscitiva per l'elaborazione dei FRVs per *Ha*, anche mediante una loro declinazione alla scala regionale con lo scopo di indirizzare gli obiettivi di conservazione nelle ZSC lombarde e più in generale su tutto il territorio.

METODI

Himantoglossum adriaticum (*Ha*)

Ha (famiglia *Orchidaceae*) presenta un areale adriatico-mediterraneo, interessando Slovenia, Austria, Repubblica Ceca, Slovacchia, Ungheria, Bosnia-Erzegovina e Albania (BÓDIS *et al.*, 2019) e quindi gran parte del territorio italiano, con la sola esclusione di Valle d'Aosta, Puglia, Sicilia e Sardegna (BARTOLUCCI *et al.*, 2018).

Come altre orchidee, a livello radicale instaura relazioni simbiotiche mutualistiche con un'ampia gamma di organismi fungini, in prevalenza basidiomiceti e ascomiceti, che ne supportano sviluppo e crescita anche in fase adulta (GARGANO *et al.*, 2016; PECORARO *et al.*, 2013; BÓDIS *et al.*, 2019). La fioritura è primaverile, tra la fine di maggio e la prima metà di giugno; la fruttificazione avviene nel mese di giugno e successivamente la pianta entra in una fase di quiescenza fino al seguente inverno (BRUSA & RAIMONDI, 2020).

In Lombardia, *Ha* cresce generalmente sino a quote di poco inferiori ai 900 m (BRUSA & RAIMONDI, 2020) in prati xerici e soprattutto nei relativi orli erbacei, dove è generalmente limitata a poche stazioni, la maggior parte delle quali costituite da pochi esemplari. In ambienti sinantropici, spesso disturbati, sono state osservate popolazioni dense (decine di esemplari).

Sotto il profilo sintassonomico questa orchidea viene considerata indicatrice di brometi mesoxerofili e considerata caratteristica di *Mesobromion* nelle colline delle Prealpi Settentrionali (OBERDORFER, 1994), mentre più genericamente sull'arco alpino (AESCHIMANN *et al.*, 2004) viene indicata come specie preferenzialmente presente nelle comunità di orlo termo-eliofile e xerofile (*Geranion sanguinei*). Facendo riferimento alla DH, le comunità vegetali più affini sono quelle che sono identificate con l'habitat di interesse comunitario 62A0 "Formazioni erbose secche della regione submediterranea orientale (*Scorzoneretalia villosae*)" (BIONDI *et al.*, 2009).

DATI FLORISTICI

Raccolta

I dati disponibili per *Ha* derivano da un processo di raccolta che ha interessato gli *exsiccata* conservati negli erbari (in particolare del Museo di Scienze Naturali di Brescia e dell'Orto Botanico di Bergamo, rispettivamente codificati come HBBS e BER); le banche dati della "Flora della Lombardia centro-orientale" (MARTINI *et al.*, 2012) e quelle alimentate da progetti di *Citizen science* (iNaturalist, CSMON-LIFE-Biodiversità Brescia, App dell'Osservatorio regionale della Biodiversità Lombardia).

Successivamente queste informazioni sono state validate e quindi integrate con dati raccolti *ad hoc* durante apposite campagne di censimento e monitoraggio della flora di interesse comunitario tuttora in corso, promosse dall'Osservatorio Regionale della Biodiversità e condotte dalla Società Botanica Italiana-Sezione Lombarda, dal Centro Flora Autoctona, dal Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia in collaborazione con l'Associazione

Botanica Bresciana, il Centro Studi Naturalistici Bresciani e il gruppo Flora Alpina Bergamasca, i cui risultati sono in parte già stati riportati in report specifici (BRUSA *et al.*, 2018; AA.VV., 2018).

Per il presente studio, sono stati considerati 196 dati floristici riferiti a *Ha* in tutto il territorio lombardo.

Organizzazione dei dati

A causa della complessiva difficoltà di distinguere le popolazioni (WELLS & RICHMOND, 1995), anche nel caso specifico di *Ha*, si è deciso di impiegare il concetto di “deme” (GILMOUR & HESLOP-HARRISON, 1954), inteso come un qualsiasi gruppo di individui di un determinato *taxon*. Sul piano pratico (Stace, 1991), il concetto di deme può essere articolato in:

- topodeme: un deme che occorre all'interno di una determinata area geografica (a qualsiasi scala di definizione);
- ecodeme: un deme che occorre all'interno di un determinato tipo di habitat (comunque definito, quindi non soltanto quelli di interesse comunitario *sensu* DH).

In termini pratici, ogni topodeme corrisponde a un gruppo di individui spazialmente separati da un altro gruppo di individui per almeno 1 km di distanza e comunque in situazioni di relativo isolamento territoriale. Inoltre, ogni topodeme può essere articolato in più ecodemi, in cui ciascuno ecodeme è costituito da gruppi di individui presenti in uno stesso habitat con la stessa gestione, sottoposti alle medesime pressioni/minacce e non separati tra loro da un altro tipo di habitat.

I topodemi sono identificati in modo univoco da una sigla, costituita dalle iniziali del nome della specie e da un progressivo numerico a tre cifre (es. HA004). Nel caso un topodeme comprenda più ecodemi, ciascuno di questi ultimi è identificato dal codice del topodeme seguito dal simbolo “_” e da un altro numero progressivo (a due cifre) che individua il singolo ecodeme (es. HA004_01).

A ciascun topodeme è stata attribuita un'accuratezza nella geolocalizzazione, sulla base di quanto fornito dalla fonte originale del dato sottoforma di semplice toponimo o di coordinate (a diverso grado di precisione). In tal modo, i topodemi sono stati considerati con geolocalizzazione accurata (precisione metrica, in genere rilevata tramite dispositivi con geolocalizzatore) oppure stimata (altri casi). Le coordinate degli ecodemi sono state riproiettate ad un unico sistema di coordinate (WGS 84 / UTM zone 32N).

Distribuzione regionale

La ricerca si pone come limite i confini amministrativi della Regione Lombardia. Sulla base dei dati floristici raccolti e quindi delle conoscenze attuali, sono state

identificate due grandi aree di studio disgiunte tra loro per quanto riguarda la distribuzione di *Ha*:

- area alpina: comprendente tutti i dati floristici nelle province di Lecco, Bergamo e Brescia (Regione Alpina *sensu* DH); per vicinanza geografica vi sono state inserite anche le colline moreniche bresciane (formalmente nella Regione Continentale *sensu* DH);
- area appenninica: comprendente i dati floristici ubicati in provincia di Pavia e più precisamente nell'Oltrepò Pavese. Tutti questi dati sono riferiti alla Regione Continentale.

Per evidenziare eventuali differenze nelle successive analisi, le due aree di studio sono state trattate separatamente.

Geoeccologia

Gli strati informativi utilizzati nell'analisi sono stati i seguenti (tra parentesi la risoluzione del dato alla fonte):

- Quota (10 m): altitudine in metri sul livello del mare (TARQUINI *et al.*, 2007);
- Esposizione (10 m): derivata dal precedente strato informativo ed espressa come coseno dell'angolo derivato dall'elaborazione in GIS (-1, nord; 0, est o ovest; +1, sud);
- Radiazione solare (10 m): calcolata come valore globale tramite la funzione *r.sun* di GRASS GIS (Krcho, 1990; Jenco, 1992), con valori fissi di coefficiente di torbidità di Linke (3.0) e di albedo (0.2) e considerando l'ombreggiamento della topografia. Dato calcolato come $Wh\ m^{-2}\ day^{-1}$;
- NDVI (10 m): il *Normalized Difference Vegetation Index* è stato derivato da tre immagini del satellite Sentinel-2 riferite ai giorni 31/07/2018 e 18/07/2018 per l'area alpina e a 01/07/2018 per l'area appenninica. Sono state scelte la banda 8 (NIR) e la banda 4 (RED), secondo la formula riportata da Henrich *et al.* (2012): $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$;
- Suolo (scala 1:10.000 o 1:250.000): per ottenere un'indicazione del grado di reazione del suolo, sono state riclassificate alcune mappe (Basi Ambientali della Pianura – Geomorfologia; Carta Geologica) disponibili sul Geoportale della Lombardia (Regione Lombardia, <https://www.geoportale.regione.lombardia.it/>). Le categorie di suolo considerate sono state: anfitrati morenici recenti-occidentali, anfitrati morenici recenti-orientali, carbonatico, sciolto acido, sciolto basico, silicatico, terrazzi e anfitrati morenici antichi e intermedi;

- Precipitazioni (900 m): come valore cumulativo annuale medio in millimetri (PESARESI *et al.*, 2017);
- Uso del suolo (scala 1:10.000): ricavato dalla cartografia DUSAF 6.0 (Geoportale della Lombardia) riclassificata per il presente studio nelle seguenti categorie: acqua, aree antropizzate, aree agricole, aree aperte (comprendenti praterie, zone con scarsa vegetazione, ecc.), arbusteti, boschi.

Tutti gli strati informativi sono stati utilizzati in formato raster e quindi ricampionati rispetto a una cella di 10 m con il metodo “*nearest neighbor*”, utilizzando la quota come riferimento di coordinate (WGS 84 / UTM zone 32N). I dati dei raster sono di tipo numerico continuo, con l’eccezione di Suolo e Uso del suolo che sono variabili categoriche.

Per le analisi riguardanti questi *raster*, sono stati utilizzati unicamente i dati floristici con geolocalizzazione accurata.

Analisi statistica

La distribuzione delle variabili ricavate dagli strati informativi riferite ai punti degli ecodemi con geolocalizzazione accurata è stata determinata in ambiente R.

Il confronto tra le popolazioni alpine e quelle appenniniche è stato effettuato applicando il test di Wilcoxon (test U di Mann-Whitney) per le variabili numeriche. Per le variabili categoriche è stato invece impiegato il test chi-quadro.

Modello di idoneità ecologica

Per lo sviluppo di un modello di idoneità ecologica in ciascuna delle due aree di studio, è stato impiegato il metodo MaxEnt, che elabora la potenziale distribuzione geografica di una specie utilizzando informazioni unicamente sulla sua presenza e diverse variabili ambientali (PHILLIPS *et al.*, 2006; PHILLIPS & DUDÍK, 2008). Questo metodo, ecologicamente orientato (ELITH *et al.*, 2011), restituisce generalmente buoni modelli predittivi rispetto ad altri metodi che utilizzano la sola presenza (ELITH *et al.*, 2006) e, inoltre, risulta poco influenzato dalla collinearità tra le variabili (FENG *et al.*, 2019). In particolare, MaxEnt è stato utilizzato con successo per modellizzare la distribuzione di specie rare e quindi per indirizzarne la ricerca in nuovi siti (FOIS *et al.*, 2015; JACKSON & ROBERTSON, 2011; MENON *et al.*, 2010).

Nell’elaborazione, sono state utilizzate le impostazioni di default (package R “*dismo*” v. 1.3-5; HIJMANS *et al.*, 2011), utilizzando dati di

pseudo-assenza generati in modo tale da non ricadere nella stessa cella di 10 m dove è segnalata la presenza di *Ha*. In questa elaborazione sono stati considerati soltanto i dati floristici di *Ha* con geolocalizzazione accurata, inclusi i topodemi/ecodemi considerati come estinti. Le variabili ambientali utilizzate nei modelli sono quelle dei summenzionati strati informativi. Come soglia di probabilità di presenza è stata scelta quella del criterio “*maximum training sensitivity plus specificity*” (LIU *et al.*, 2013).

Dimensionamento delle popolazioni

La consistenza numerica è in genere riferita a un topodeme o a ciascun ecodeme, dato che ogni topodeme può essere articolato in uno o più ecodemi. L’unità di misura utilizzata è il numero di individui maturi, ovvero le piante in grado di riprodursi (DG ENVIRONMENT, 2017). Per semplicità, sono state quindi considerate le piante fiorite.

Per le analisi di consistenza numerica sono stati considerati soltanto i dati floristici con geolocalizzazione accurata raccolti fino al 2021; nel caso di più conteggi per il medesimo ecodeme, è stato considerato quello più recente. Di conseguenza, gli ecodemi in cui *Ha* non è stato più ritrovato sono stati esclusi da questa analisi. Il numero di individui conteggiato nei singoli ecodemi di un determinato topodeme è stato sommato e quindi assegnato a quest’ultimo. In tal modo, è stato possibile ricavare la consistenza numerica in individui per 10 topodemi dell’area di studio alpina e 20 per quella appenninica.

Relazione tra dimensione della popolazione e idoneità ecologica

Sono stati analizzati unicamente i topodemi della precedente analisi, includendo però un topodeme considerato come ragionevolmente estinto (HA028), in quanto ritenuto potenzialmente in grado di contribuire in modo rilevante all’analisi.

Per ciascun topodeme sono stati considerati i valori nelle più vicine celle dei modelli di idoneità ecologica. Nello specifico, è stata calcolata la media delle 9 celle (10x10 m) più prossime a ciascuna geolocalizzazione. In tal modo, si è esaminato un intorno che risulta più rappresentativo dell’habitat locale della specie, anche in relazione alla più ampia presenza di *Ha* rispetto alla segnalazione forzosamente di tipo puntuale e quindi riconducibile ad una sola cella. I valori medi per ciascun topodeme sono stati analizzati in rapporto al numero di individui (trasformato logaritmicamente) mediante un’analisi di regressione lineare, in modo separato per ciascuna area di studio.

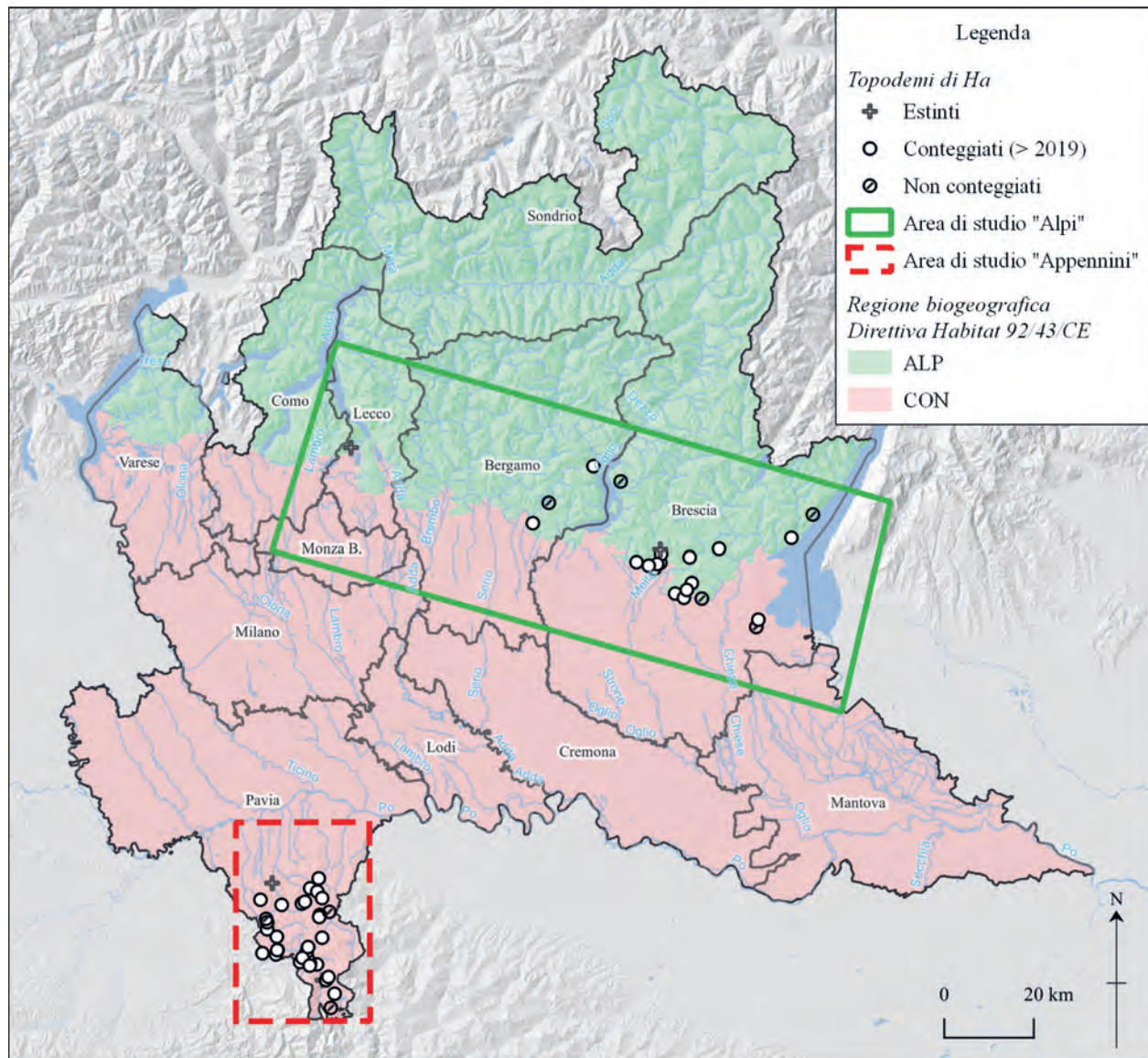


Figura 1. – Distribuzione di Ha in Lombardia, nell'area alpina e in quella appenninica.

RISULTATI

Distribuzione regionale

La campagna di rilevamento ha individuato 58 topodemi di *Ha* in Lombardia, così suddivisi (figura 1):

- area alpina: 23 topodemi distribuiti tra l'apparato morenico del Garda e le Prealpi Gardesane, Bresciane e Bergamasche. A ovest di queste ultime, un unico topodeme (HA028) è segnalato nei pressi di Civate nelle Prealpi Comasche-Lecchesi (ARRIGONI, 2005), ma è ormai da anni ritenuto estinto;

- area appenninica: 35 topodemi distribuiti principalmente in Val Staffora, secondariamente nella valle del Torrente Coppa (o Torrente Ghiaia di Montalto) e in Val Tidone.

Geoeccologia

Le due aree geografiche risultano statisticamente differenti (test U di Mann-Whitney) riguardo a tutte le variabili numeriche analizzate (tabella 1, figura 2):

- quota ($Z=6.792$, $p<0.005$), con le popolazioni appenniniche poste a quote superiori;

Area di studio	Quota	Esposizione	Radiazione solare	NDVI	Precipitazioni
alpina	(159) 281 (705)	(-0.56) +0.47 (+1.00)	(3894) 5593 (6358)	(0.19) 0.65 (0.81)	(976) 1069 (1560)
appenninica	(161) 460 (1057)	(-1.00) +0.02 (+0.95)	(4218) 5304 (5992)	(0.40) 0.62 (0.76)	(763) 827 (1103)

Tabella 1. – Valori (minimo, mediana, massimo) per le variabili numeriche degli strati informativi nelle due aree di studio.

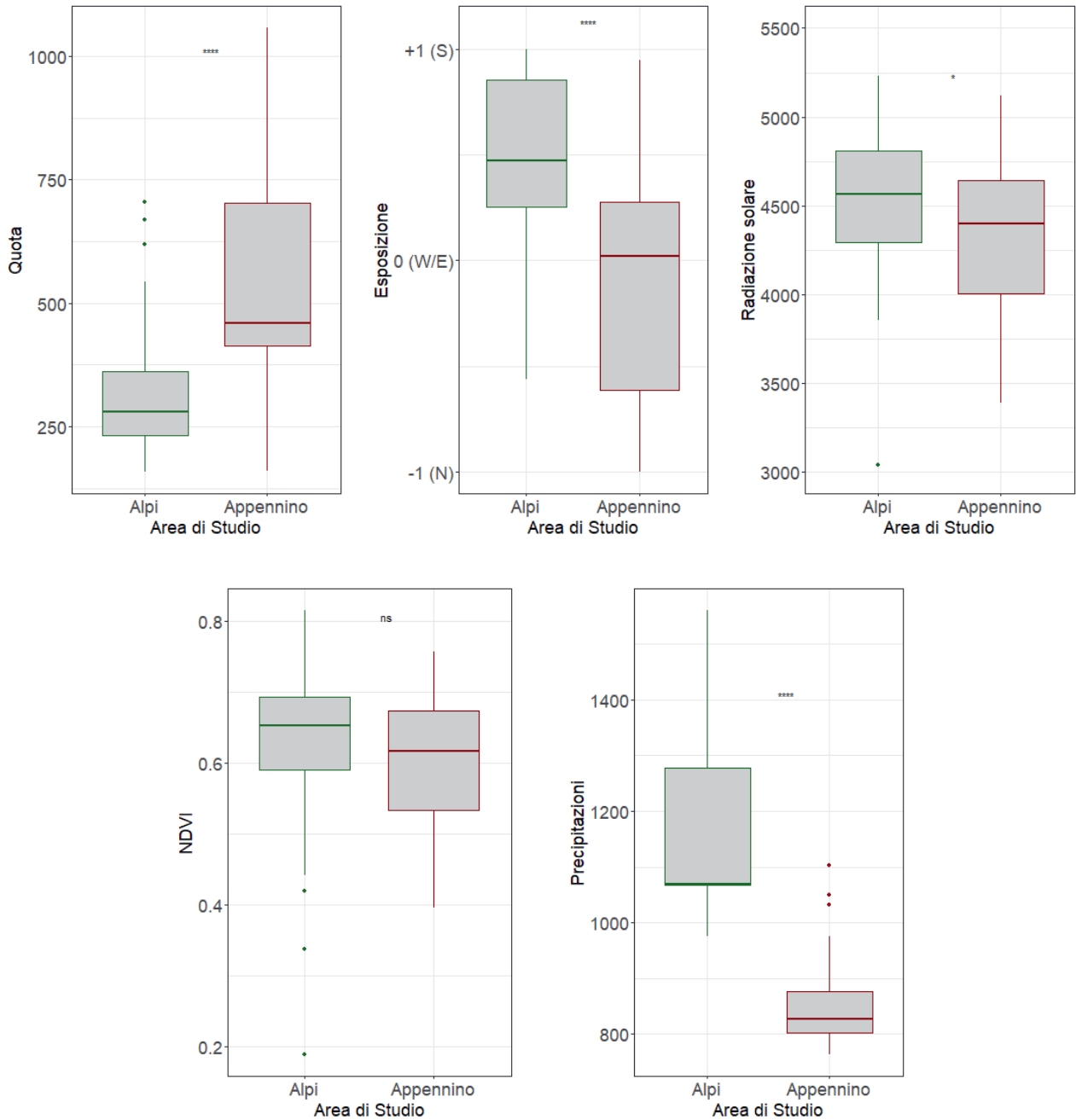


Figura 2. – Box-plot per le variabili numeriche degli strati informativi nelle due aree di studio.

- esposizione ($Z=4.841$, $p<0.005$), con le popolazioni alpine situate su versanti esposti in maggior misura verso sud;
- radiazione globale media ($Z=2.430$, $p<0.050$), con le popolazioni alpine situate in stazioni soggette a una relativa maggiore radiazione;
- precipitazioni ($Z=8.244$, $p<0.005$), con le popolazioni appenniniche in aree soggette a minori precipitazioni.

L'unica variabile numerica non risultata statisticamente significativa è stata NDVI, quantunque al limite della significatività statistica ($Z=1.938$, $p=0.053$).

I grafici di figura 3 e 4 mostrano rispettivamente la distribuzione per il tipo di Suolo e l'Uso del suolo per i topodemi/ecodemi nelle due aree di studio.

La distribuzione per il tipo di Suolo (figura 3) non è stata testata statisticamente in quanto la distribuzione attesa viola l'applicabilità del test chi-quadro (frequenze attese per anfiteatri morenici recenti e per sciolto inferiori a 5). Di fatto, *Ha* è costantemente presente su suolo derivante da litologie di natura carbonatica (97% di tutti gli ecodemi analizzati). La distribuzione per l'Uso del Suolo (figura 4) risulta statisticamente significativa (test chi-quadro: $\chi^2=45.79$, g.d.l.=3, $p<0.001$), indicando una

distribuzione non casuale nelle frequenze osservate degli usi del suolo nelle due aree di studio. Più in dettaglio, per l'area Alpina si riscontra una frequenza osservata nei boschi maggiore rispetto a quella attesa. In antitesi, per l'Area appenninica si osserva una maggiore frequenza osservata rispetto a quella attesa per gli arbusteti e per le zone agricole. Per le aree aperte la frequenza attesa è simile a quella osservata in entrambe le aree di studio.

Modelli di idoneità ecologica

Per l'area alpina, il valore di *Area Under the Curve* (AUC) per il modello è pari 0.982. Le due principali variabili che influenzano il modello (tabella 2) sono Suolo e Quota. La soglia di probabilità di presenza è 0.056, corrispondente a una superficie potenzialmente idonea del 12.3% in questa area di studio (figura 5). In particolare, risultano ad elevata idoneità ecologica i rilievi prealpini che si affacciano sulla Pianura Padana, secondariamente le principali vallate prealpine e le pendici montuose che degradano verso il Lago di Garda.

Per l'area appenninica, il valore di AUC è di 0.931, quindi equiparabile a quello per l'area alpina. Le due principali variabili che influenzano il modello (tabella 2) sono Quota, come per l'area alpina, e Uso del Suolo. La soglia di probabilità di presenza è di 0.521, che determina una superficie potenzialmente

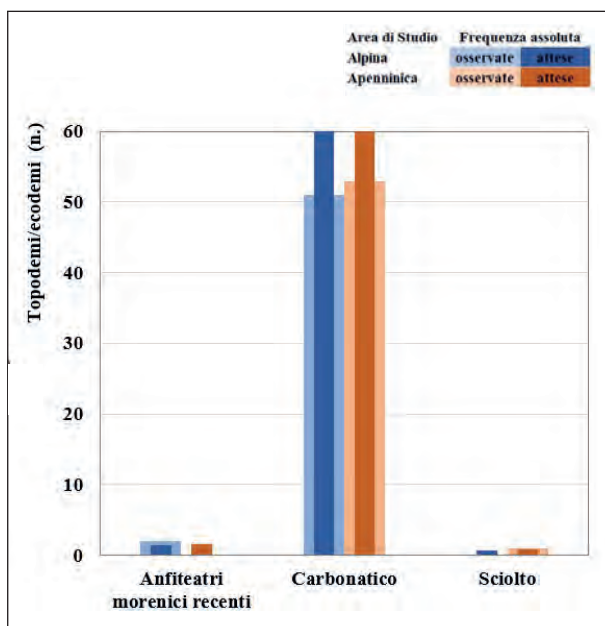


Figura 3. – Tipo di Suolo per i topodemi/ecodemi nelle due aree di studio.

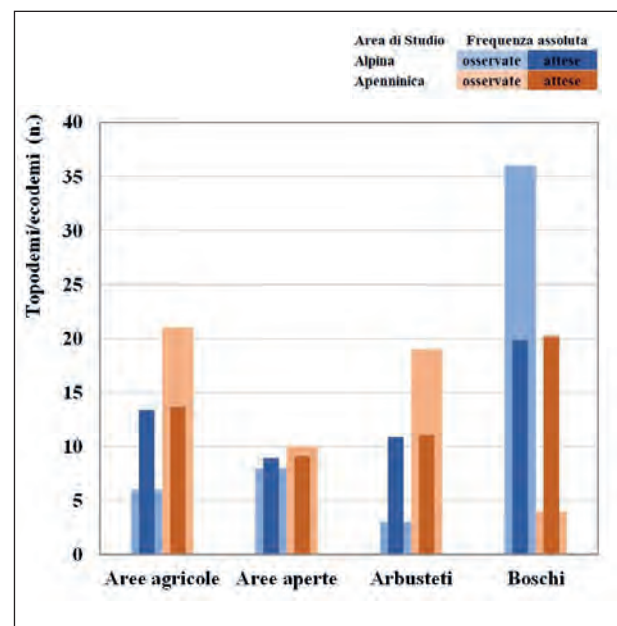


Figura 4. – Uso del suolo per i topodemi/ecodemi nelle due aree di studio.

Variabile ambientale	Alpi	Appennino
Quota	31.8	43.4
Uso del suolo	8.3	35.1
Suolo	34.1	0.0
NDVI	6.3	12.2
Esposizione	9.8	4.6
Precipitazioni	9.1	4.7
Radiazione solare	0.5	0.1

Tabella 2. – Contributo in termini percentuali di ciascuna variabile ambientale ai modelli di idoneità ecologica elaborati per le due aree di studio.

idonea pari al 8.7% (figura 5). Gran parte dell'area appenninica ha una diffusa presenza di zone con elevata idoneità ecologica, sebbene si riscontri una rarefazione verso sud.

Dimensioni delle popolazioni

Per l'area alpina sono conosciuti 22 topodemi in cui *Ha* è segnalato come ancora presente (tabella 3). I dati numerici sugli individui sono disponibili per 10 topodemi (45%), così che il relativo valore mediano è di 13.5 individui. HA051 è il più numeroso in assoluto con 113 individui,

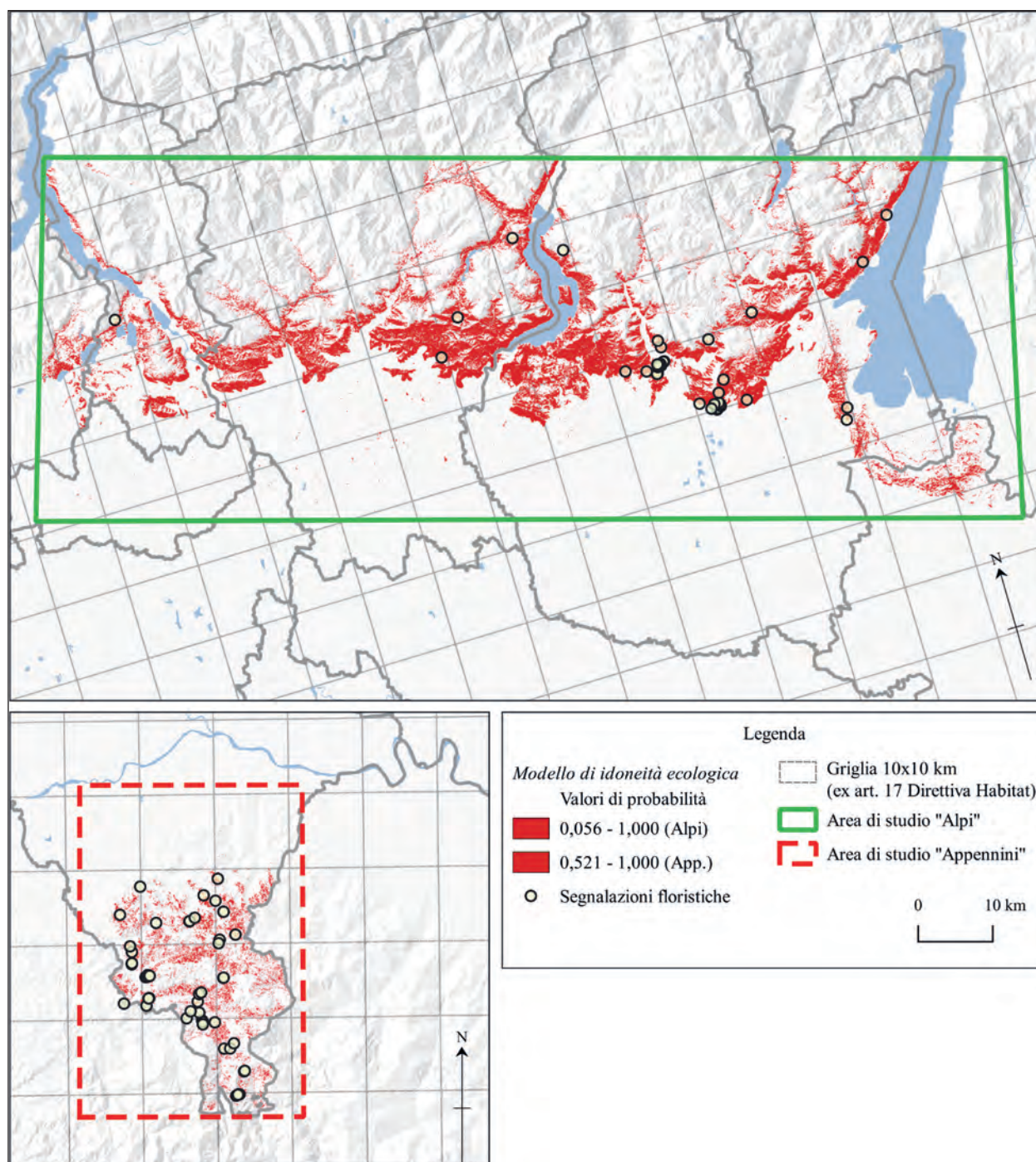


Figura 5. – Rappresentazione del modello di idoneità ecologica di *Ha* nell'area alpina ed appenninica. Il reticolato rappresenta la griglia 10x10 km utilizzata per il monitoraggio della distribuzione (ex art. 17 della DH).

mentre un solo topodeme (HA055) presenta un unico individuo.

Per l'area appenninica sono presenti 33 topodemi in cui *Ha* risulta ancora segnalato come presente (tabella 3). Per 20 di essi (61%) è disponibile il numero di individui, così che il valore mediano è quantificabile in 11.5 individui. HA045 è il più numeroso (78 individui), mentre quattro topodemi (HA009, HA039, HA043 e HA044) contano un solo individuo.

Entrambe le distribuzioni (figura 6) presentano code per elevati valori, ad indicare che la distribuzione è nettamente asimmetrica, cioè prevalgono le popolazioni con basse consistenze numeriche. Le popolazioni con meno di 10 individui costituiscono infatti il 50% del totale in entrambe le aree di studio. Non esistono comunque differenze statisticamente significative tra le due aree di studio nel numero di individui (test U di Mann-Whitney: $Z=0.773$, $p=0.440$).

Relazione tra dimensione della popolazione e idoneità ecologica

La relazione tra la consistenza numerica della popolazione e l'idoneità ecologica del sito in cui è stata rilevata è mostrata nella figura 7.

Per l'area alpina si riscontra una relazione positiva tra il numero di individui e la probabilità dell'idoneità ecologica del sito di crescita. Questa relazione è statisticamente significativa per entrambe le aree di studio. In altre parole, maggiore è l'idoneità ecologica del sito di crescita, maggiore è la consistenza numerica nel topodeme. Questa relazione si riscontra anche per l'area appenninica, anche se il modello spiega in minor misura i dati rilevati (il valore di R^2 è più basso rispetto a quello per l'area di studio alpina).

Un esame dei due modelli di regressione evidenzia un coefficiente angolare più elevato per l'area alpina, cioè una variazione nella probabilità dell'idoneità

Area alpina		Area appenninica			
Topodeme	Num. individui	Topodeme	Num. individui	Topodeme	Num. individui
HA022	22	HA003	2	HA038	15
HA025	37	HA004	3	HA039	1
HA026	4	HA009	1	HA040	39
HA031	53	HA010	40	HA041	41
HA032	5	HA012	8	HA042	73
HA033	74	HA015	16	HA043	1
HA047	4	HA020	3	HA044	1
HA051	113	HA035	24	HA045	78
HA053	2	HA036	15	HA046	15
HA055	1	HA037	2	HA048	5

Tabella 3. – Numero di individui per ciascun topodeme nelle due aree di studio.

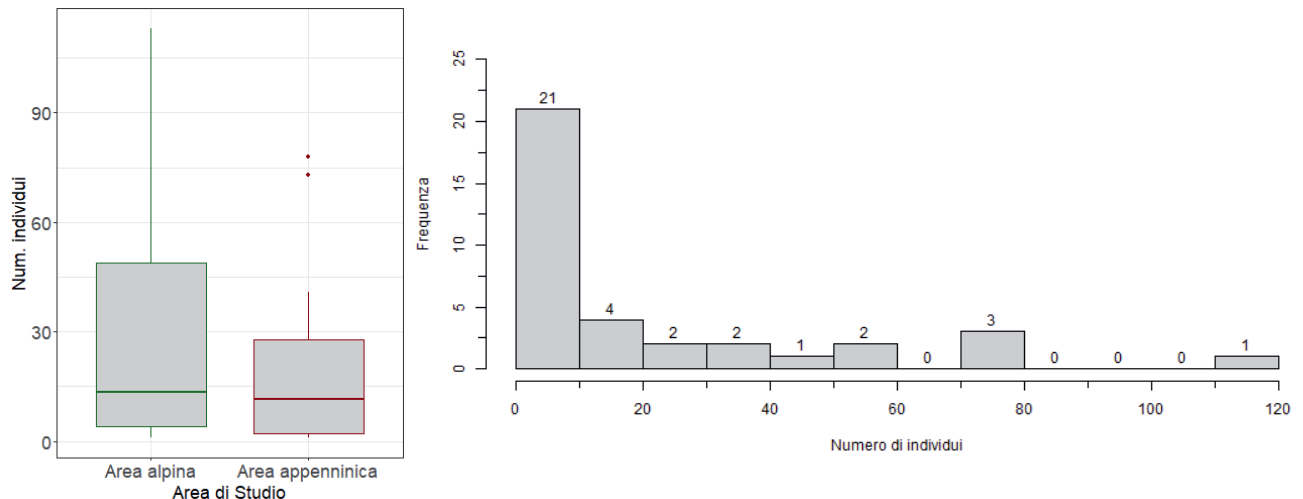


Figura 6. – Consistenza numerica in numero di individui per i topodemi analizzati. A sinistra, box-plot per le due aree di studio; a destra, distribuzione in classi di numero di individui a prescindere dall'area di studio.

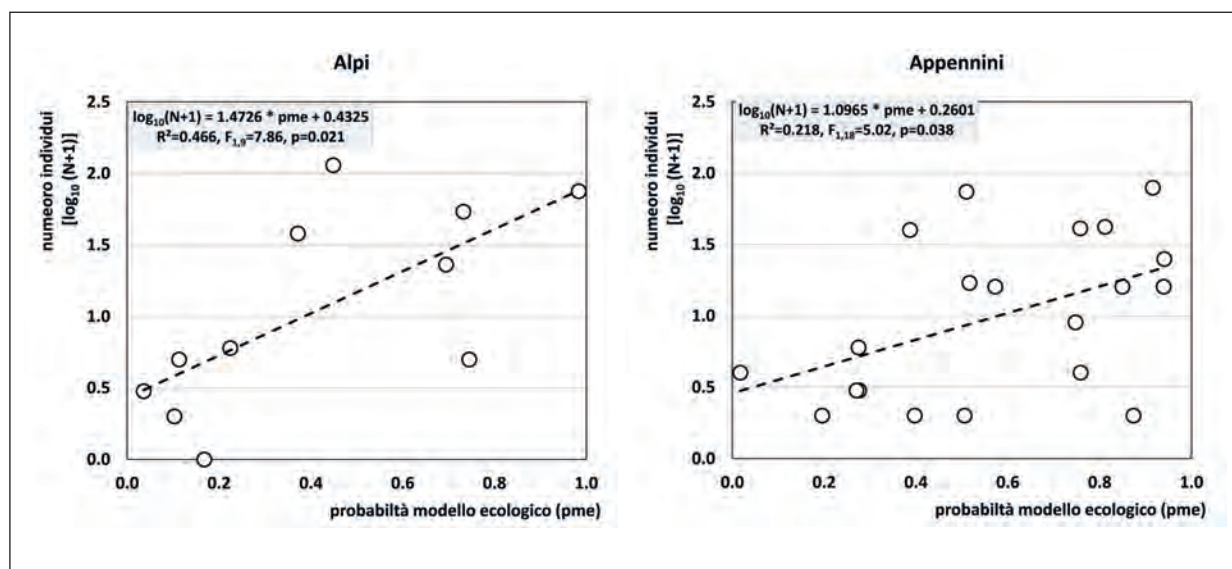


Figura 7. – Relazione tra il numero di individui (N) e la probabilità dell'idoneità ecologica (pme) per i topodemi rilevati nelle due aree di studio.

ecologica comporta una maggiore variazione nel numero di individui per i topodemi alpini rispetto a quelli appenninici. In termini pratici, se consideriamo i topodemi con almeno 10 individui, questi sono ubicati nelle zone dove la probabilità del modello di idoneità ecologica è maggiore di 0.413 per la regione alpina, salendo a 0.604 (+0.191) considerando topodemi di 20 individui. Queste soglie sono invece rispettivamente 0.713 e 0.969 (+0.256) per l'area appenninica.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In Lombardia, *Ha* risulta distribuito in due aree ben distinte, nel settore appenninico delle colline dell'Oltrepò Pavese e nei territori prealpini e collinari tra le Prealpi Gardesane occidentali e quelle Bergamasche orientali. Le popolazioni dell'area alpina sono particolarmente interessanti dal punto di vista biogeografico, in quanto risultano relativamente isolate (BÓDIS *et al.*, 2018; BÓDIS *et al.*, 2019). Ancora più interessante era l'unica stazione per le Prealpi Comasche-Lecchesi (ARRIGONI, 2005), la più a ovest di quelle dell'area alpina, sebbene dopo ricorrenti verifiche è stata da anni ritenuta estinta (BRUSA *et al.*, 2018).

Pur essendo i topodemi alpini circa la metà di quelli appenninici, tra le due aree di studio non si riscontrano differenze in termini di numero di individui per topodeme. In entrambe le aree di studio prevalgono i topodemi con uno scarso numero di individui, spesso con meno di 10. La consistenza delle popolazioni in Lombardia è comunque in accordo con il numero di piante fiorite in popolazioni rilevate nel centro Europa (BÓDIS, 2017).

In termini ecologici, si riscontrano differenze tra le due aree di studio nell'interpretazione della distribuzione locale: nell'area alpina *Ha* si osserva a quote significativamente più basse e più vincolate all'esposizione meridionale, quindi anche con una relativa maggiore radiazione solare, rispetto a quanto si riscontra nell'area appenninica. Nella parte meridionale del suo areale di distribuzione, *Ha* si rinviene infatti ad altitudini più elevate (BÓDIS *et al.*, 2019), mentre in quella alpina sembra prevalere il carattere termofilo di questa orchidea (FEKETE *et al.*, 2017; KLAVER, 2011).

Valori medio-alti di NDVI (0.50-0.75) suggeriscono che *Ha* si colloca principalmente in vegetazioni moderatamente dense e con una buona parte di componente boscata. In effetti la maggior parte degli ecodemi ricade in usi boschivi nell'area alpina, mentre in quella appenninica si riscontra di frequente in arbusteti. Tuttavia nell'area appenninica si rinviene soprattutto in aree agricole, quantunque dalle osservazioni dirette si riscontri un abbandono recente delle pratiche agronomiche, così che gli arbusteti rappresentano di fatto la successiva tappa evolutiva nella ricolonizzazione da parte della vegetazione naturale. Esistono quindi delle sostanziali differenze negli habitat tra le due aree di studio, ma in generale si conferma l'ampia gamma di ambienti colonizzabili da *Ha* (BÓDIS *et al.*, 2019).

Entrambi i modelli di idoneità ecologica presentano un valore di AUC superiore a 0.9, soglia che è considerata come eccezionalmente discriminante (HOSMER & LEMESHOW, 2000). La quota per entrambi i modelli ha un'importanza elevata nella distribuzione di *Ha*: è la prima variabile per l'area appenninica e la seconda per

quella alpina. Le altre variabili contribuiscono in modo differente. Per l'area alpina, oltre alla quota, è il suolo la variabile discriminante, poiché questo territorio presenta varie tipologie mentre *Ha* risulta costantemente confinato su litologie di natura carbonatica, cioè su suoli a reazione neutro-basica (BÓDIS *et al.*, 2019). Quest'ultimo tipo di suolo prevale invece nettamente nell'area appenninica e quindi questa variabile diviene poco discriminante; di conseguenza, assume un ruolo importante l'uso del suolo. Interessante è la presenza di *Ha* nell'area appenninica in differenti usi del suolo situati al margine delle strade, osservazione che conferma quanto già riscontrato in un altro studio per l'Italia centrale (KLAVER, 2011). Di fatto *Ha* viene considerata come una specie ecotonale (BÓDIS *et al.*, 2018).

Una delle molteplici finalità dei modelli di idoneità ecologica sviluppati con Maxent (ELITH *et al.*, 2011) è quella di supportare la scoperta di nuove popolazioni appartenenti alla flora inclusa nella DH (Fois *et al.*, 2015). Anche nel presente studio l'analisi dell'idoneità ecologica, rispetto ai dati floristici disponibili, definisce aree in cui non sono ancora note popolazioni di *Ha*, come a sud del Lago di Iseo, oppure alle estreme propaggini preappenniniche. Queste zone, sebbene ad elevata idoneità, continuano ad essere prive di segnalazioni

nonostante alcuni controlli di verifica sinora condotti (BRUSA G., oss. pers.). Pur considerando questi limiti, i due modelli sviluppati per *Ha* costituiscono una base di partenza per individuare zone di territorio con un habitat potenzialmente idoneo per questa specie, quindi secondo la DH definibili come "habitat di specie", cioè lo strato informativo che è alla base della valutazione dei FRVs (BIJLSMA *et al.*, 2019). Questo tipo di approccio metodologico ai FRVs risulta già essere stato utilizzato in Italia, ma soltanto per una farfalla protetta dalla DH (BONELLI *et al.*, 2021). In definitiva, l'elaborazione di modelli di idoneità ecologica per la maggior parte delle altre specie vegetali della DH, anche soltanto alla scala regionale, è auspicabile ai fini di indirizzare la loro conservazione.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Centro Studi Naturalistici Bresciani per aver aderito alla campagna di monitoraggio. Si desidera esprimere un ringraziamento speciale all'Associazione Botanica Bresciana e, in particolare, a Graziano Belleri e Aurora Tracconaglia, per il monitoraggio periodico di alcune popolazioni triumpine della specie.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2018. Piano d'azione per la Flora DH (II, IV) di Lombardia. Progetto LIFE IP GESTIRE 2020, azione A.10. ERSAF - Studio Silva.
- AESCHIMANN, D., LAUBER, K., MOSER, D. M., & THEURILLAT J. P. 2004. Flora alpina. ed. Zanichelli ISBN-10: 8808071596.
- ARRIGONI P., 2005. Una rara orchidea. Natura e Civiltà – Gruppo Naturalistico della Brianza.
- BARTOLUCCI F., PERUZZI L., GALASSO G., ALBANO A., ALESSANDRINI A., ARDENGHI N.M.G., ASTUTI G., BACCHETTA G., BALLELLI S., BANFI E., BARBERIS G., BERNARDO L., BOUVET D., BOVIO M., CECCHI L., DI PIETRO R., DOMINA G., FASCETTI S., FENU G., FESTI F., FOGGI B., GALLO L., GOTTSCHLICH G., GUBELLINI L., IAMONICO D., IBERITE M., JIMÉNEZ-MEJÍAS P., LATTANZI E., MARCHETTI D., MARTINETTO E., MASIN R.R., MEDAGLI P., PASSALACQUA N.G., PECCENINI S., PENNESI R., PIERINI B., POLDINI L., PROSSER F., RAIMONDO F.M., ROMA-MARZIO F., ROSATI L., SANTANGELO A., SCOPPOLA A., SCORTEGAGNA S., SELVAGGI A., SELVI F., SOLDANO A., STINCA A., WAGENSOMMER R.P., WILHALM T. & CONTI F., 2018. An updated checklist of the vascular flora native to Italy, Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 152:2, 179-303.
- BAUMANN H., 1978. *Himantoglossum adriaticum* spec. nov.: eine bislang übersehene. Riemenzunge aus dem zentralen nördlichen Mittelmeergebiet. Orchidee 29, 165-172.
- BIJLSMA R.J., AGRILLO E., ATTORRE F., BOFFANI L., BRUNNER A., EVANS P., FOPPEN R., GUBBAY S., JANSSEN J.A.M., VAN KLEUNEN A., LANGHOUT W., NOORDHUIS R., PACIFICI M., RAMÍREZ I., RONDININI C., VAN ROOMEN M., SIEPEL H., WINTER H.V., 2019. Defining and applying the concept of Favourable Reference Values for species and habitats under the EU Birds and Habitats Directives; Technical report. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2928. 94 pp.
- BILZ M., KELL S.P., MAXTED N., R.V. LANSDOWN, 2011. European Red List of Vascular Plants. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- BIONDI E., BLASI C., BURRASCANO S., CASAVECCHIA S., COPIZ R., DEL VICO E., ... & ZIVKOVIC L. 2009. Manuale Italiano di Interpretazione degli Habitat della Direttiva 92/43/CEE.
- BÓDIS J., 2017. Az adriai sallangvirág (*Himantoglossum adriaticum*) magyarországi állományai és lelőhelyeik tájhasználatának története. Kitaibelia. 22. 84-94. 10.17542/kit.22.84.
- BÓDIS J., BIRÓ É. & TIMEA N., ATTILA T., ATTILA M.V. & BALÁZS L., 2018. Habitat preferences of the rare lizard-orchid *Himantoglossum adriaticum* H. Baumann. Tuexenia. 38. 329-345. 10.14471/2018.38.020.
- BÓDIS J., BIRÓ É., NAGY T., TAKÁCS A., SRAMKÓ G., BATEMAN, R. M., ... & MOLNÁR, V.A., 2019. Biological flora of central Europe *Himantoglossum adriaticum* H. Baumann. Perspectives in plant ecology, evolution and systematics, 40, 125461.
- BÓDIS J., BIRÓ É., NAGY T., TAKÁCS A., SRAMKÓ G., BATEMAN R.M., GILLÁN L., ILLYÉS Z., TÖKÖLYI J., LUKÁCS B.A., CSÁBI M., MOLNAR V.A., 2019. Biological flora of Central Europe *Himantoglossum*

- adriaticum H. Baumann, in *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 40 (2019) 125461, pp. 1-17.
- BONELLI S., BARBERO F., ZAMPOLLO A., CERRATO C., GENOVESI P., LA MORGIA V., 2021. Scaling-up targets for a threatened butterfly: A method to define Favourable Reference Values. *Ecological Indicators*, 133: 108356.
- BRUSA G., ARMIRAGLIO S., CERIANI R.M., 2018. Monitoraggio delle specie vegetali della Direttiva 92/43/CEE presenti in Lombardia, a supporto della redazione del IV rapporto ex art. 17. SBI sez. Lombardia, CFA - Regione Lombardia.
- BRUSA G., RAIMONDI B., 2020. Stato delle conoscenze sulla distribuzione delle specie vegetali degli Allegati della Direttiva Habitat (92/43/CEE) in Lombardia: *Himantoglossum adriaticum*. Società Botanica Italiana - Sez. Lombardia, Osservatorio Regionale per la Biodiversità di Regione Lombardia.
- DG Environment, 2017. Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory notes and guidelines for the period 2013-2018. Final version – May 2017. Brussels.
- ELITH J., GRAHAM C.H., ANDERSON R.P., DUDÍK M., FERRIER S., GUISSAN A. *et al.*, 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129–151.
- ELITH J., PHILLIPS S.J., HASTIE T., DUDÍK M., CHEE Y.E., YATES C.J., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions*, 17(1): 43-57.
- ERCOLE S., GIACANELLI V., BACCHETTA G., FENU G., GENOVESI P. (eds.), 2016. Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie vegetali. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 140/2016.
- ERCOLE S., ANGELINI P., CARNEVALI L., CASELLA L., GIACANELLI V., GRIGNETTI A., LA MESA G., NARDELLI R., SERRA L., STOCH F., TUNESI L., GENOVESI P. (ed.), 2021. Rapporti Direttive Natura (2013-2018). Sintesi dello stato di conservazione delle specie e degli habitat di interesse comunitario e delle azioni di contrasto alle specie esotiche di rilevanza unionale in Italia. ISPRA, Serie Rapporti 349/2021.
- FEKETE, R., NAGY, T., BÓDIS, J., BÍRÓ, É., LÓKI, V., SÜVEGES, K., ... & MOLNÁR, A., 2017. Roadside verges as habitats for endangered lizard-orchids (*Himantoglossum* spp.): Ecological traps or refuges?. *Science of the Total Environment*, 607, 1001-1008.
- FENG X., PARK D.S., LIANG Y., PANDEY R., PAPEŞ M., 2019. Collinearity in ecological niche modeling: Confusions and challenges. *Ecology and Evolution*, 9(18): 10365-10376.
- FOIS M., FENU G., LOMBRANA A.C., COGONI D., BACCHETTA G., 2015. A practical method to speed up the discovery of unknown populations using species distribution models. *Journal for Nature Conservation*, 24: 42-48.
- GARGANO D., PASSALACQUA N.G., M. VENA L., 2016. *Himantoglossum adriaticum* H. Baumann. In: Ercole S., Giacanelli V., Bacchetta G., Fenu G., Genovesi P. (ed.). Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie vegetali. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 140/2016. pp.168-169.
- GILMOUR J.S., HESLOP-HARRISON J., 1954. The deme terminology and the units of micro-evolutionary change. *Genetica*, 27: 147-161.
- HUMANS R.J., PHILLIPS S., LEATHWICK, J. AND ELITH J., 2011. Package 'dismo'. Available online at: <http://cran.r-project.org/web/packages/dismo/index.html>.
- HENRICH V., KRAUSS G., GÖTZE C., SANDOW C., 2012. IDB - www.indexdatabase.de, Entwicklung einer Datenbank für Fernerkundungsindizes. AK Fernerkundung, Bochum, 4.-5. 10. 2012.
- JACKSON C.R., ROBERTSON M.P., 2011. Predicting the potential distribution of an endangered cryptic subterranean mammal from few occurrence records. *Journal for Nature Conservation*, 19: 87–94.
- JENCO M., 1992. *Geograficky casopis* 44, 342-355.
- KLAVER J.M.I., 2011. *Himantoglossum adriaticum* H. Baumann in Central-East Italy (Pesaro-Urbino, Marche) and FFHDirective 92/43/EEC. *J. Eur. Orch.*, 43: 590-602.
- KRCHO J., 1990. VEDA, Bratislava.
- LIU C., WHITE M., NEWELL G., 2013. Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data. *Journal of Biogeography*, 40: 778-789.
- MARTINI F. (ed.), BONA E., FEDERICI G., FENAROLI F., PERICO G., 2012. Flora vascolare della Lombardia centro-orientale. LINT Editoriale, Trieste, ISBN 978-88-8190-293-4
- MENON S., CHOUDHURY B.I., KHAN M.L., PETERSON A.T., 2010. Ecological niche modeling and local knowledge predict new populations of *Gymnocladus assamica* a critically endangered tree species. *Endangered Species Research*, 11: 175–181.
- OBERDORFER E., 1994. *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*. 7. Auflage, UTB für Wissenschaft.
- PECORARO L., GIRLANDA M., KULL T., PERINI C., PEROTTO S., 2013. Fungi from the roots of the terrestrial photosynthetic orchid *Himantoglossum adriaticum*. *Plant Ecology and Evolution*, 146, 145–152.
- PESARESI S., BIONDI E., & CASAVECCHIA S., 2017. Bioclimates of Italy. *Journal of maps*, 13(2), 955-960.
- PHILLIPS S.J., ANDERSON R.P., SCHAPIRE R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.*, 190: 231–259.
- PHILLIPS S.J., DUDÍK M., 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31: 161–175.
- ROSSI G., MONTAGNANI C., GARGANO D., PERUZZI L., ABELI T., RAVERA S., COGONI A., FENU G., MAGRINI S., GENNAI M., FOGGI B., WAGENSOMMER R.P., VENTURELLA G., BLASI C., RAIMONDO F.M., ORSENIGO S. (Eds.), 2013. Lista Rossa della Flora Italiana. 1. Policy Specie e altre specie minacciate. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- STACE C.A., 1991. *Plant taxonomy and biosystematics*. Cambridge University Press.
- TARQUINI S., ISOLA I., FAVALLI M., BATTISTINI A., 2007. TINITALY, a digital elevation model of Italy with a 10 meters cell size (Version 1.0) [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/TINITALY/1.0>.
- WELLS J.V., RICHMOND M.E., 1995. Populations, metapopulations, and species populations: What are they and who should care? *Wildlife Society Bulletin*, 23: 458-462

Sitografia

- Regione Lombardia. "*Geoportale della Lombardia*". Ultimo accesso: 10 settembre 2024. <https://www.geoportale.regione.lombardia.it/>
- Eionet Portal. "*Article 17 web tool. Habitats Directive*". Eionet.europa.eu. Ultimo accesso: 10 gennaio 2024. <https://nature-art17.eionet.europa.eu/article17/species/summary/>
- ISPRA. "*Reporting e Monitoraggio della Direttiva Habitat*". *Reportingdirettivahabitat.isprambiente.it*. Ultimo accesso 10 gennaio 2024. <https://reportingdirettivahabitat.isprambiente.it/downloads>