A photograph of a tree trunk in a forest. The tree trunk is the central focus, showing a rough, greyish-brown bark with some white patches. The ground is covered with a thick layer of fallen, brown, dried leaves. In the background, there are other trees, some bare and some with sparse leaves, under a clear blue sky. The text is overlaid on the image in yellow.

**Campagna di monitoraggio bostrico *Ips typographus*
in Lombardia**

Anno 2024

Relazione illustrativa

1. Premessa

Come noto, l'evento meteorico di eccezionale intensità passato alla storia con il nome di Tempesta Vaia e verificatosi il 28 ottobre 2018, anche in Lombardia ha arrecato gravi danni, soprattutto ai popolamenti di *Picea abies*, l'abete rosso. La stima ufficiale e riportata anche graficamente sul Geoportale di Regione Lombardia, assomma a 2.400 ettari di bosco schiantato o gravemente danneggiato, per un volume complessivo stimato di 350.000 metri cubi di legname a terra.

Le aree maggiormente colpite si trovano lungo le valli orientali della Regione, in corrispondenza delle province di Brescia, Bergamo e Sondrio che rappresentano anche i territori maggiormente popolati da abete rosso.

2. Il bostrico dell'abete rosso in Lombardia

Prima della tempesta Vaia da sempre in Lombardia si sono registrati casi di infestazione, più o meno isolati e più o meno dipendenti da svariati motivi, tra cui schianti per eventi meteorici, attività selvicolturali erroneamente condotte o progettate, attività di manutenzione a linee aeree (con rilascio del materiale), ecc., episodi di siccità e morie dovute semplicemente a copertura a *Picea abies* fuori areale. Spesso all'interno di questi popolamenti si interveniva con operazioni di bonifica forestale asportando il legname morto in piedi e circoscrivendo il fenomeno.

Dopo i primi tempi dall'accadimento di Vaia ed in particolare a partire dal 2020, come previsto da numerosi studi scientifici, le popolazioni di bostrico hanno iniziato a crescere in misura straordinaria, uscendo dallo stato di equilibrio ecosistemico, e iniziando il periodo di infestazione epidemica che stiamo conoscendo.

Dopo aver delineato la situazione di infestazione dal 2022, con la presente relazione si intendono definire lo stato di avanzamento dei danni da bostrico nel 2024, le azioni intraprese a livello nazionale tramite il Tavolo Tecnico nazionale, e quelle intraprese a livello regionale sia per quanto riguarda la campagna di monitoraggio che per quanto riguarda le azioni di lotta.



Tavolo Tecnico Nazionale

Il tavolo tecnico nazionale si è ritrovato per 5 volte. Durante le riunioni (17/01, 21/03, 09/10, 14/11, 19/12) sono stati sviluppati i seguenti argomenti:

- condivisione dei dati del monitoraggio dell'anno precedente;
- definizione delle linee di azione per l'anno in corso;
- sviluppo della tematica relativa all'utilizzo di prodotti fitosanitari in bosco sulle cataste;
- introduzione di nuove tecniche per il monitoraggio (trappole semiautomatiche);
- si è iniziato infine a coinvolgere differenti professionalità nel tentativo di definire nuove prospettive future nella gestione e nel ripristino in chiave ecosistemica dei boschi bostricati;
- di particolare importanza la produzione dell'Ordinanza Fitosanitaria n. 8 del 16/04/2024) *“Misure fitosanitarie d'emergenza per il contrasto di Ips typographus atte a contenere la sua diffusione nel territorio della Repubblica italiana”*, che agisce in applicazione dell'articolo 31 del decreto legislativo n. 19/2021, delimitando il territorio bostricato in aree infestate e zone cuscinetto, e individua le misure fitosanitarie necessarie e d'emergenza in tali aree.

PRODOTTI DI REGIONE LOMBARDIA

Anche per il 2024 è proseguita la collaborazione con ERSAF per la realizzazione degli obiettivi relativi alla nuova campagna di monitoraggio e di azioni di lotta all'infestazione.

A questo scopo è stato redatto ed approvato con Decreto 9481 del 24/06/2024 il *“Piano per la gestione del bostrico per l'annualità 2024”* in applicazione del decreto ministeriale 14 giugno 2022 e contestuale impegno di spesa a favore di ERSAF, per un importo complessivo di Euro 231.386,91.

All'interno del Piano sono state individuate 5 linee di azione, di seguito elencate:

- Azione 1 - Implementazione rete di monitoraggio Bostrico 2024
- Azione 2 - Supporto alle attività di monitoraggio della rete di trappole 2024
- Azione 3 - Produzione cartografia tematica infestazione di Bostrico in Lombardia
- Azione 4 - Realizzazione di cantieri di ripristino forestale, aventi funzione sperimentale/didattica.
- Azione 5 – Supporto amministrativo logistico da parte di ufficiale di collegamento ERSAF

AZIONI REALIZZATE

- **AZIONE 1 e 2: Campagna di monitoraggio del bostrico a scala regionale:**

Anche per il 2024 sono stati contattati gli Enti territoriali al fine di dimensionare la necessità del monitoraggio in funzione della diffusione del danno e della presenza di personale coinvolgibile nelle azioni di controllo periodico; è stato riproposto un breve documento – vademecum operativo illustrativo delle azioni di posa e controllo delle trappole;

Non sono state acquistate nuove trappole, in quanto si ritiene di aver raggiunto un numero adeguato, in relazione al carico di lavoro necessario per la gestione delle raccolte dati, di punti utili alla definizione del monitoraggio delle catture. Il numero complessivo delle trappole posate a terra si conferma dunque pari a 140.

Inoltre sono stati acquistate e distribuite n. 600 unità di attrattivi feromonici da parte del Servizio Fitosanitario regionale. Vista la scarsa efficacia nel corso del 2023 delle buste feromoniche scelte (altra azienda produttrice), la scelta è ricaduta sull'azienda austriaca WITASECK. Ciò potrebbe risultare come un segno di discontinuità nell'uniformità di utilizzo del materiale ma essendo di fatto appena iniziata la cronologia di catture, la cosa non rileva a fini statistici.

Di seguito come per il 2023 si conferma il numero di trappole sistemate e utilizzate da ciascun Ente/Comunità Montana durante l'annata 2024.

Enti Territoriali coinvolti	n. trappole complessive	note
CM Sebino bresciano	14	
CM Vallesabbia	14	
CM Valle di Scalve	4	
CM Valle Seriana	14	
CM Valle Brembana	18	
ERSAF	8	
CM Val Sassina		
CM Valchiavenna	9	
CM Valtellina di Sondrio	9	
CM Valtellina di Morbegno	7	
CM Valtellina di Tirano	11	
CM Alta Valtellina	12	
CM Vallecamonica		n. x trappole acquistate e gestite in forma autonoma
CM Valle Trompia	10	
Totale	130	

Le trappole sono state distribuite sul territorio direttamente dal personale degli EETT individuando le localizzazioni in collaborazione con il personale del SFR e di ERSAF. La posa e la localizzazione georeferenziata sono state completate per tutte le trappole durante la prima decade di maggio. La campagna di raccolta dati è proseguita fino alla fine del mese di settembre.

Il personale impegnato nelle operazioni di controllo a terra e restituzione del dato in ambiente operativo dedicato (app. Field Maps) è raggruppabile tra tecnici delle Comunità Montane, Personale in forza ai Comuni, Personale tecnico afferente ai consorzi Forestali, personale volontario (Guardie Ecologiche Volontarie).

Nell'ambito dell'incarico assegnato ad ERSAF è stata assunta una unità di personale (contratto UNCEM) adeguatamente qualificata e formata, e direttamente impegnata al supporto nella raccolta dei dati, nella formazione al personale degli Enti territoriali e come interfaccia istituzionale e logistica con i medesimi Enti. Oltre a ciò, e in considerazione di alcune difficoltà dovute per lo più a carenza di personale per alcune aree, il personale incaricato si è prodigato anche nell'attività di supporto al trappolaggio, soprattutto in riferimento alle aree dei Laghi bergamaschi, media Valtellina e Valsabbia.

A questo proposito si sottolinea la crescente difficoltà del personale in forza alle Comunità Montane meno strutturate, spesso impossibilitato a dedicare tempo al progetto bostrico a causa di carichi di lavoro già gravosi. Tali difficoltà dovranno essere adeguatamente prese in considerazione nella fase progettuale delle prossime campagne di monitoraggio.

Si è proseguito con l'utilizzo dell'applicativo dedicato Field Maps, grazie al quale l'operatore poteva inserire direttamente le informazioni concernenti il posizionamento delle trappole, il dato di cattura

settimanale degli insetti, eventuali note riguardanti anche per esempio le condizioni della trappola o il giorno di cambio del pacchetto feromoni. Utilizzando tale sistema le informazioni confluiscono in tempo reale nell'applicativo dedicato ArcGIS online, a licenza multipla regionale, in cui si possono visualizzare cartograficamente e analizzare in forma tabellare (anche in ambiente Excel) tutti i dati pervenuti. Con il medesimo applicativo/software si è potuto anche evidenziare in forma poligonale o puntuale la presenza di danni da bostrico, anche se questa funzione è stata poco utilizzata.

Azione 3: Produzione cartografia tematica infestazione di Bostrico in Lombardia

A seguito della collaborazione con ERSAF e grazie all'opera dei tecnici coinvolti, si è proceduto alla raccolta delle informazioni GIS provenienti dagli EETT coinvolti, aggiornando le cartografie già prodotte nel corso del 2023.

Tali cartografie sono state poi integrate e confrontate con la sovrapposizione di:

- immagini satellitari liberamente disponibili (Sentinel), maglia 10x10metri;
- immagini satellitari multispettrali acquisizione SKYSAT 0,5 m (Fornite da ARPA LOMBARDIA) – solo aree definite (vedi report allegato);
- immagini acquisite da drone – Valle Intelvi – Val Grigna (rilievi ERSAF, ARPA LOMBARDIA)

Ciò ha portato alla costruzione di una mappa tematica accurata e validata da numerosi parametri di confronto, relativa all'infestazione di bostrico; di seguito viene riportata altresì in appendice la relazione conclusiva del lavoro svolto da ERSAF, comprensiva di immagini. Il tematismo relativo all'infestazione di Bostrico per l'anno 2024 è già stato pubblicato sul Geoportale di regione Lombardia ([link](#)).

Definizione di una modellistica previsionale di infestazione del Bostrico

Anche per il 2024 nell'ambito dell'incarico ERSAF è proseguita la collaborazione con l'Università di BOKU – Vienna, con il modello previsionale già esistente PHENIPS e a cui partecipano anche i colleghi della Regione Trentino Alto Adige.

È possibile consultare l'andamento delle previsioni stagionali di attività del bostrico al seguente link: https://iff-server.boku.ac.at/wordpress/index.php/phenips-online-monitoring/phenips_italy/guide/.

Azione 4: Realizzazione di cantieri di ripristino forestale, aventi funzione sperimentale/didattica

La sperimentazione di rimboschimento su aree test di ridotta superficie con introduzione di *Pseudotsuga douglasii* non è stata realizzata, principalmente a causa delle grandi difficoltà incontrate a livello burocratico – giuridico a risolvere il nodo relativo alla liceità (ai sensi della normativa forestale vigente) dell'introduzione di una conifera alloctona, per quanto non invasiva in un popolamento boschivo. Tale problema è stato risolto, in quanto le operazioni di ripristino forestale come quella suesposta sono da considerare interventi selvicolturali esterni alla pratica ordinaria del bosco, quindi eccezionali e dunque leciti ai sensi del D.lgs. 34/2018. L'intervento verrà riprogrammato con la prossima stagionalità 2025.

Azione 5 : Supporto amministrativo logistico da parte di ufficiale di collegamento ERSAF stato correttamente concluso.



LA SITUAZIONE DEL DANNO DA BOSTRICO IN REGIONE LOMBARDA

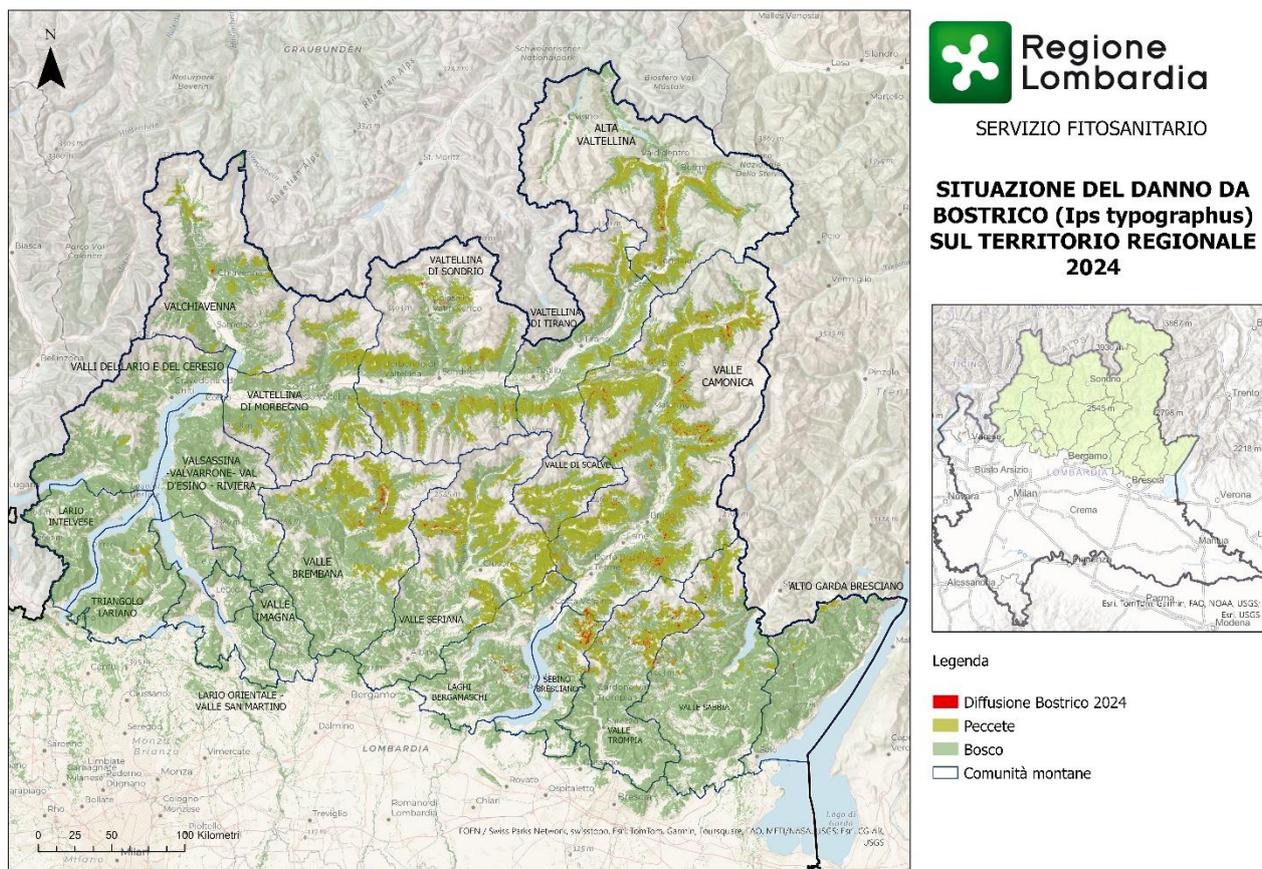
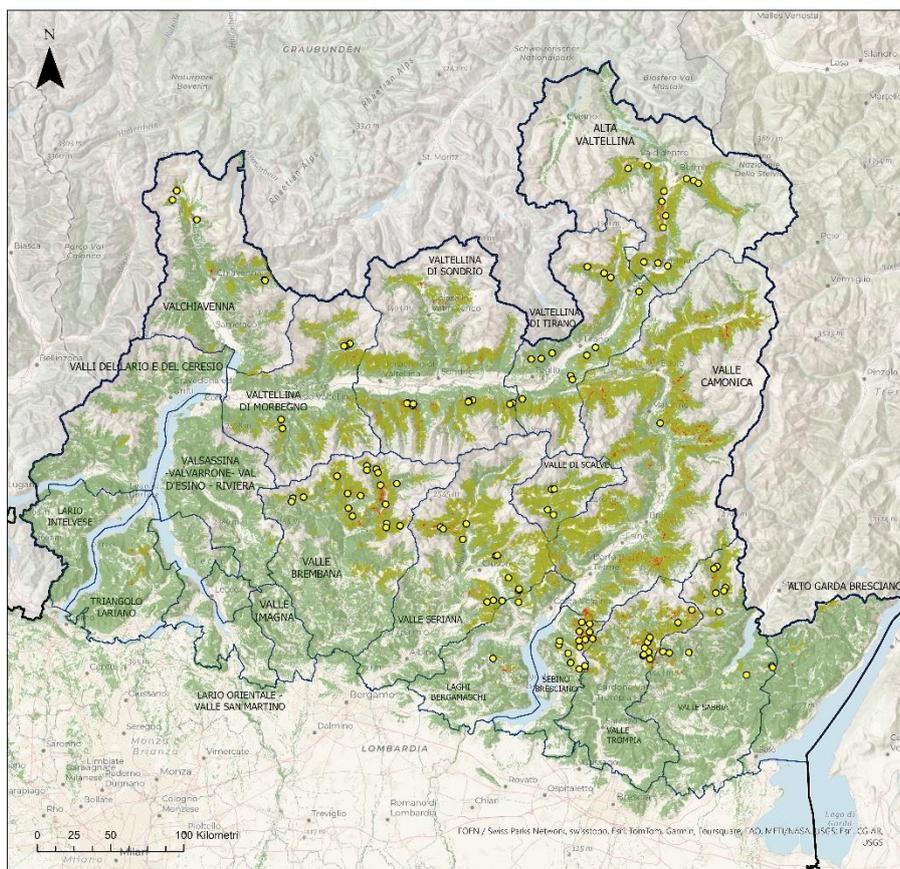


Fig. 1: la situazione del danno da Bostrico (*Ips typographus*), in rosso, in Lombardia alla fine del 2024.

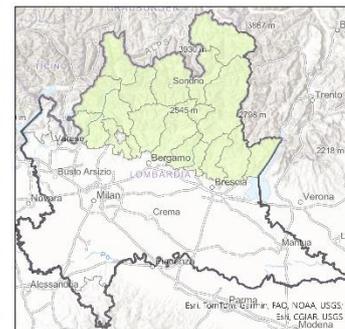
COMUNITA' MONTANA	2022 ha.	2023 ha.	2024 ha.
ALTA VALTELLINA	120,26	207,39	217
ALTO GARDA BRESCIANO	11,45	17,82	18
LAGHI BERGAMASCHI	45,24	75,89	86
LARIO INTELVESE	1,62	2,91	9
SEBINO BRESCIANO	173,36	277,89	297
TRIANGOLO LARIANO	21,27	25,38	30
VALCHIAVENNA	46,71	61,22	64
VALLE BREMBANA	207,06	323,92	352
VALLE CAMONICA	614,02	1111,32	1319
VALLE DI SCALVE	23,49	38,44	43
VALLE SABBIA	95,4	122,45	129
VALLE SERIANA	158,77	224,45	280
VALLE TROMPIA	214	340,16	356
VALLI DEL LARIO E DEL CERESIO	1,37	1,64	2
VALLI DEL VERBANO	8,52	10,77	12
VALTELLINA DI MORBEGNO	45,58	67,87	73
VALTELLINA DI SONDRIO	210,69	342,61	365
VALTELLINA DI TIRANO	91,59	152,36	167
VALSASSINA - RIVIERA			7,34
ESTERNE ALLE COMUNITA' MONTANE	27,11	34,83	36

LA RETE DI MONITORAGGIO



SERVIZIO FITOSANITARIO

SITUAZIONE DEL DANNO DA BOSTRICO (Ips typographus) SUL TERRITORIO REGIONALE 2024



Legenda

- Trappole 2024
- Diffusione Bostrico 2024
- Peccete
- Bosco
- Comunità montane

Fig. 2: localizzazione delle trappole appartenenti alla rete regionale per il monitoraggio di bostrico in Lombardia, anno 2024.

RISULTATI DEL MONITORAGGIO

Di seguito vengono riportati grafici e tabelle risultato dell'elaborazione dei dati. Nei grafici seguenti sono prese in considerazione unicamente i dati provenienti dalla rete regionale.

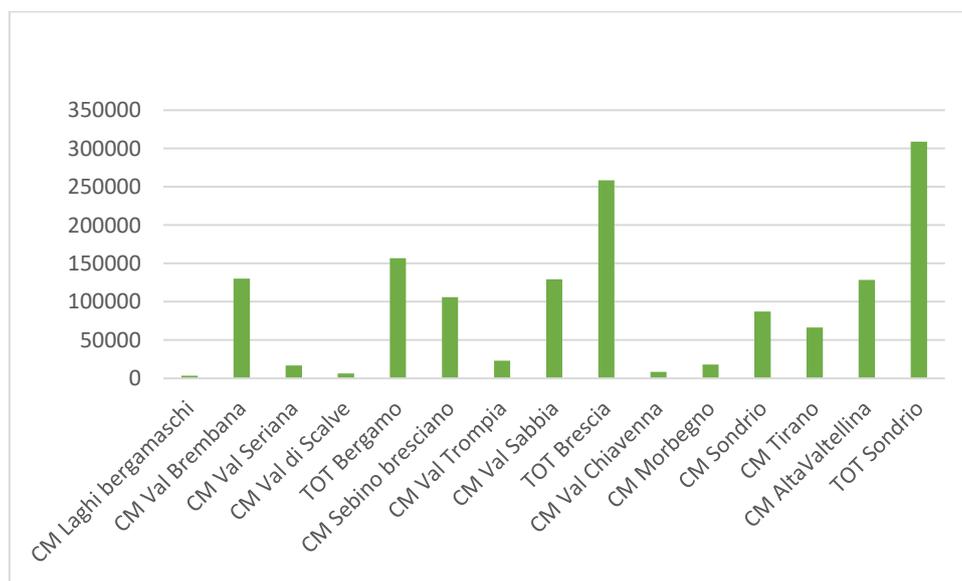


Fig. 3: somma cumulata delle catture, per Comunità Montana e provincia.

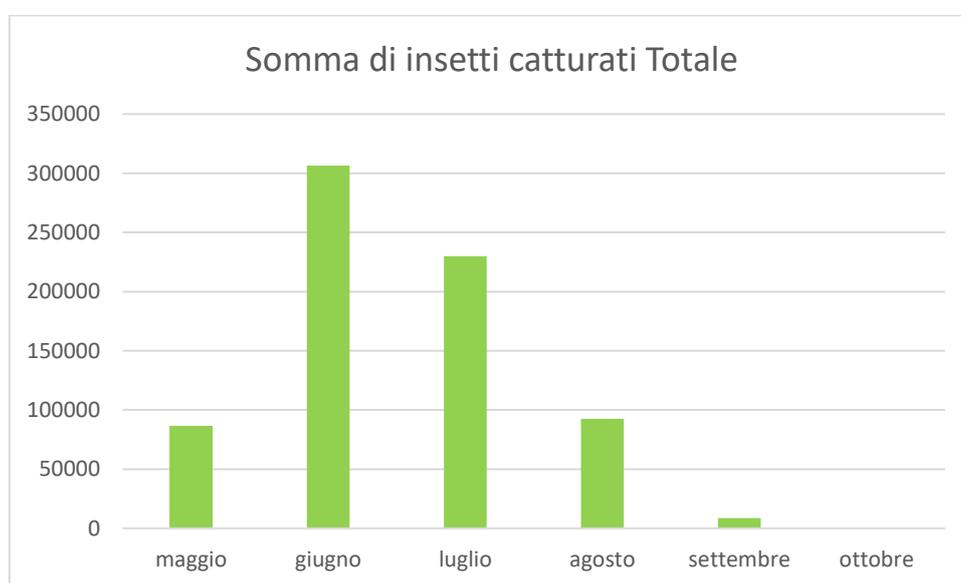
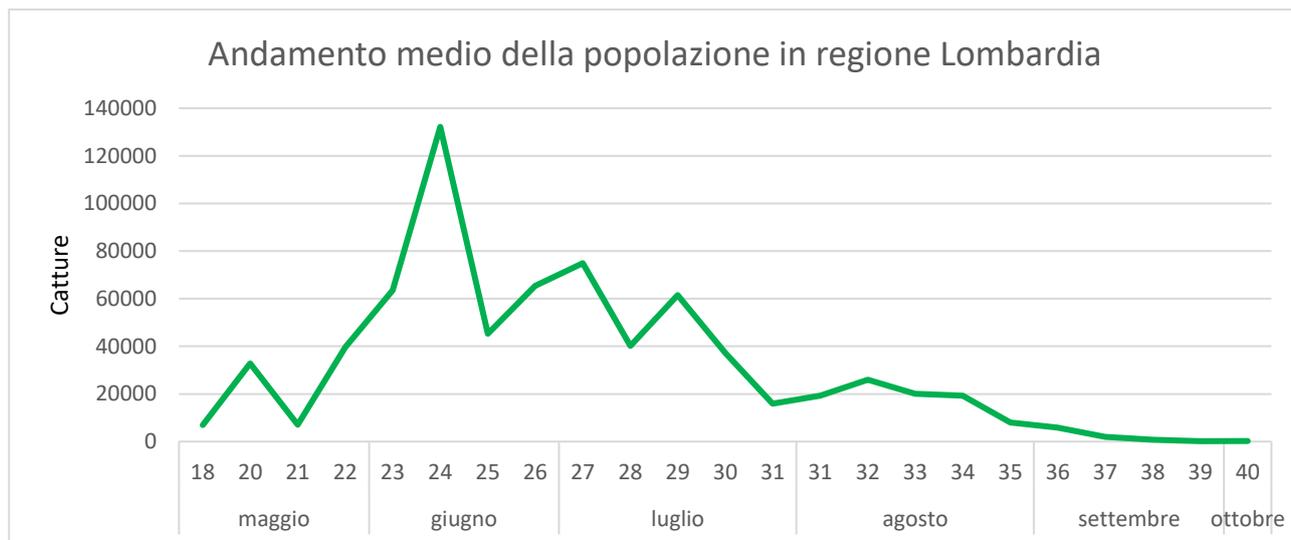


Fig. 4: Andamento della popolazione e scansione delle catture totali mensili. Si nota il picco principale nel mese di giugno compatibile con lo sfarfallamento della 1' generazione.

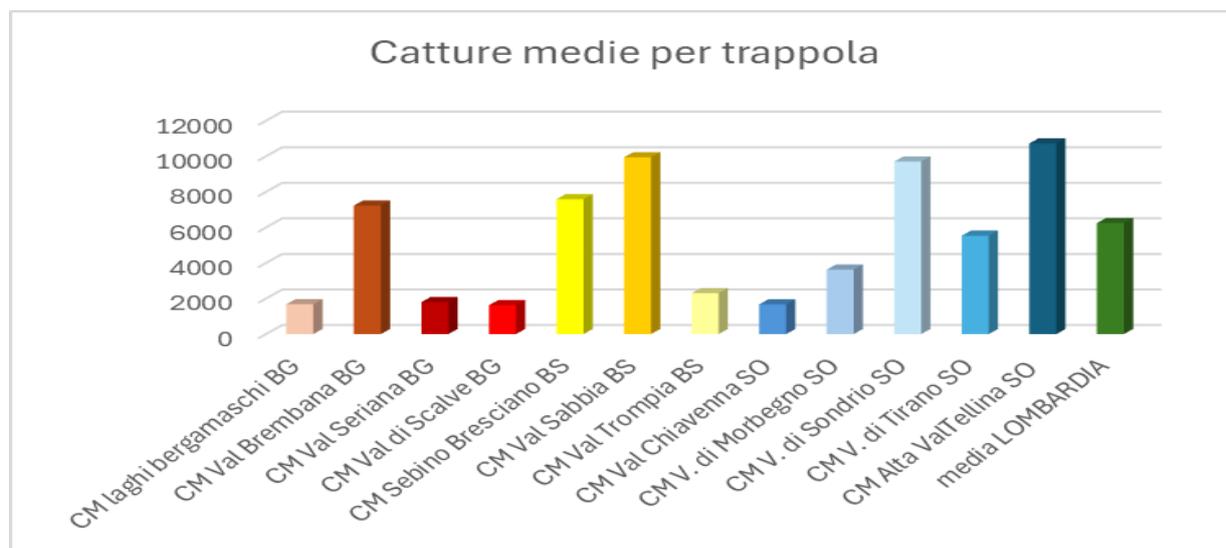
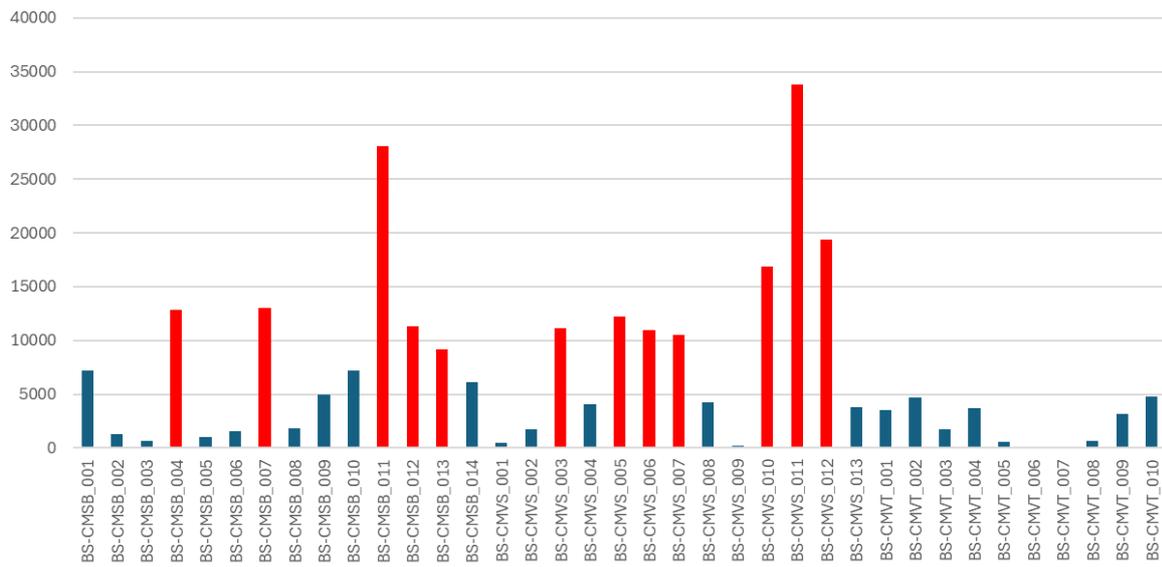
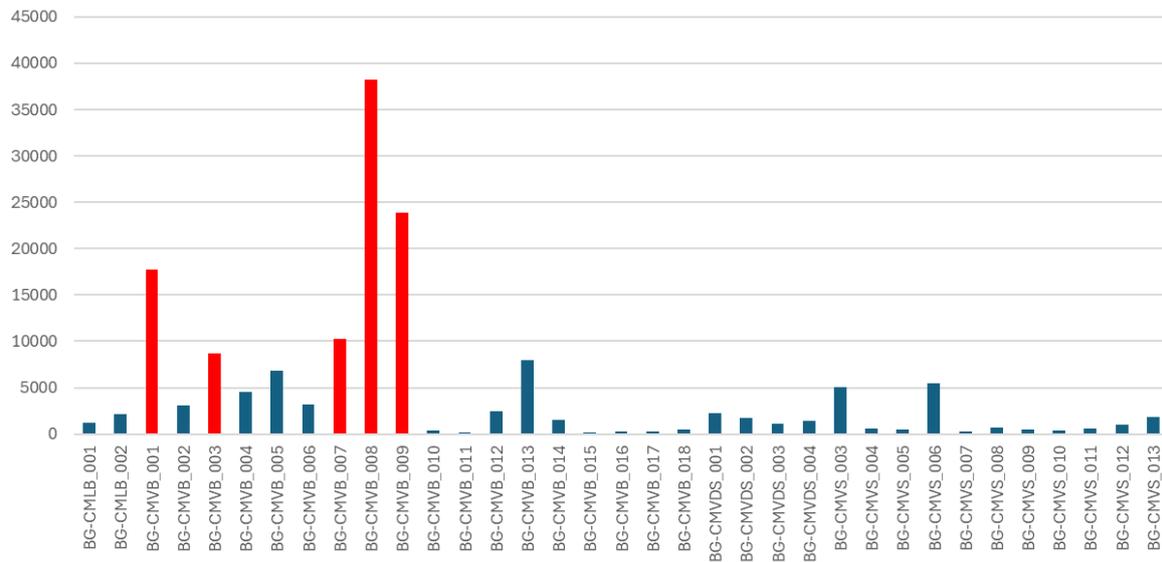


Fig. 5: Catture medie per Comunità Montana.

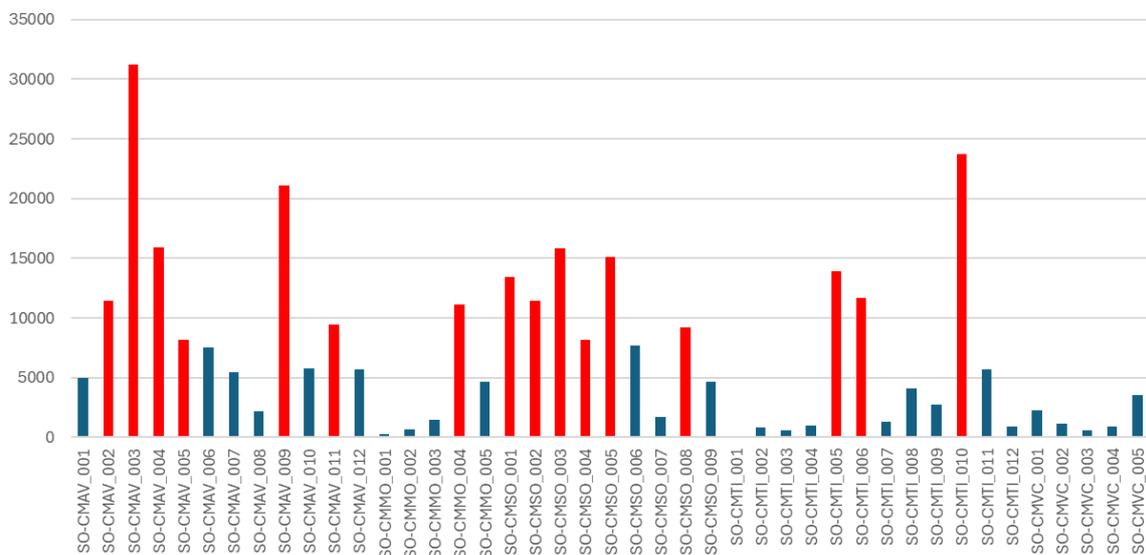
Catture totali per trappola in provincia di Brescia



Catture totali per trappola in provincia di Bergamo



Catture totali per trappola in provincia di Sondrio



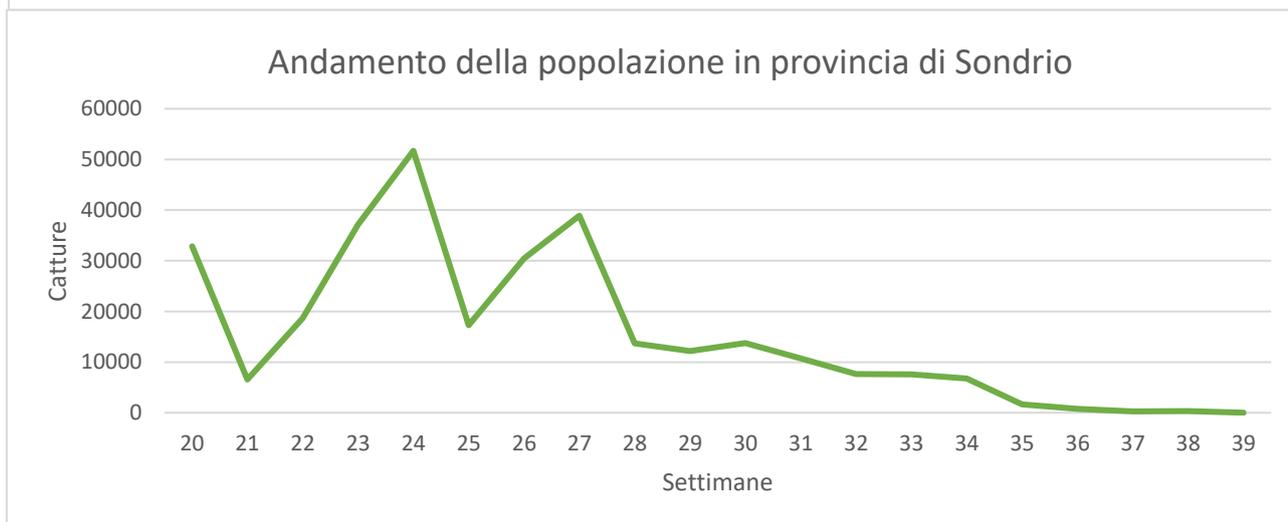
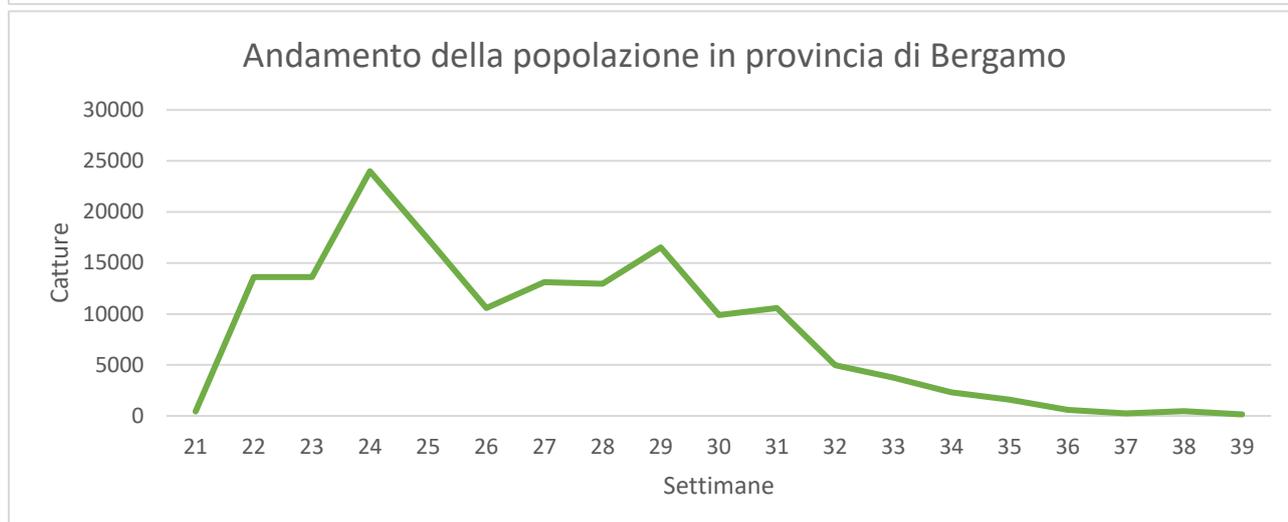
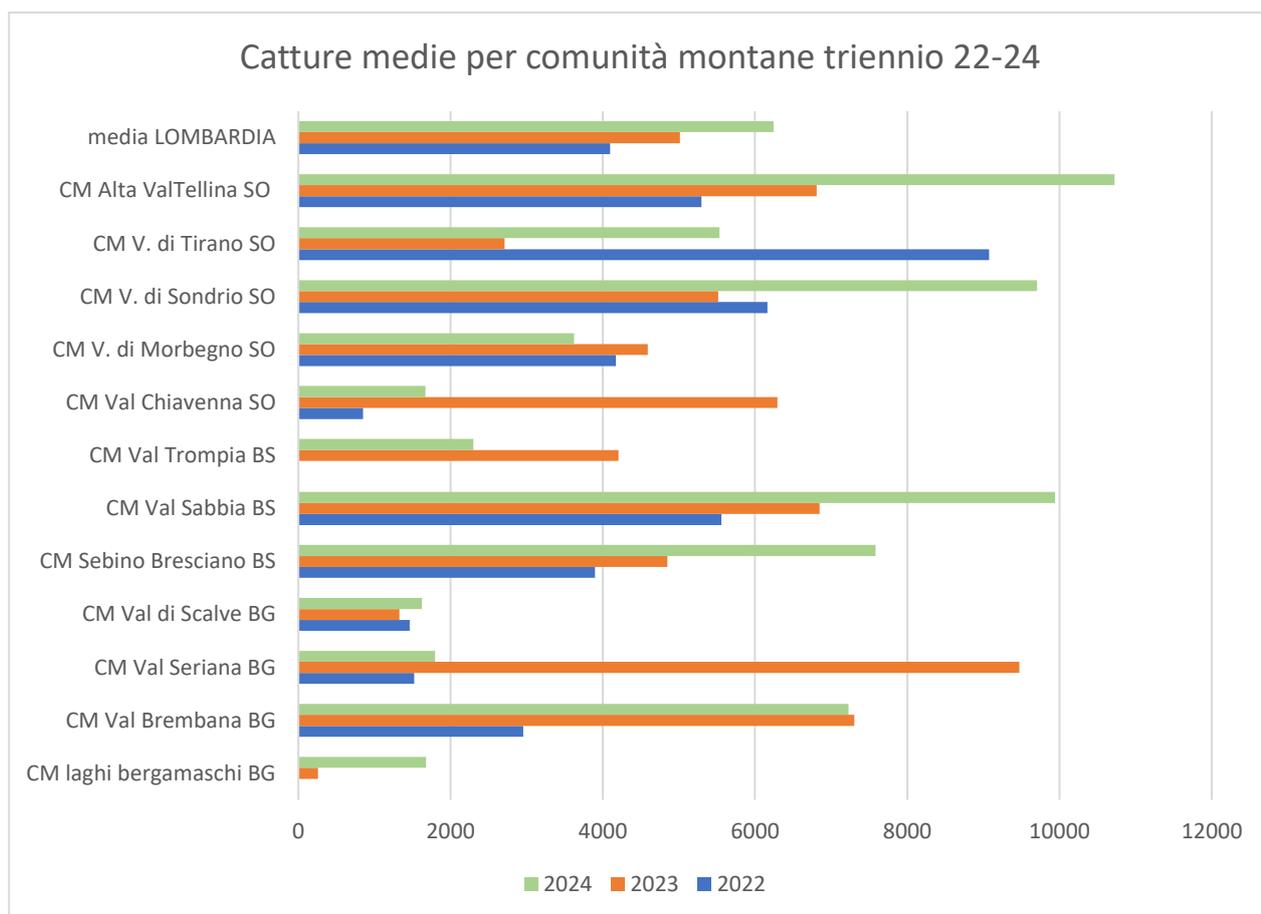
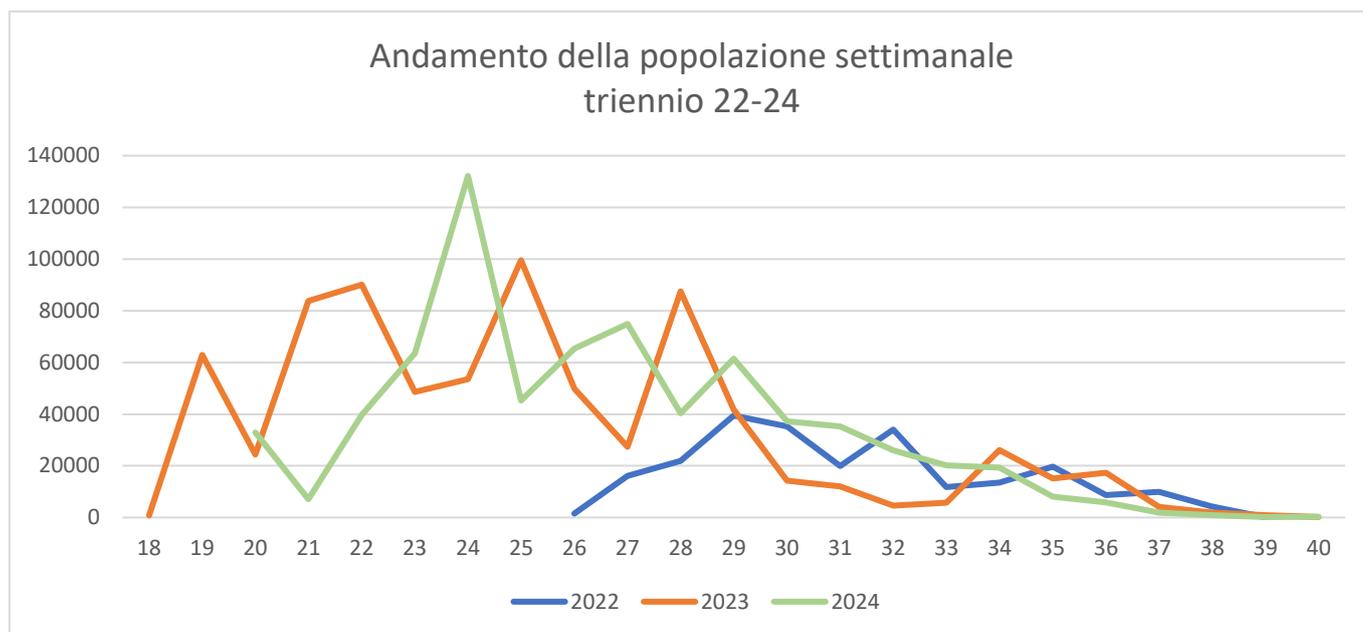


Fig.6-7-8-9-10-11 Grafici con catture totali delle singole trappole divise per provincia (in rosso le catture oltre la soglia di danno) e andamento delle popolazioni nelle province di Brescia, Bergamo e Sondrio.



	2022	2023	2024
<i>CM laghi bergamaschi BG</i>	x	257	1678
<i>CM Val Brembana BG</i>	2955	7303	7229
<i>CM Val Seriana BG</i>	1522	9471	1797
<i>CM Val di Scalve BG</i>	1461	1327	1624
<i>CM Sebino Bresciano BS</i>	3898	4849	7583
<i>CM Val Sabbia BS</i>	5558	6849	9944
<i>CM Val Trompia BS</i>	x	4207	2298
<i>CM Val Chiavenna SO</i>	848	6295	1670
<i>CM V. di Morbegno SO</i>	4170	4590	3624
<i>CM V. di Sondrio SO</i>	6162	5517	9704
<i>CM V. di Tirano SO</i>	9074	2708	5534
<i>CM Alta Valtellina SO</i>	5295	6809	10722
media LOMBARDIA	4094	5015	6245

Fig.12 Confronto tra le catture medie per trappola delle singole comunità montane nel triennio 2022-2023-2024.



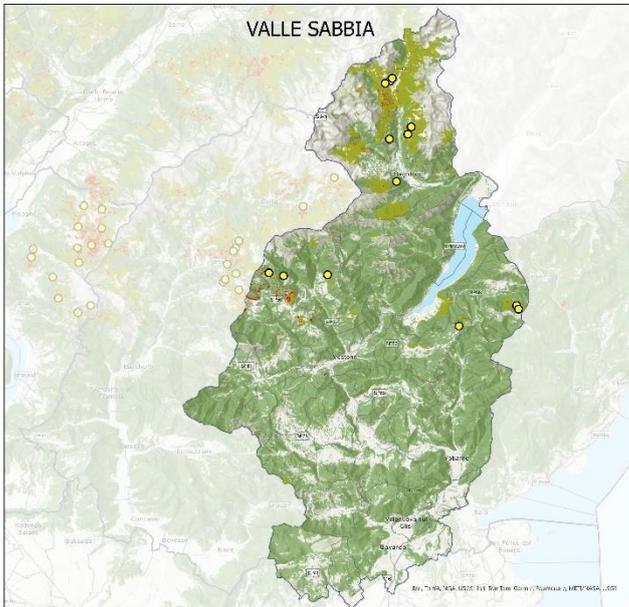
Settimana	2022	2023	2024
18		721	6960
19		62864	
20		24418	32860
21		83766	7048
22		90061	39647
23		48607	63538
24		53588	132151
25		99565	45288
26	1520	49867	65409
27	16040	27355	74910
28	21956	87495	40250
29	39455	41843	61479
30	35275	14183	37203
31	19882	12008	35212
32	34035	4647	25991
33	11784	5743	20122
34	13518	26118	19258
35	19646	15121	8076
36	8689	17345	5836
37	9918	4138	1949
38	4222	1902	841
39	86	930	168
40		202	260

Fig.12 Andamento della popolazione regionale su base settimanale nel triennio 2022-2023-2024.

ANALISI DATI PER COMUNITA' MONTANA

PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNITA' MONTANA VALLE SABBIA



Regione Lombardia
SERVIZIO FITOSANITARIO

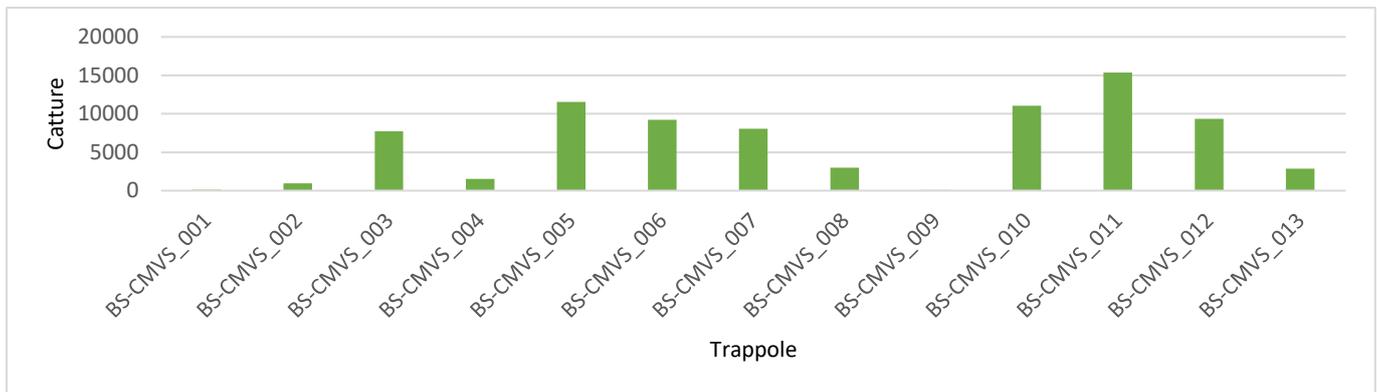
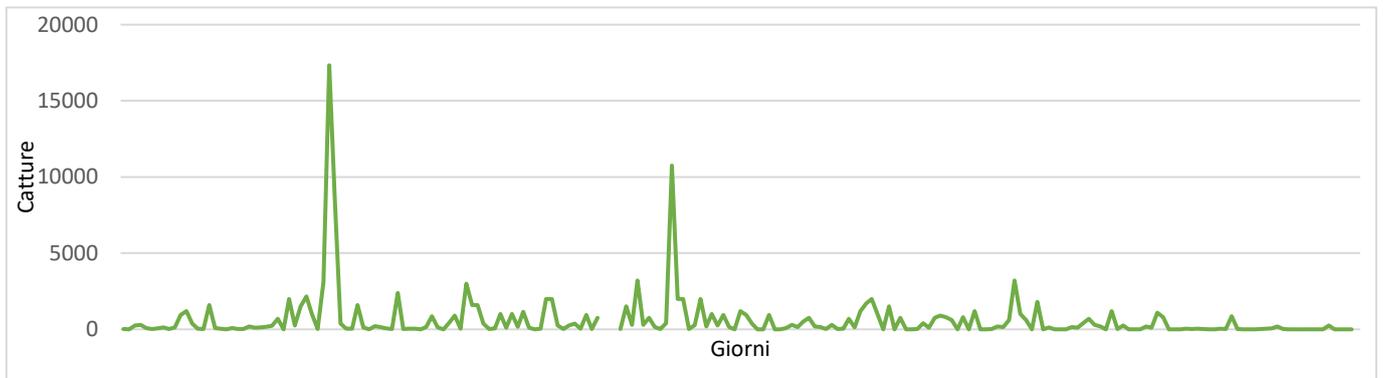
LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE PER IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO (*Ips typographus*) IN VALLE SABBIA

1:150.000

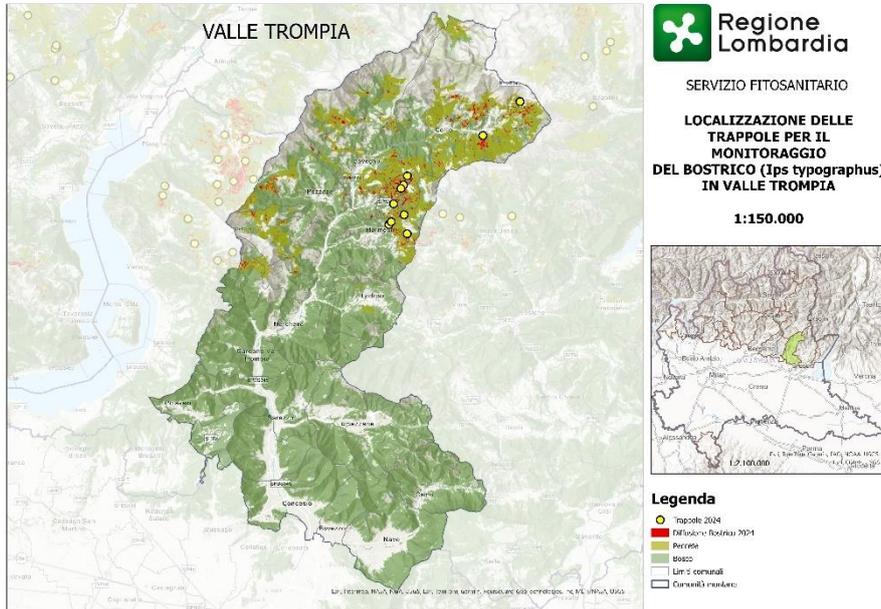
Legenda

- Trappole 2024
- Nel sistema fitosanitario 2024
- Provincia
- Paese
- Comuni della valle
- Comunità montane

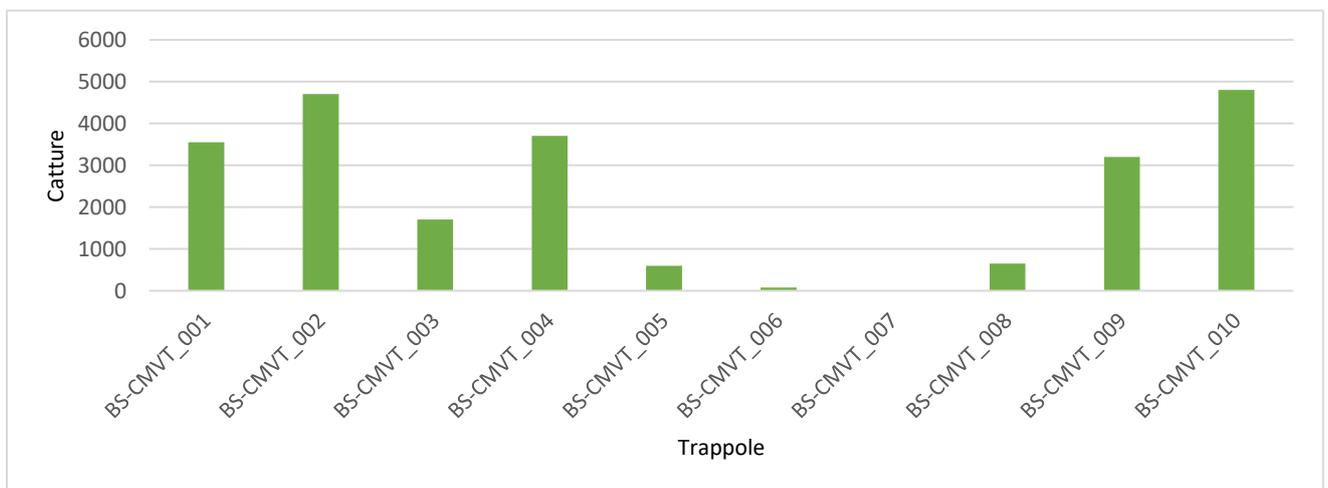
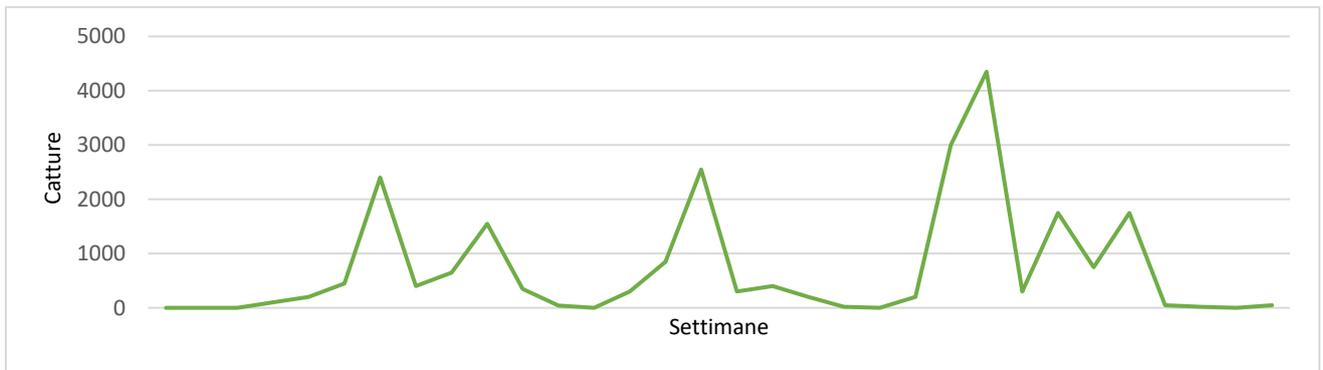
COD.TRAP.	QUOTA	COMUNE
BS-CMVS_001	1113	CAPOVALLE
BS-CMVS_002	1272	CAPOVALLE
BS-CMVS_003	1098	TREVISO BRESCIANO
BS-CMVS_004	1005	BAGOLINO
BS-CMVS_005	1222	BAGOLINO
BS-CMVS_006	1487	BAGOLINO
BS-CMVS_007	1519	BAGOLINO
BS-CMVS_008	1322	BAGOLINO
BS-CMVS_009	1404	BAGOLINO
BS-CMVS_010	1173	BAGOLINO
BS-CMVS_011	1150	PERTICA ALTA
BS-CMVS_012	1097	PERTICA BASSA
BS-CMVS_013	948	PERTICA BASSA



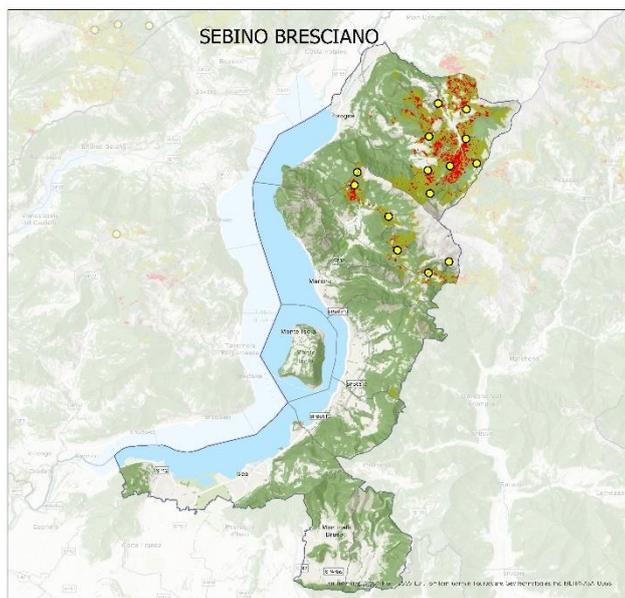
COMUNITA' MONTANA VALLE TROMPIA



COD. TRAP.	QUOTA	COMUNE
BS-CMVT_001	1144	MARMENTINO
BS-CMVT_002	887	MARMENTINO
BS-CMVT_004	1114	MARMENTINO
BS-CMVT_003	1002	MARMENTINO
BS-CMVT_005	1135	IRMA
BS-CMVT_006	1087	IRMA
BS-CMVT_007	1362	IRMA
BS-CMVT_008	733	IRMA
BS-CMVT_009	986	COLLIO
BS-CMVT_010	1520	COLLIO



COMUNITA' MONTANA SEBINO BRESCIANO



Regione Lombardia
SERVIZIO FITOSANITARIO

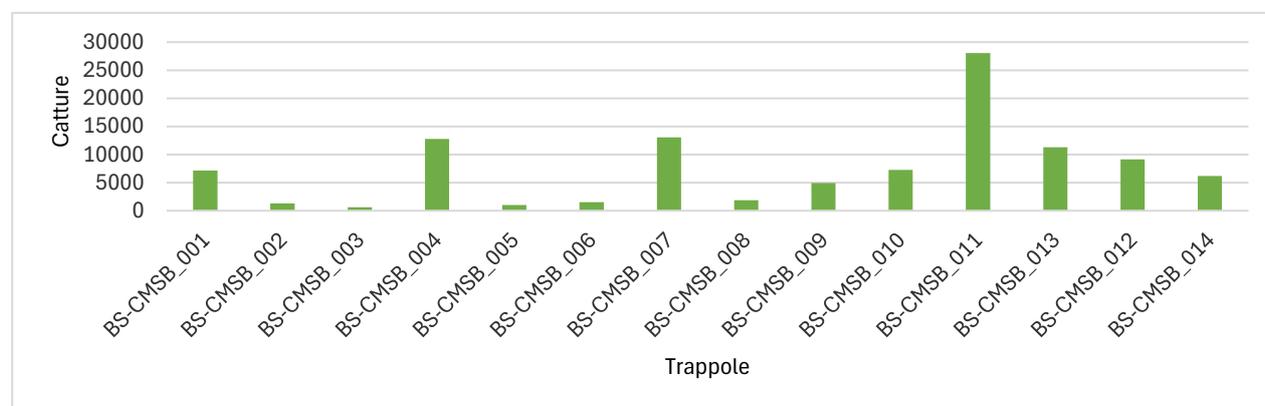
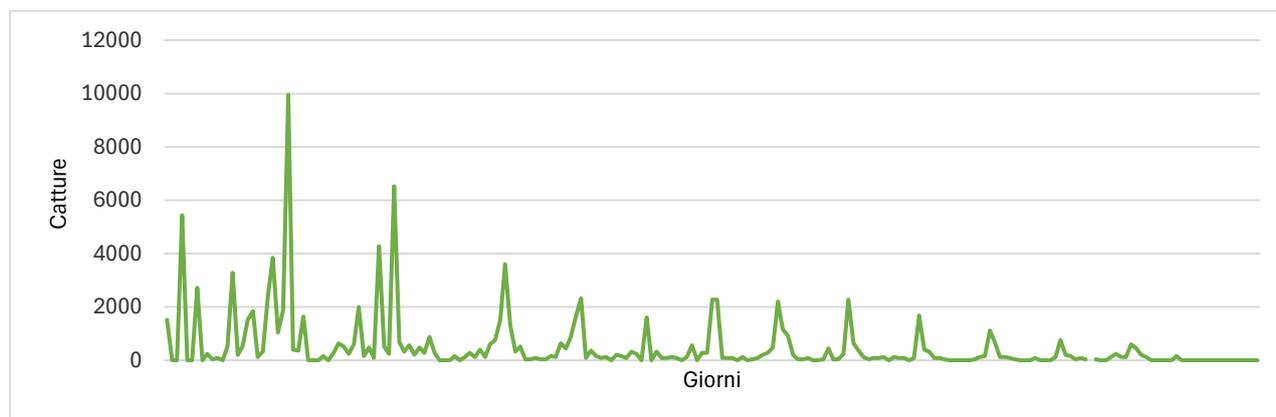
LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE PER IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO (*Ips typographus*) NEL SEBINO BRESCIANO

1:150.000

Legenda

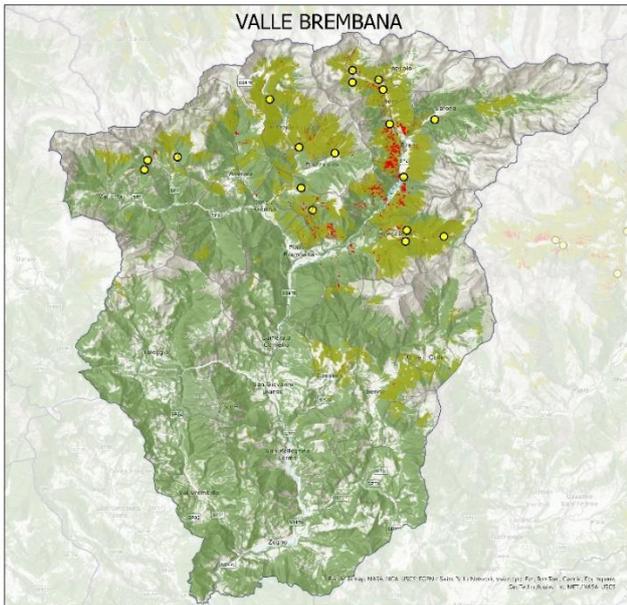
- Trappole 2024
- Dipositi Bostrico 2024
- Pini 4m
- Boschi
- Livelli comunali
- Comuni montane

COD. TRAP.	QUOTA	COMUNE
BS-CMSB_001	1021	ZONE
BS-CMSB_002	1195	MARONE
BS-CMSB_003	1447	ZONE
BS-CMSB_004	1043	ZONE
BS-CMSB_005	899	ZONE
BS-CMSB_006	1184	PISOGNE
BS-CMSB_007	1001	PISOGNE
BS-CMSB_008	1307	PISOGNE
BS-CMSB_009	1166	PISOGNE
BS-CMSB_010	1337	PISOGNE
BS-CMSB_011	1288	PISOGNE
BS-CMSB_012	1335	PISOGNE
BS-CMSB_013	1538	PISOGNE
BS-CMSB_014	1194	PISOGNE



PROVINCIA DI BERGAMO

COMUNITA' MONTANA VALLE BREMBANA



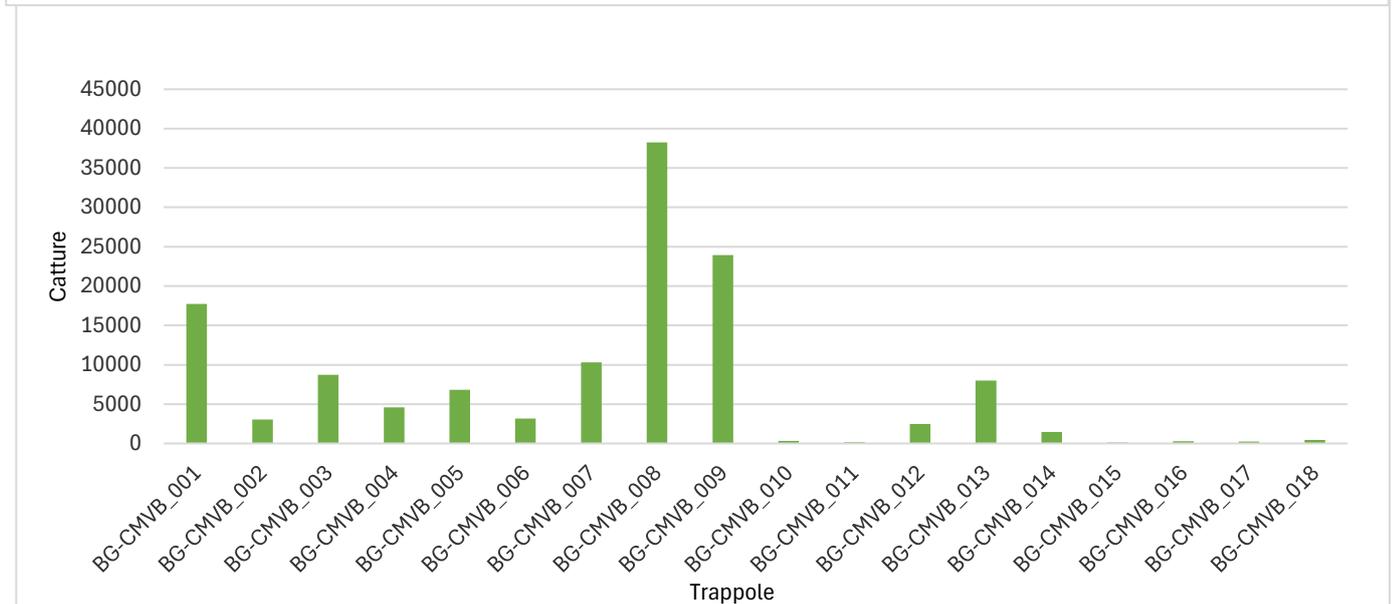
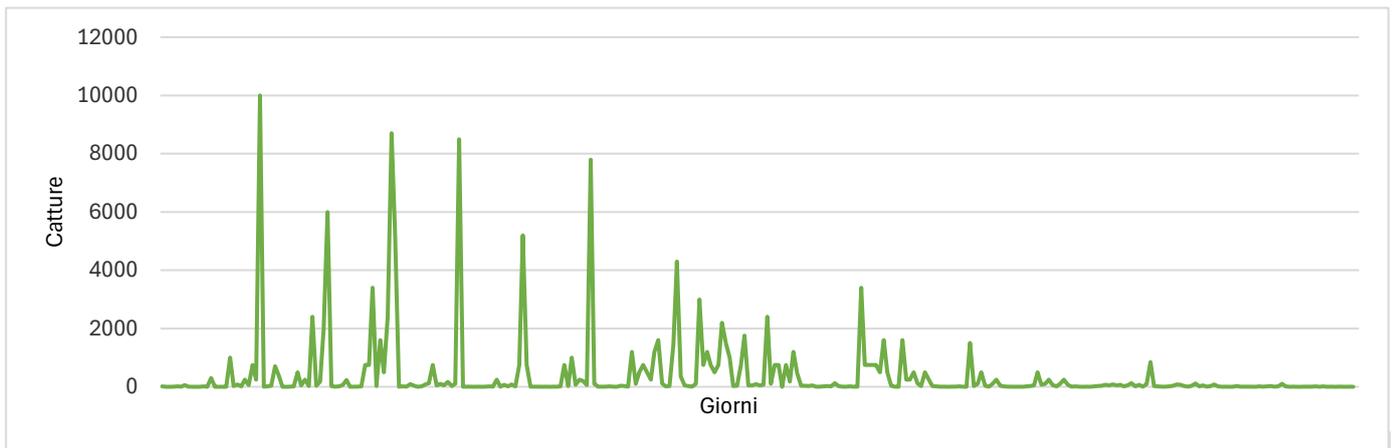
Regione Lombardia
SERVIZIO FITOSANITARIO

LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE PER IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO (*Ips typographus*) IN VALLE BREMBANA

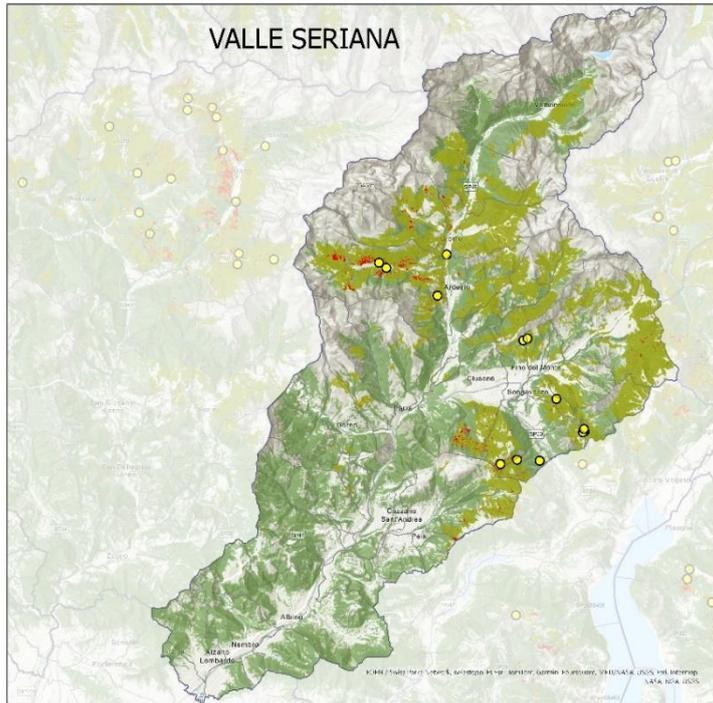
1:150.000



COD.TRAP.	QUOTA	COMUNE
BG-CMVB_001	1405	VALLEVE
BG-CMVB_002	1434	FOPPOLO
BG-CMVB_003	1454	VALLEVE
BG-CMVB_004	1247	VALLEVE
BG-CMVB_005	1151	BRANZI
BG-CMVB_006	1148	CARONA
BG-CMVB_007	828	BRANZI
BG-CMVB_008	1312	VALNEGRA
BG-CMVB_009	1241	RONCOBELLO
BG-CMVB_010	1237	RONCOBELLO
BG-CMVB_011	1145	RONCOBELLO
BG-CMVB_012	913	PIAZZOLO
BG-CMVB_013	1173	PIAZZATORRE
BG-CMVB_014	824	PIAZZATORRE
BG-CMVB_015	1168	MEZZOLDO
BG-CMVB_016	1192	ORNICA
BG-CMVB_017	1319	ORNICA
BG-CMVB_018	1378	VALTORTA



COMUNITA' MONTANA VALLE SERIANA



Regione Lombardia
SERVIZIO FITOSANITARIO

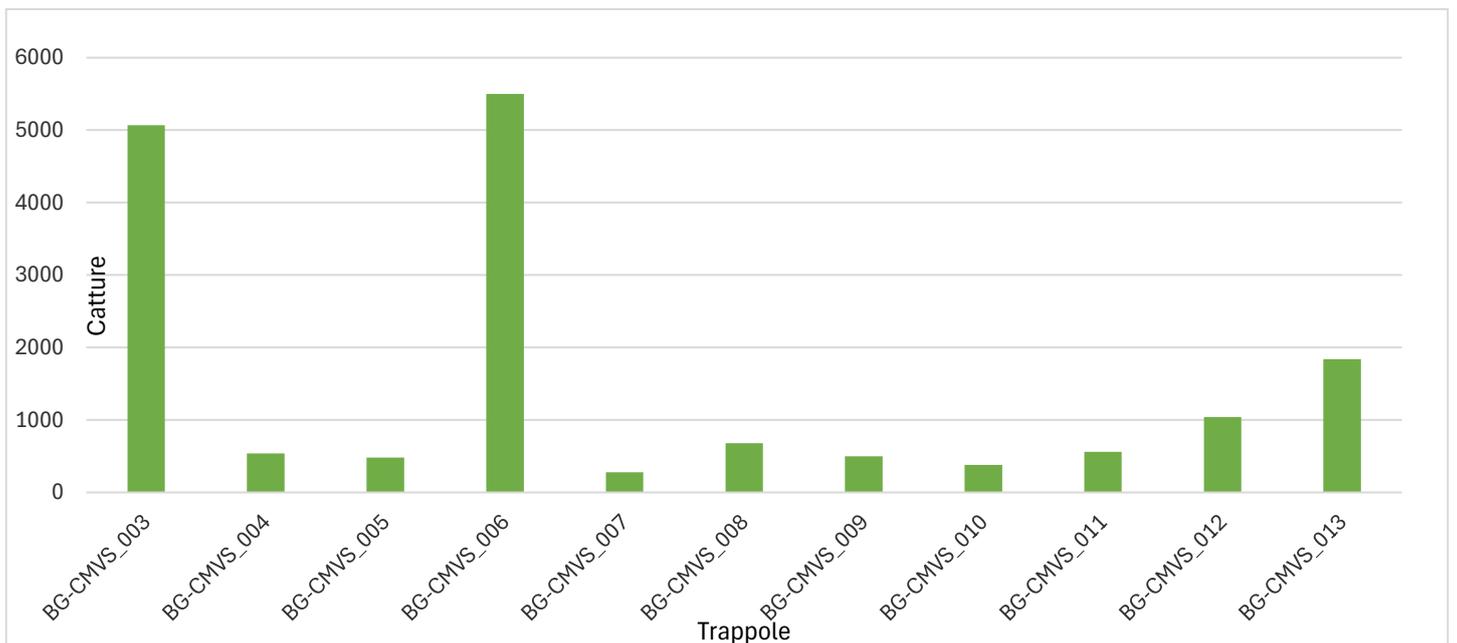
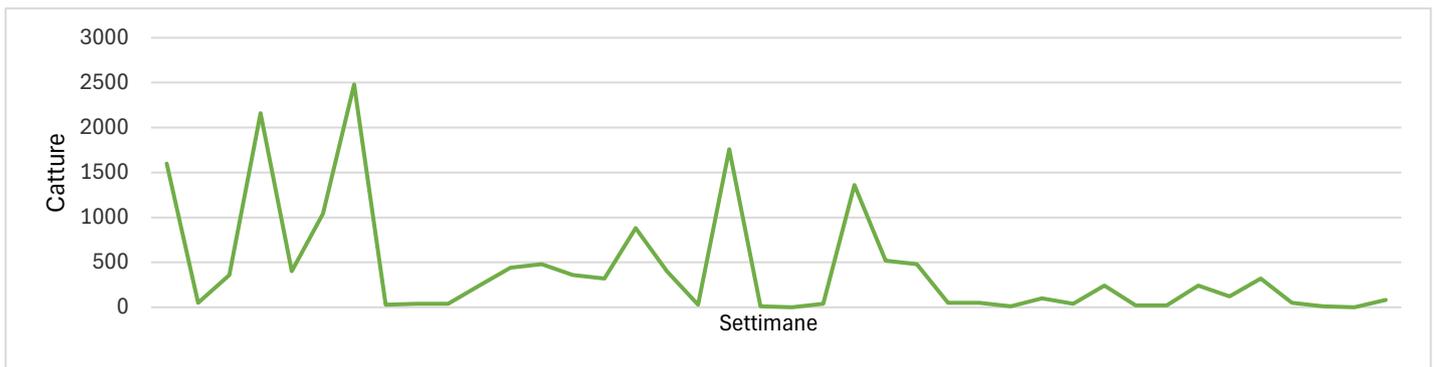
LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE PER IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO (Ips typographus) IN VALLE SERIANA

1:150.000

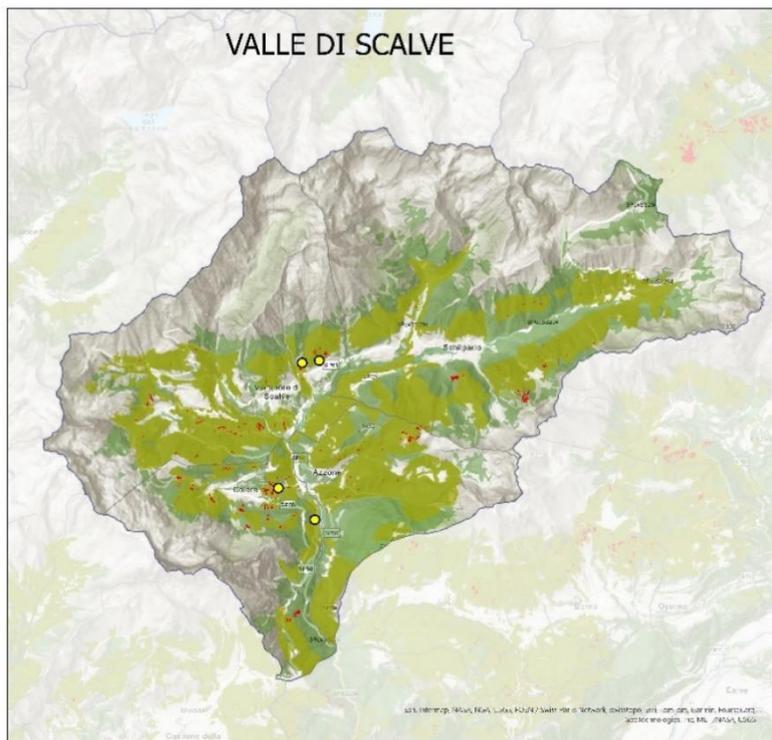
COD. TRAP.	QUOTA	COMUNE
BG-CMVS_003	951	ARDESIO
BG-CMVS_005	635	GROMO
BG-CMVS_004	1000	ARDESIO
BG-CMVS_006	874	ARDESIO
BG-CMVS_007	1188	SONGAVAZZO
BG-CMVS_008	1189	CERETE
BG-CMVS_009	1104	SONGAVAZZO
BG-CMVS_010	889	SONGAVAZZO
BG-CMVS_011	576	CERETE
BG-CMVS_012	1031	ROVETTA
BG-CMVS_013	1028	FINO DEL MONTE
BG-CMVS_014	1225	ROVETTA
BG-CMVS_015	957	CERETE

Legenda

- Trappole 2024
- Diffusione Bostrico 2021
- Pinetale
- Bosco
- Limiti comunali
- Comunità montane



COMUNITA' MONTANA VALLE DI SCALVE



SERVIZIO FITOSANITARIO

LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE PER IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO (Ips typographus) IN VALLE DI SCALVE

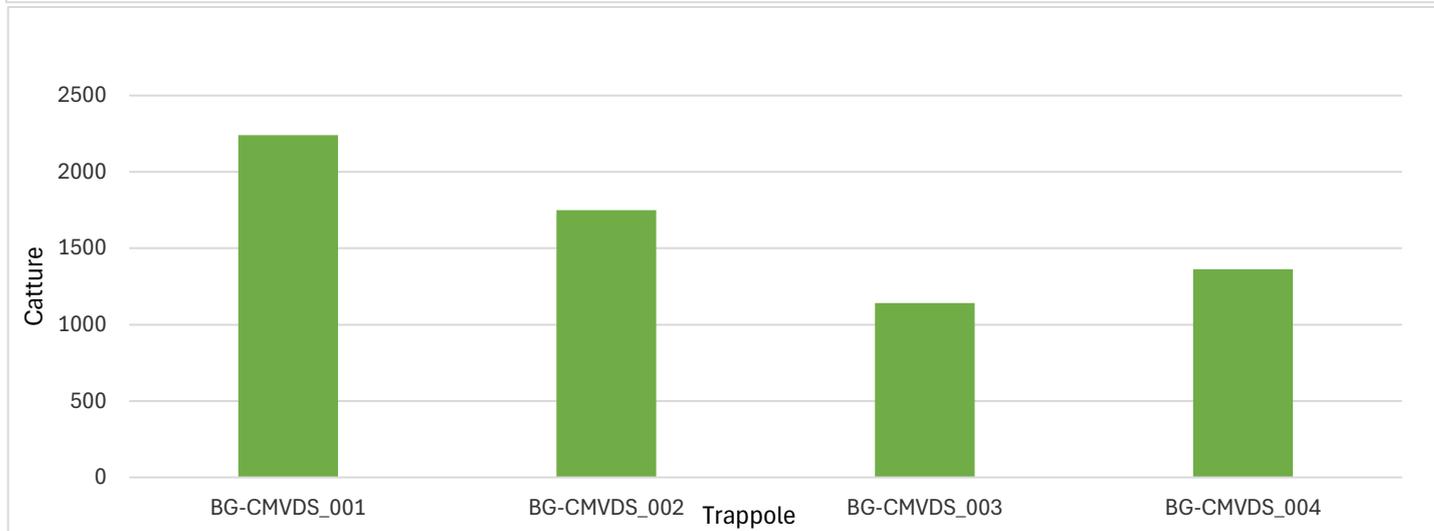
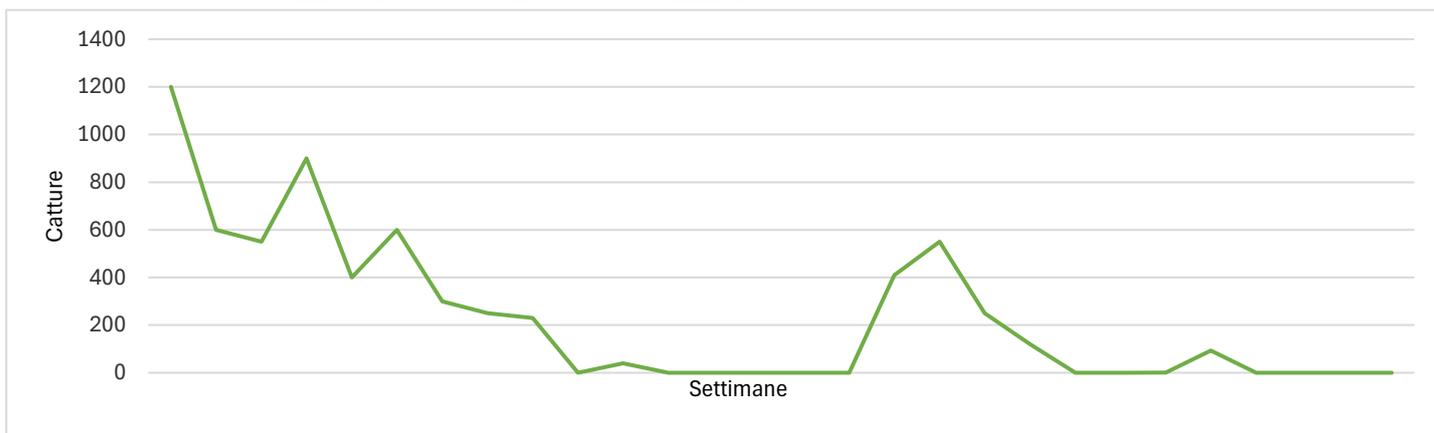
1:150.000



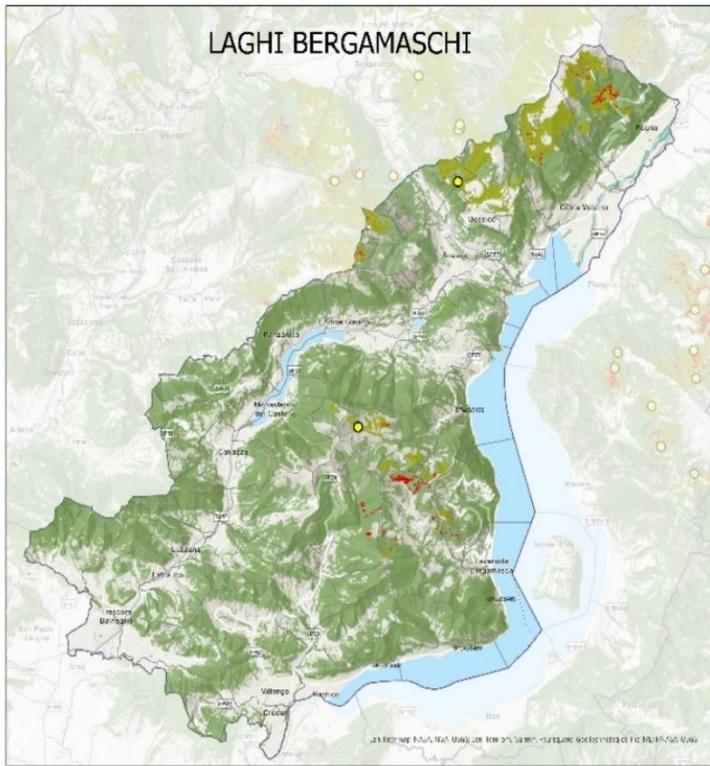
COD. TRAP.	QUOTA	COMUNE
BG-CMVDS_001	788	COLERE
BG-CMVDS_002	815	COLERE
BG-CMVDS_003	1166	VILMINORE DI SCALVE
BG-CMVDS_004	1168	VILMINORE DI SCALVE

Legenda

- Trappole 2024
- Infestazione Bostrico 2024
- Fagocione
- Bostico
- Limiti comunali
- Comunità montane



COMUNITA' MONTANA DEI LAGHI BERGAMASCHI

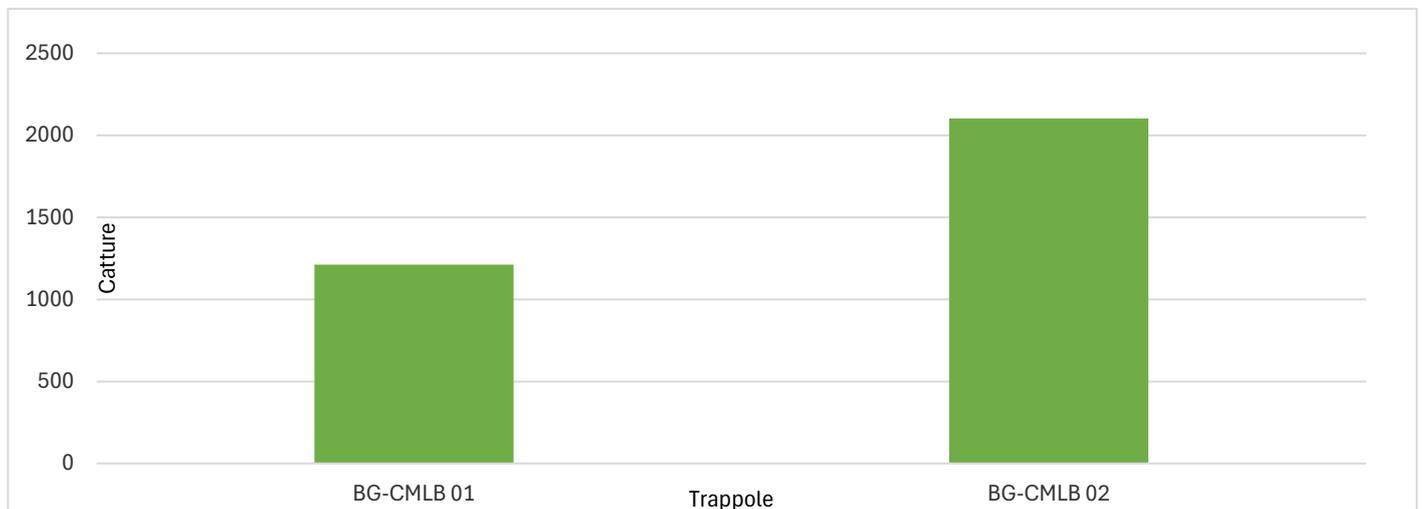
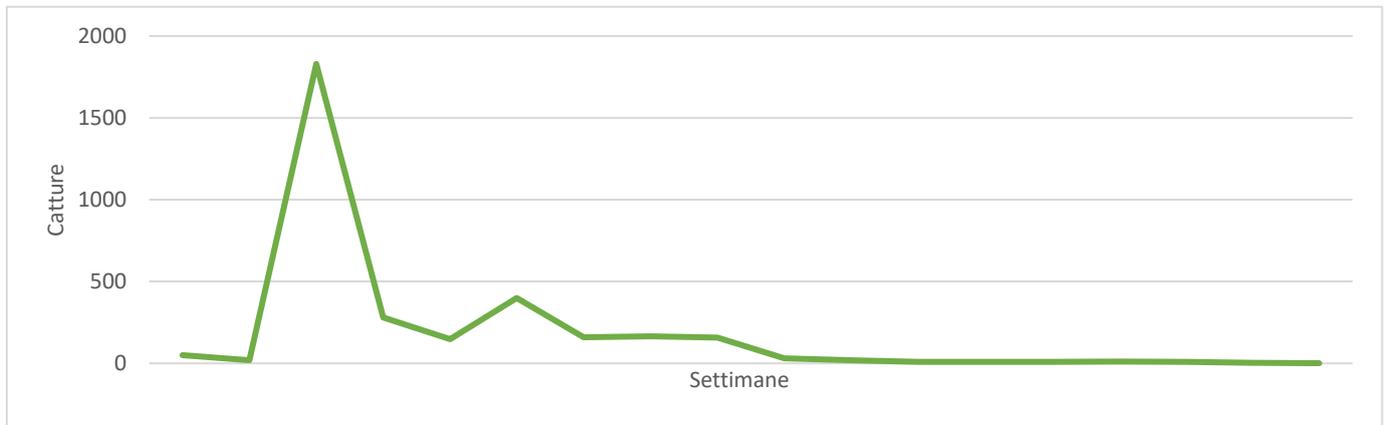


Regione Lombardia
 SERVIZIO FITOSANITARIO
LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE PER IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO (*Ips typographus*) NEI LAGHI BERGAMASCHI
 1:150.000

COD.TRAP.	QUOTA	COMUNE
BG-CMLB_001	1032	FONTENO
BG-CMLB_002	921	SOVERE

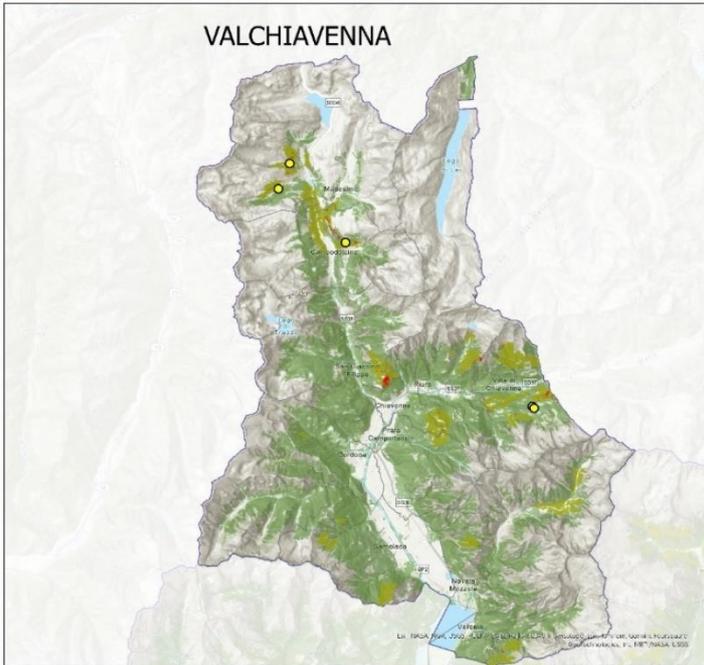


Legenda
 ● Trappole 2024
 ■ Diffusione 2023-2024
 ■ Picee
 ■ Bosco
 □ Limiti comunali
 □ Comunità montane



PROVINCIA DI SONDRIO

COMUNITA' MONTANA VAL CHIAVENNA

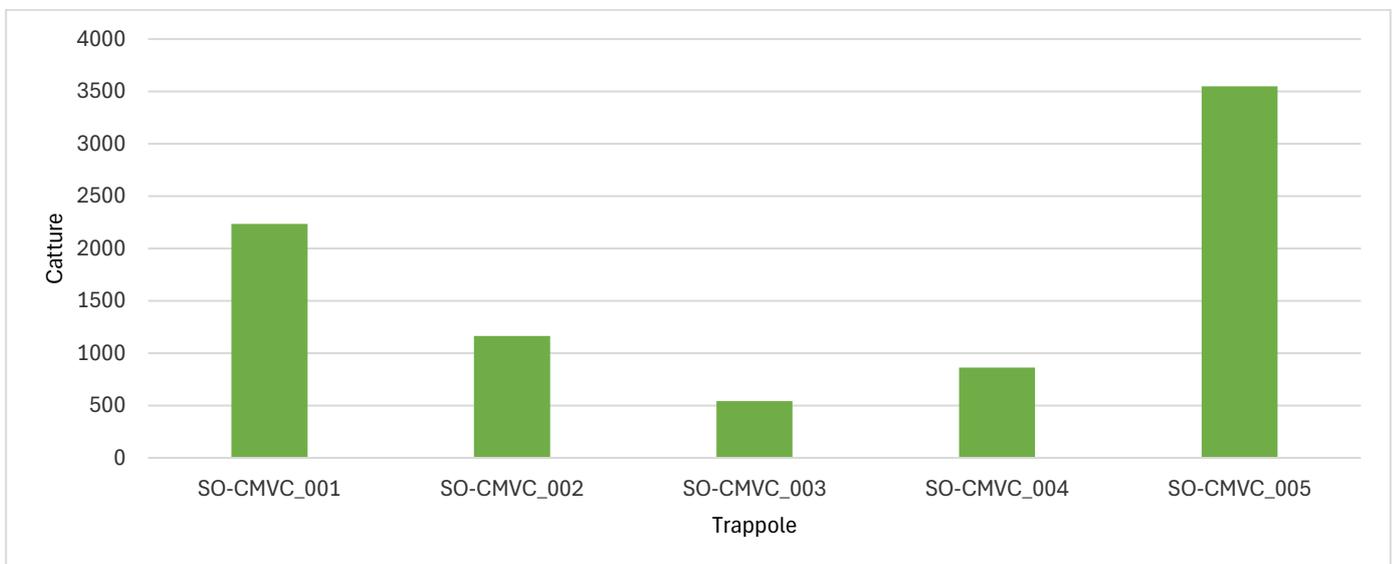
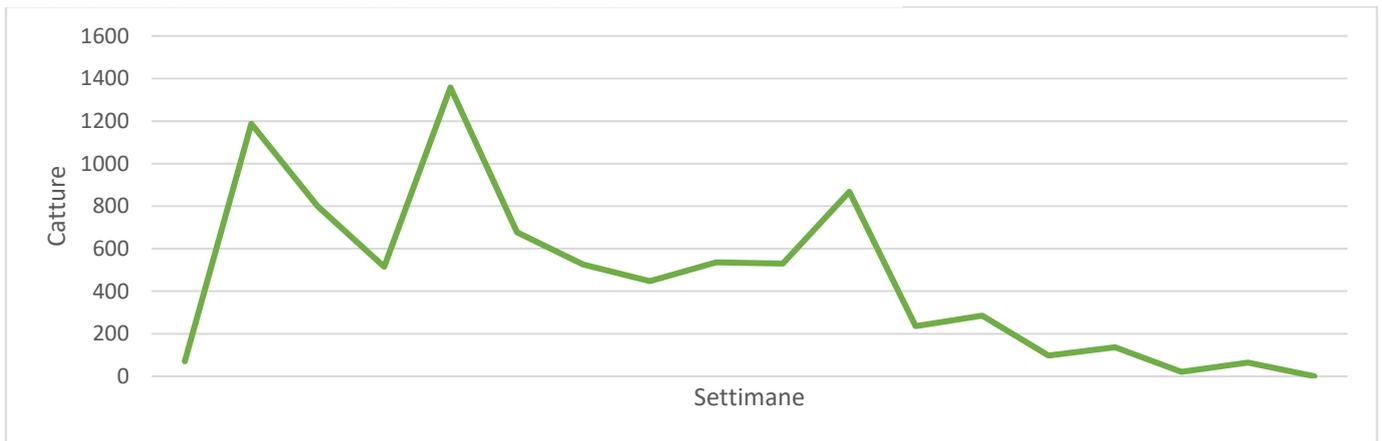


Regione Lombardia
 SERVIZIO FITOSANITARIO
LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE PER IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO (Ips typographus) IN VALCHIAVENNA
 1:150.000

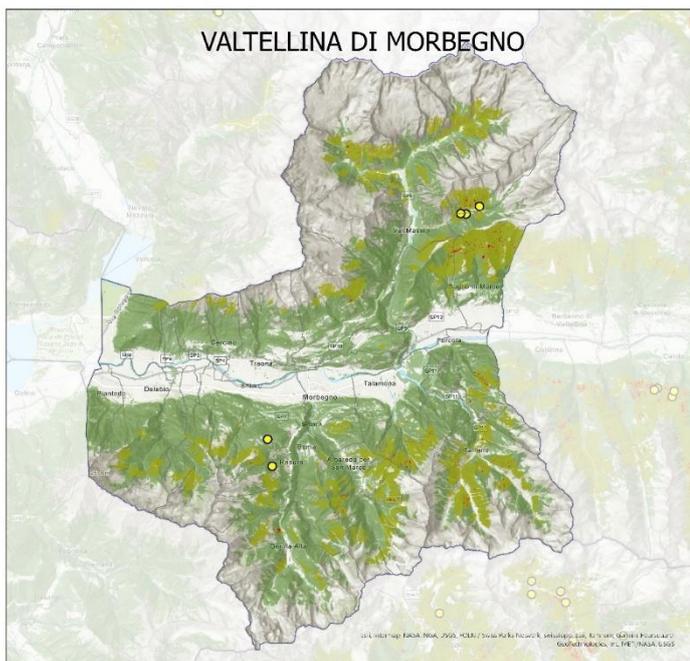


Legenda
 ● Trappole 2024
 ■ Diffusione Bostrico 2024
 ■ Piceleto
 ■ Bosco
 □ Limiti comunali
 □ Comunità montane

COD. TRAP.	QUOTA	COMUNE
SO-CMVC_001	1660	MADESIMO
SO-CMVC_002	1525	MADESIMO
SO-CMVC_003	1525	CAMPODOLCINO
SO-CMVC_004	1123	VILLA DI CHIAVENNA
SO-CMVC_005	1209	VILLA DI CHIAVENNA



COMUNITA' MONTANA VALTELLINA DI MORBEGNO

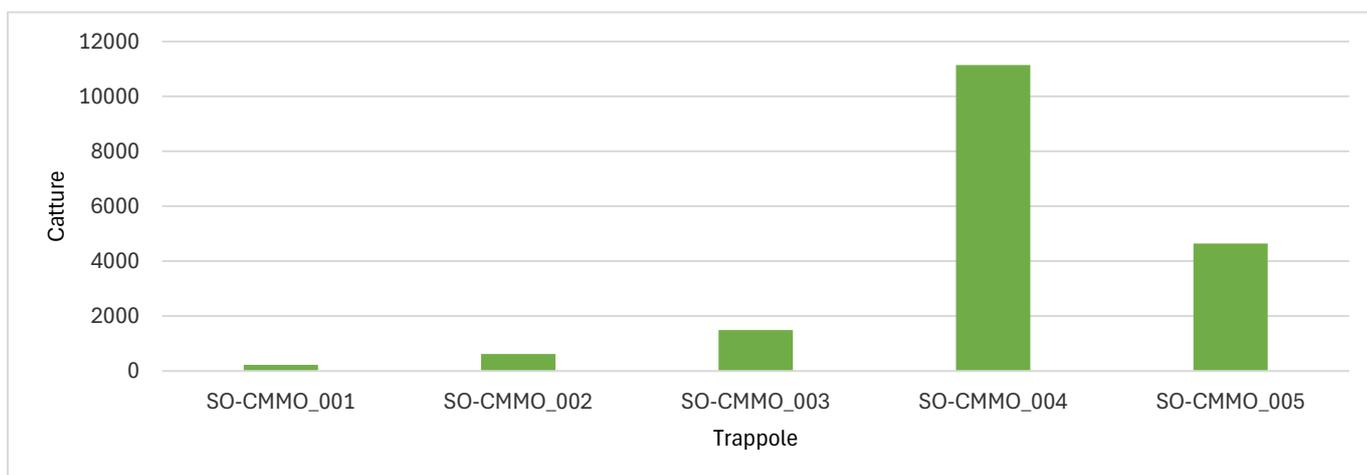
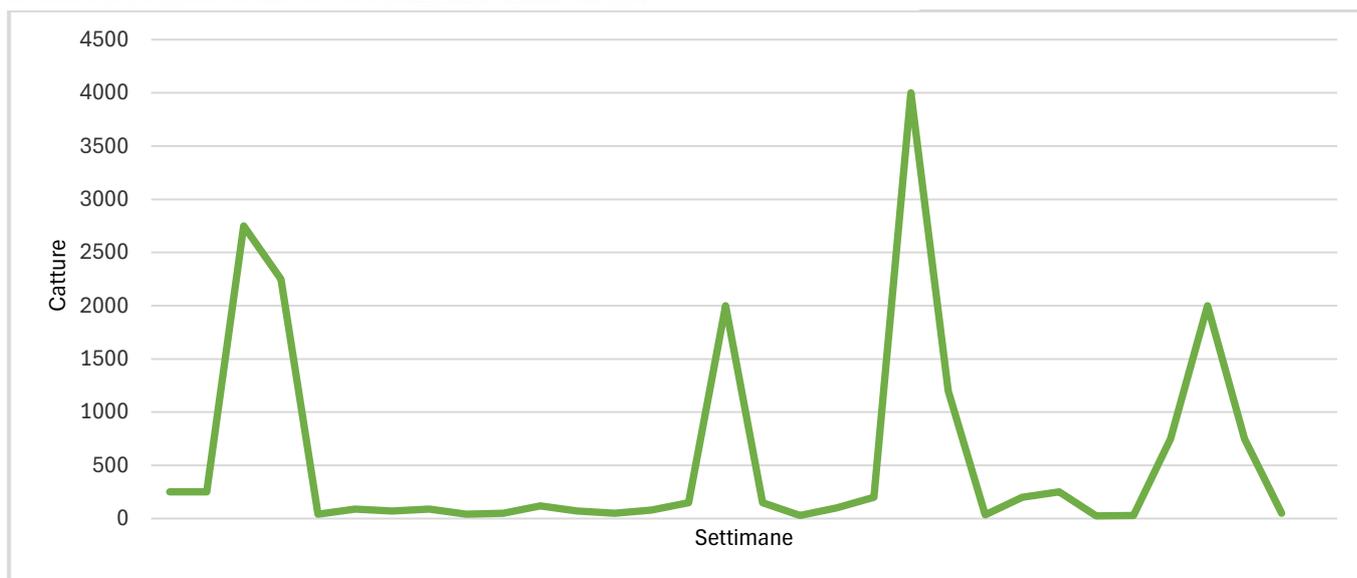


Regione Lombardia
SERVIZIO FITOSANITARIO
LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE PER IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO (Ips typographus) IN VALTELLINA DI MORBEGNO
1:150.000

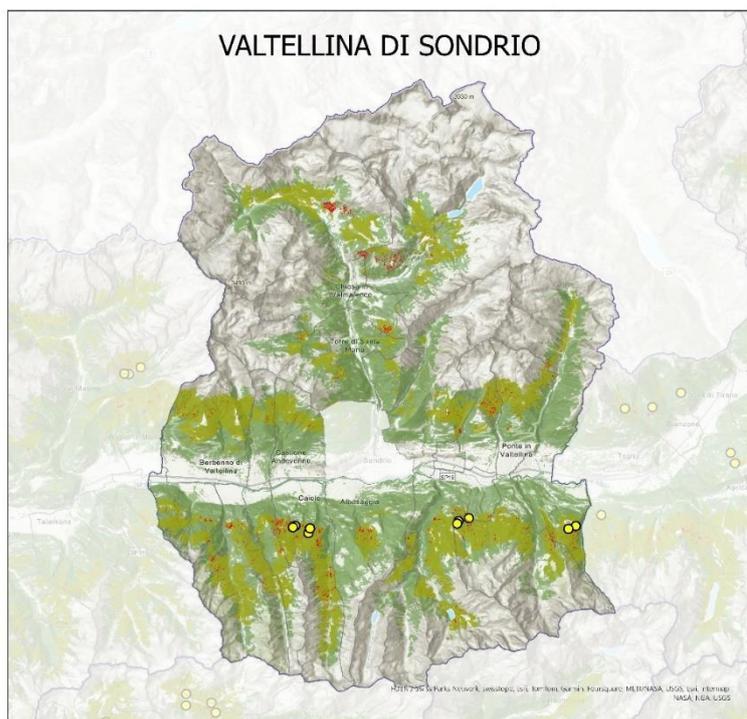


Legenda
● Trappole 2024
■ Diffusione Bostrico 2024
■ Peccole
■ Bosco
□ Limiti comunali
□ Comunità montane

COD. TRAP.	QUOTA	COMUNE
SO-CMMO_001	1512	VAL MASINO
SO-CMMO_002	1438	BUGLIO IN MONTE
SO-CMMO_003	1397	VAL MASINO
SO-CMMO_004	1275	COSIO VALTELLINO
SO-CMMO_005	1186	RASURA



COMUNITA' MONTANA VALTELLINA DI SONDRIO

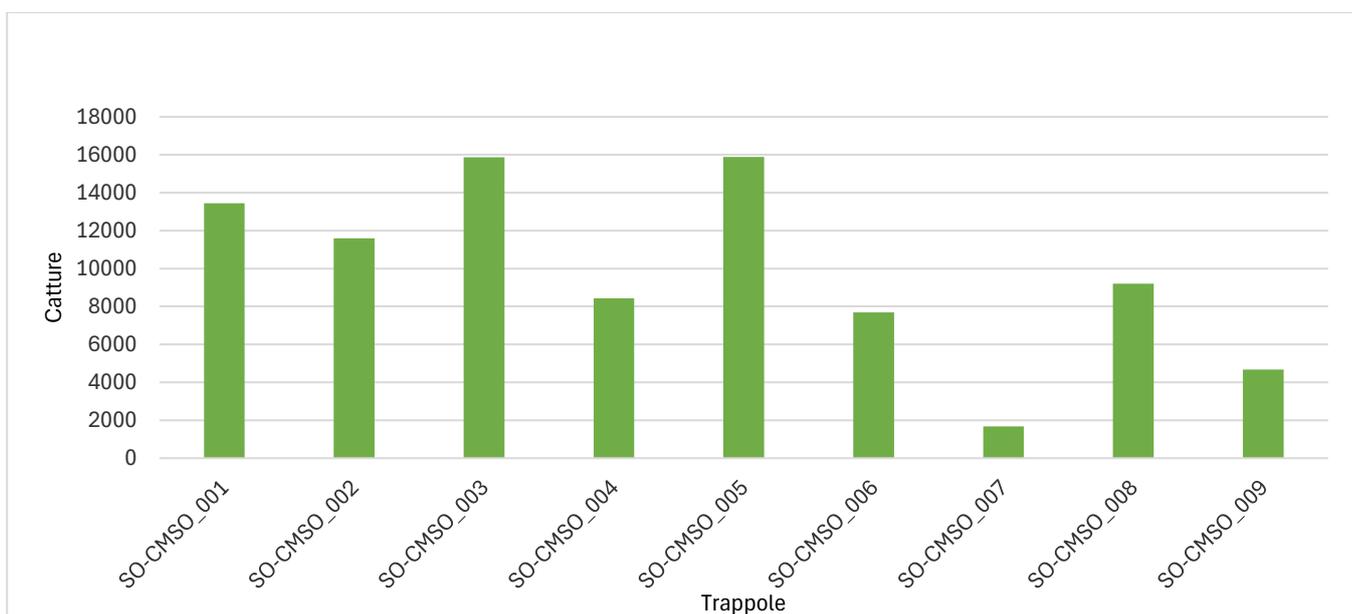
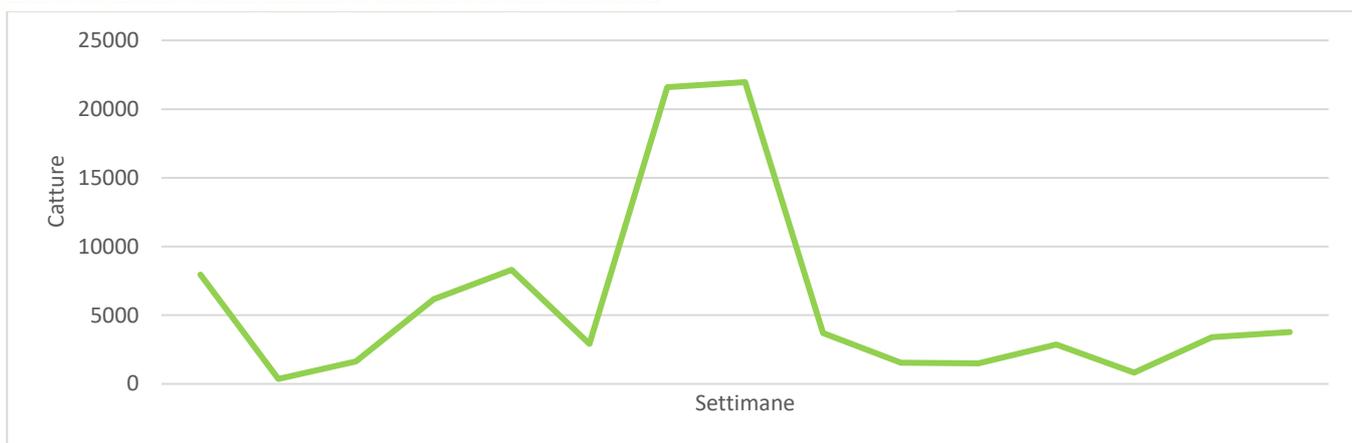


SERVIZIO FITOSANITARIO
LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE PER IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO (*Ips typographus*) IN VALTELLINA DI SONDRIO
1:150.000

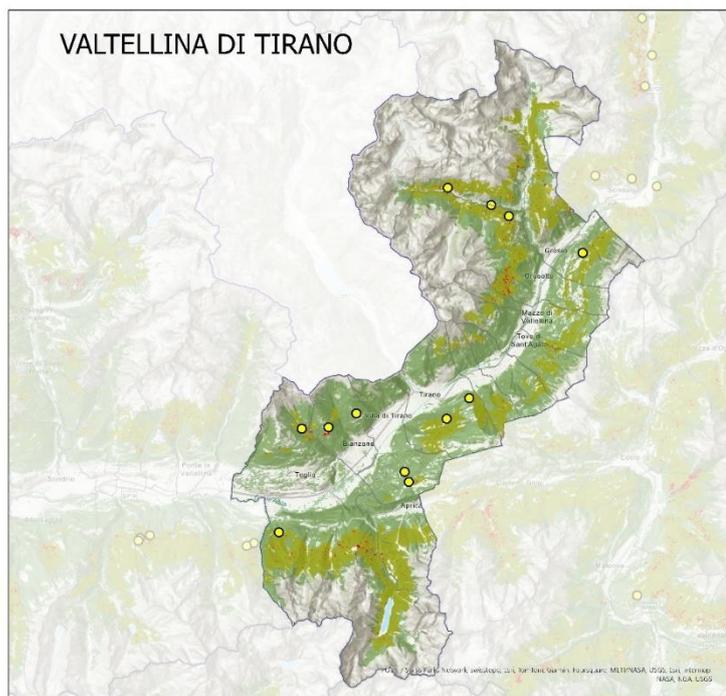


Legenda
 ● Trappole 2024
 ■ Diffusione Bostrico 2024
 ■ Peccebe
 ■ Bosco
 □ Limiti comunali
 □ Comunità montane

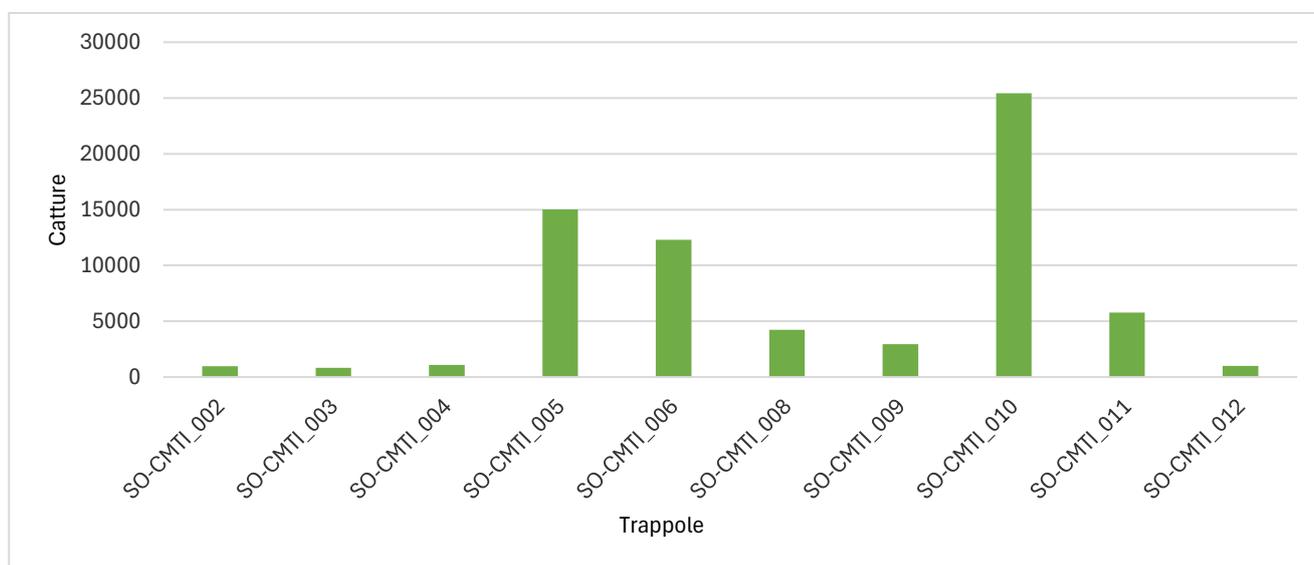
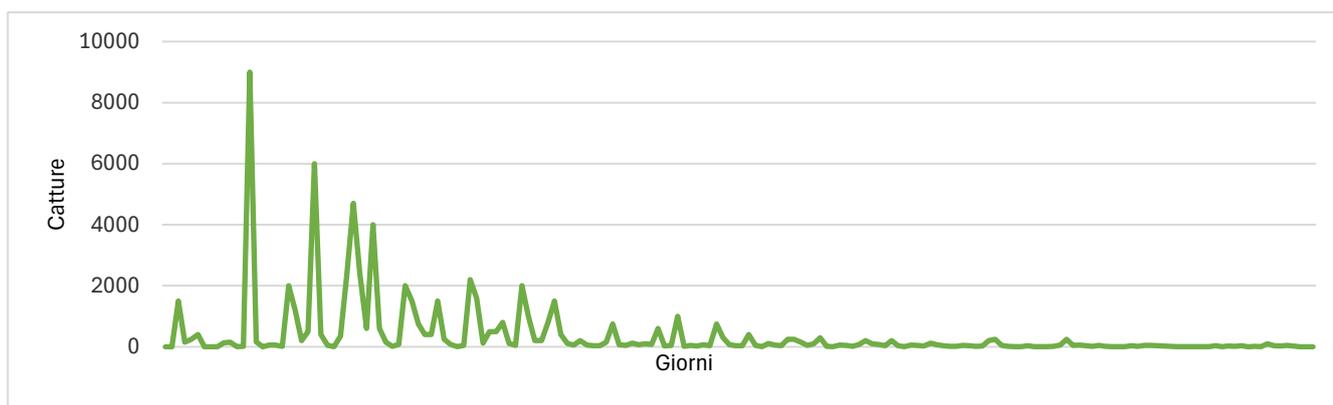
COD. TRAP.	QUOTA	COMUNE
SO-CMSO_001	1079	CAIOLO
SO-CMSO_002	1130	CAIOLO
SO-CMSO_003	1205	CAIOLO
SO-CMSO_004	1055	CAIOLO
SO-CMSO_005	1024	PIATEDA
SO-CMSO_006	1348	PONTE IN VALTELLINA
SO-CMSO_007	1409	PONTE IN VALTELLINA
SO-CMSO_008	1058	CASTELLO DELL'ACQUA
SO-CMSO_009	1240	CASTELLO DELL'ACQUA



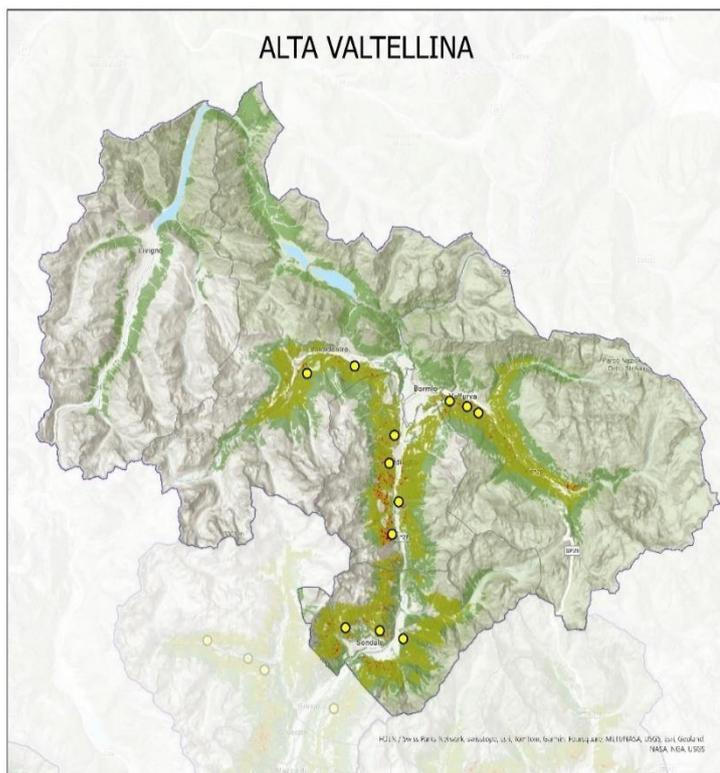
COMUNITA' MONTANA VALTELLINA DI TIRANO



COD. TRAP.	QUOTA	COMUNE
SO-CMTI_001	1660	GROSIO
SO-CMTI_002	1288	GROSIO
SO-CMTI_003	1148	GROSIO
SO-CMTI_004	1371	GROSOTTO
SO-CMTI_005	947	TIRANO
SO-CMTI_006	1030	TIRANO
SO-CMTI_007	1373	VILLA DI TIRANO
SO-CMTI_008	1275	BIANZONE
SO-CMTI_009	1219	TEGLIO
SO-CMTI_010	757	TEGLIO
SO-CMTI_011	1139	VILLA DI TIRANO
SO-CMTI_012	1352	BIANZONE



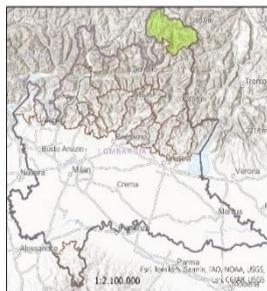
COMUNITA' MONTANA ALTA VALTELLINA



SERVIZIO FITOSANITARIO

LOCALIZZAZIONE DELLE TRAPPOLE PER IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO (*Ips typographus*) IN ALTA VALTELLINA

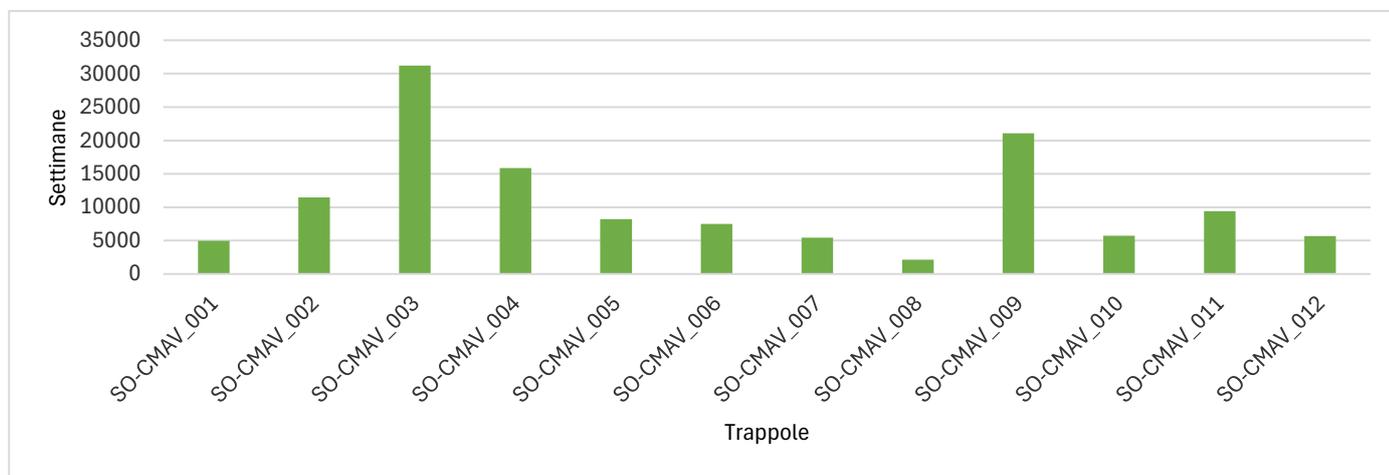
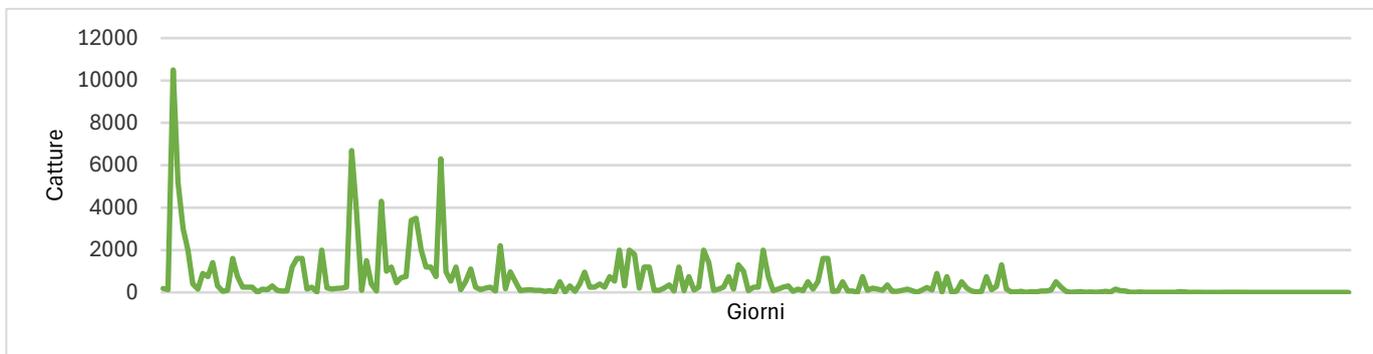
1:150.000



Legenda

- Trappole 2024
- Diffusione Bostrico 2024
- Picele
- Bosco
- Limiti comunali
- Comunità montane

COD. TRAP.	QUOTA	COMUNE
SO-CMAV_001	1446	SONDALO
SO-CMAV_002	1255	SONDALO
SO-CMAV_003	992	SONDALO
SO-CMAV_004	1197	VALDISOTTO
SO-CMAV_005	1161	VALDISOTTO
SO-CMAV_006	1378	VALDISOTTO
SO-CMAV_007	1370	VALDISOTTO
SO-CMAV_008	1411	VALDIDENTRO
SO-CMAV_009	1632	VALDIDENTRO
SO-CMAV_010	1438	VALFURVA
SO-CMAV_011	1542	VALFURVA
SO-CMAV_012	1560	VALFURVA



PIANO DI MONITORAGGIO DEL BOSTRICO TYPOGRAPHUS ANNO 2024

Identificazione delle probabili superfici infestate da Bostrico Typographus in Regione Lombardia mediante telerilevamento.

1. Premessa

In seguito alla tempesta Vaia (29 ottobre 2018), che ha lasciato in bosco la presenza di materiale schiantato ancora integro e umido e agli effetti legati ai cambiamenti climatici (tempeste, temperature oltre la norma, periodi siccitosi), le popolazioni del Bostrico dell'Abete Rosso (Ips typographus L.) sono cresciute in modo straordinario, in particolare dal 2020 il Bostrico dell'Abete Rosso è uscito dallo stato di equilibrio ecosistemico iniziando la fase di infestazione endemica su tutto l'arco alpino e ben oltre. L'ampia diffusione dello scolitide in aree anche poco accessibili ostacola e rende complesse e costose le campagne di monitoraggio sul campo fondamentali per la creazione di misure di governance atte a prevenire e mitigare e limitare gli effetti. Inoltre, il conteggio delle catture di scolitidi dalle trappole a ferormone non sempre non sempre può fornire indicazioni esaustive sull'evoluzione e la dinamica dell'infestazione.

Il telerilevamento può aiutare a superare tali limiti in quanto non solo fornisce dati frequenti e spazialmente continui ma anche informazioni sulle condizioni della vegetazione sfruttando la riflettanza della canopy delle piante nelle differenti bande dell'infrarosso. Grazie a ciò è possibile realizzare una mappatura del probabile danno e dello stato di diffusione del Bostrico.

Una valutazione dei danni su scala regionale è fondamentale per pianificare misure di governance per contenere, monitorare la diffusione, per lo stanziamento e la distribuzione di risorse economiche e misure compensative. L'azione di monitoraggio su vasta scala sarà inoltre sempre più importante, considerando che si prevede che in futuro i disturbi abiotici e biotici si verificheranno con una frequenza crescente a causa degli impatti dei cambiamenti climatici.

Per questo motivo Regione Lombardia dal 2022 ha avviato un piano di monitoraggio basato su tecniche di Earth Observation con l'obiettivo l'identificazione delle probabili aree bostricate presenti nel territorio lombardo, la loro quantificazione ed evoluzione a partire dal 2018 per le stagioni 2022, 2023, 2024. Il presente documento relaziona l'evoluzione dell'infezione del Bostrico Tipografo nell'anno 2024.

Dopo il culmine del 2022 e del 2023 caratterizzati da primavera ed estati calde e siccitose che hanno favorito le pullulazione, il monitoraggio da satellite e i dati raccolti dalle trappole a ferormoni registrano per il 2024 un netto calo della curva epidemica, la motivazione di tale riduzione può essere in parte da ricercare nell'andamento meteorologico della primavera e inizio estate, con temperature inferiori alla media e soprattutto precipitazioni frequenti che di fatto hanno ostacolato il volo degli svernanti, che si è mostrato tardivo, irregolare anche a basse quote. La stagione utile per lo sviluppo del bostrico è risultata quindi accorciata. Si può inoltre supporre un naturale decorso delle infestazioni, che dopo qualche anno dal loro inizio, in assenza di fattori che possono far ripartire il processo (come nuovi schianti dovuti a vento e a valanghe), tendono a estinguersi per aumento della competizione intraspecifica e dell'impatto degli antagonisti naturali.

2. Materiali

Immagini:

-Dati satellitari multispettrali (MSI) acquisiti dai satelliti della missione Sentinel-2 Level 2A del programma Copernicus (Global Monitoring for Environment and Security) dell’Agenzia Spaziale Europea <https://dataspace.copernicus.eu/> .

Le immagini sono state selezionate all’interno del periodo che va da fine agosto a metà ottobre corrispondente all’ipotetico termine del ciclo fenologico del Bostrico, ovvero alla sua massima diffusione areale, per questa ragione sarebbero da preferire le catture satellitari il più vicino possibile alla fine di questa finestra temporale. Oltre il mese di ottobre la declinazione del sole causa l’allungamento delle ombre nelle immagini rendendole meno fruibili, inoltre la presenza di gruppi di latifoglie che sono già nella fase fenologica di perdita dell’apparato fogliare crea alterazioni negli indici vegetazionali di cui bisognerà tenere conto. Al contrario nei mesi estivi le immagini risultano essere mediamente più luminose con minore presenza di ombre. All’interno di questa finestra temporale sono state individuate le immagini caratterizzate da una minore copertura nuvolosa.

Purtroppo, le condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato i mesi di settembre e ottobre 2024 non hanno permesso la disponibilità di immagini satellitari con assenza di copertura nuvolosa su tutto il territorio regionale obbligando l’utilizzo di date ancora nel cuore del ciclo di sviluppo dello scotilide che quindi non fotografano esattamente il reale stato finale dell’epidemia (fig. 1).

-Immagini satellitari multispettrali acquisizione SKYSAT 0,5 m (Fornite da ARPA LOMBARDIA) (fig. 1-2);

-Immagini acquisite da drone – Valle Intelvi – Val Grigna (rilievi ERSAF, ARPA LOMBARDIA).

Software GIS:

- ArcGIS Pro versione 3.2.2;
- ArcMap versione 10.8.

FONTE	IMMAGINE	DATA ACQUISIZIONE	AREA COPERTA
SENTINEL-2A	T32TMR_20240828T150452	28-agosto-2024	Ovest Lombardia
SENTINEL-2A	T32TPS_20240830T100559	30-agosto-2024	Nord est Lombardia
SENTINEL-2A	T32TPR_20240830T100559	30-agosto-2024	Sud est Lombardia
SENTINEL-2A	T32TNR_20240828T102021	28-agosto-2024	Centro Lombardia - nord Orobie
SENTINEL-2A	T32TNS_20240828T102021	28-agosto-2024	Centro Lombardia - sud Orobie
SKYSAT	20240720_081550_ssc2_u0001	20-luglio-2024	Ceto, Cimbergo e Paspardo, Cedegolo e Braone
SKYSAT	20240622_081407_ssc2_u0001	22-giugno-2024	Valgrigna
SKYSAT	20241021_080815_ssc12_u0001	21-ottobre-2024	Valgrigna

Figura 1 Dettaglio delle immagini satellitari utilizzate



Figura 2 Copertura territoriale delle immagini satellitari SKYSAT ad altissima risoluzione fornite da ARPA LOMBARDIA.

3. Area di studio

Inizialmente si era deciso di fissare l'area di studio con le zone classificate come "Piceo-Faggete" e "Peccete" nei Piani di indirizzo Forestali all'interno del territorio lombardo.

In seguito ad analisi fotointerpretative si è notato che l'Abete Rosso e quindi anche le probabili aree infestate si estendono anche al di fuori delle aree inizialmente selezionate. Vi sono inoltre vaste aree di *Pinus Sylvestris* colpite da Bostrico (es. Valmalenco). Per questi motivi l'area di studio è stata successivamente allargata a comprendere tutte le aree forestali regionali, individuate secondo la classificazione DUSAF 7: categoria 3 del 1° livello ("territori boscati e ambienti seminaturali") e categoria 1 del 2° livello (aree boscate). La decisione di estendere le zone oggetto di studio ha però inevitabilmente introdotto la possibilità di individuare vegetazione soggetta a fitopatie o alterazioni antropiche esterne alle peccete, rendendo necessario un importante controllo fotointerpretativo.

4. Workflow

Al fine di individuare e mappare le aree probabilmente colpite da infezione da Bostrico è stato impiegato un approccio multi-temporale (Fig. 16) Change Detection, basato su mappe annuali dei cambiamenti forestali sviluppate dalle classificazioni di immagini satellitari e da UAV multispettrali. Partendo da un modello T0, rappresentato dalle immagini pre-evento Vaia del 2018, si sono confrontate le variazioni nelle firme spettrali all'interno dell'area di studio nei periodi T1 (anno 2022), T2 (anno 2023) e T3 (anno 2024) (Fig. 3). Tali variazioni, individuate mediante l'indice vegetazionale (NDVI) e Supervised Classification, rappresentano aree prive di vegetazione o con uno stato unhealthy della copertura vegetale. Il risultato è una sequenza temporale di aree sulla quale vi è stata un'alterazione dello stato della vegetazione e dei popolamenti forestali che include sia gli stadi dell'infezione dello scoltide (fase verde, grigia e rossa), ma anche schianti dovuti a tempeste, valanghe, alberi morti o alterazioni antropiche del bosco.



Figura 3 Finestre temporali studiate.

L'immagine del 24 settembre 2018 è stata considerata come T0, tutte le modifiche successive al tempo T0 avvenute alla copertura vegetativa evidenziate dagli indici vegetazionali, dalla Supervised Classification e verificate da fotointerpretazione sono state considerate come zone probabilmente infestate. Al contrario aree con assenza di vegetazione o in uno stadio unhealthy già presenti al tempo T0 non sono state prese in considerazione (Fig. 4-5).

Questo approccio ha il limite di assimilare le zone infestate con aree, ad esempio, dove vi è stata una modifica antropica del bosco o schianti dovuti a tempeste. Nel controllo fotointerpretativo dei risultati modellistici si è cercato per quanto possibile di correggere queste situazioni. Inoltre, ai risultati, sono state sottratte tutte le aree danneggiate dalla tempesta Vaia contenute all'interno del layer "Boschi_danneggiati_Tempesta_Vaia_2018" scaricato dal Geoportale di Regione Lombardia (<https://www.geoportale.regione.lombardia.it/>). Da controlli visivi e solo in alcune aree, il layer non rappresenta però in modo corretto gli schianti dovuti alla tempesta del 2018 poiché copre aree di dimensioni maggiori che oggi invece presentano piante ancora in piedi o colpite da Bostrico. Viceversa sono state notate alcune aree con schianti che sembrerebbero non collegate a cluster di bostrico ma probabilmente dovute a Vaia.

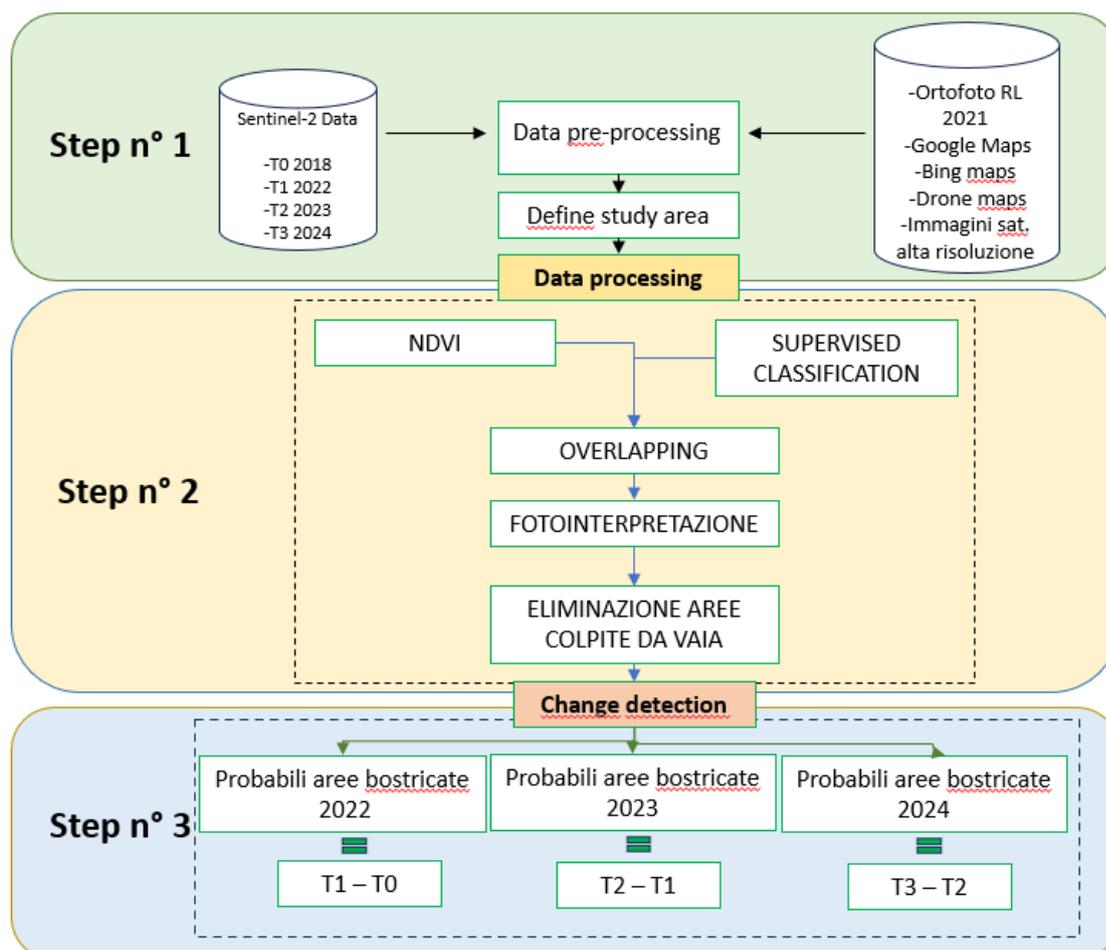


Figura 4 Schema che illustra il work flow utilizzato per individuare le probabili aree bostricate mediante impiego di immagini satellitari acquisite in differenti periodi temporali.

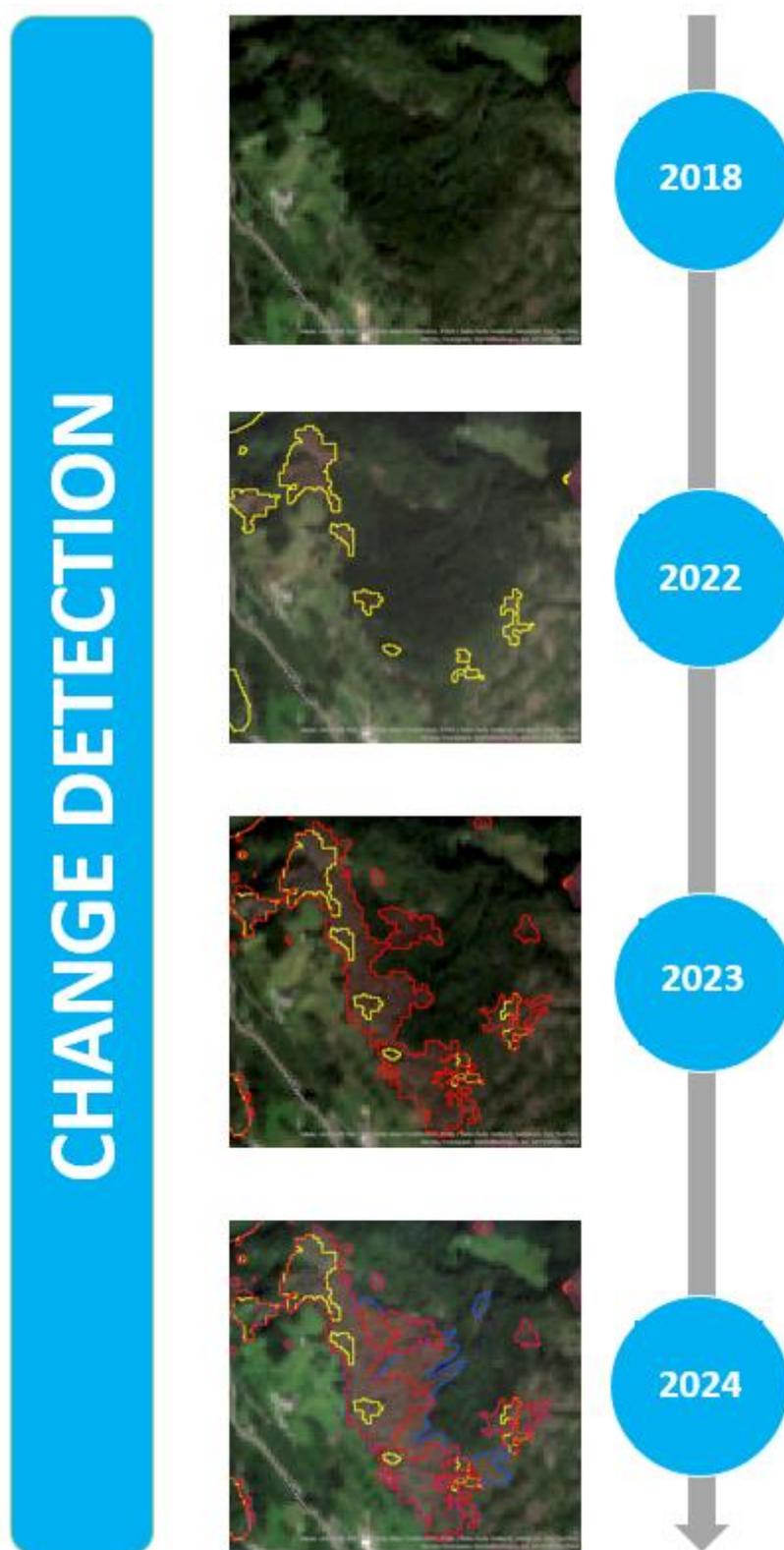


Figura 5 Change Detection, il confronto tra immagini Sentinel-2A TCI al tempo: T0 (A 2018) - T1 (B 2022) - T2 (C 2023) - T3 (D 2024) mostra l'evoluzione dell'infestazione osservata da satellite. In giallo le aree probabilmente bostricate individuate dal modello nel 2022, in rosso nel 2023 mentre in blu nel 2024.

5. CONCLUSIONI E RISULTATI

L'impiego delle immagini Sentinel-2 grazie alla loro disponibilità temporale, consente un'ampia scelta di immagini, aspetto importante poiché le aree montane in tarda estate sono spesso coperte da nuvole. Inoltre, il sensore multispettrale permette di acquisire le informazioni al di fuori del campo del visibile, in particolare nel vicino infrarosso, permettendo di rilevare le differenze di riflettanza rispetto ai popolamenti forestali sani già quando non ci sono cambiamenti visibili al livello del suolo. In alcuni casi la differenza spettrale rilevata non è direttamente collegabile alla prima fase di attacco, ciò nonostante, rappresenta una preziosa informazione poiché può essere correlata alla debolezza e allo stress, che rendono gli alberi vulnerabili alla selezione e quindi all'infestazione (Faccoli e Bernardinelli, 2014; Dalponte et al., 2020). Non per ultimo le immagini Sentinel-2 sono prive di costi in quanto prodotti accessibili gratuitamente.

Per questi motivi il loro utilizzo in questo studio si è rivelato uno strumento potente per l'individuazione, la mappatura e il monitoraggio a media e grande scala di tutte le alterazioni dei popolamenti forestali a differenti scale temporali.

Tuttavia, la risoluzione a 10 metri delle immagini Sentinel-2 rappresenta un fattore limitante per indagini più accurate e di dettaglio come, ad esempio, l'individuazione di piccoli nuclei o il monitoraggio dell'evoluzione nel breve periodo dell'infezione o delle sue fasi precoci (fase verde) per le quali rimangono fondamentali le immagini satellitari ad alta risoluzione o le acquisizioni da drone (Bárta et al., 2021; Minařík et al., 2021; Bozzini et al., 2023). Immagini con risoluzioni più spinte rappresentano inoltre un importante strumento per la correzione dei falsi positivi assieme ad accurate indagini sul campo imprescindibili per una visione più corretta dell'attuale situazione fitosanitaria dei boschi (Mandl e Lang, 2023).

Il rilevamento della cosiddetta fase di "attacco verde", cioè il rilevamento di un'infestazione quando la chioma è ancora verde, finora non è stato ottenuto in modo affidabile. Anche con le immagini della gamma del vicino infrarosso (NIR) non è stato possibile rilevare, soprattutto utilizzando le immagini Sentinel-2, una chiara e significativa risposta spettrale nella fase di attacco verde. Il rilevamento dell'infestazione "dall'alto" si è dimostrato più robusto quando le chiome virano al rosso, a quel punto però i coleotteri hanno già in buona parte abbandonato le piante. Ciononostante, è possibile usare il telerilevamento indirettamente. L'individuazione delle aree dove le chiome sono già diventate rosse durante l'estate consente di localizzare i siti dove il materiale non è ancora stato asportato. Laddove il coleottero ha abbandonato piante già morte, ci si può aspettare una nuova infestazione nelle immediate vicinanze. Le mappe create con i dati satellitari non ad altissima risoluzione possono consentire di ridurre lo sforzo di segnalazione delle aree colpite da parte dei distretti forestali, aiutando a prevenire l'ulteriore diffusione del bostrico.

Le maggiori criticità emerse nello studio sono legate alla presenza di ombre, tipicamente presenti nei versanti esposti a nord che impediscono l'acquisizione delle firme spettrali necessarie. In queste aree, in particolar modo utilizzando le sole immagini Sentinel-2, non è stato possibile effettuare una mappatura dettagliata ed esaustiva dello stato e dell'evoluzione dell'infestazione. Tuttavia, queste aree sono quelle meno esposte e suscettibili agli attacchi dell'Ips typographus L. rispetto ai versanti esposti a sud e a ovest a causa delle temperature superficiali inferiori e ad una minore esposizione alla luce solare (Wermelinger, B. Ecology and management of the spruce bark

beetle Ips typographus—A review of recent research. For. Ecol. Manag. 2004, 202, 67–82) (Abdullah, H.; Skidmore, A.K.; Darvishzadeh, R.; Heurich, M. Sentinel-2 Accurately Maps Green-Attack Stage of European Spruce Bark Beetle (Ips typographus, L.) Compared with Landsat-8. Remote Sens. Ecol. Conserv. 2019, 5, 87–10) .

Un'ulteriore difficoltà è rappresentata dalla densità del bosco e dalla sua composizione. Boschi radi che includono radure, affioramenti rocciosi e boschi non monospecifici o adiacenti alla viabilità hanno determinato delle casistiche di falsi positivi dovuti a segnali misti causati da condizioni diverse all'interno della stessa area/pixel. In queste casistiche l'uso delle immagini acquisite dagli UAV con una maggiore risoluzione spaziale (pochi centimetri) offrono la possibilità di analizzare la riflettanza di singoli alberi invece che di gruppi di alberi o aree più ampie migliorando in modo significativo non solo l'attendibilità del dato ma anche la possibilità del rilevamento precoce (Mandl e Lang, 2023).

Dopo il 2022 e il 2023 nel quali si è registrata una significativa accelerazione dell'epidemia, causa temperature primaverili ed estive sopra la media ma soprattutto a scarse precipitazioni, le analisi hanno evidenziato un'inversione di tendenza. Complice l'andamento meteorologico del 2024 opposto agli anni precedenti, segnato da una primavera e un inizio estate con precipitazioni frequenti, il volo degli svernanti si è mostrato tardivo e irregolare accorciando la stagione utile per lo sviluppo del Bostrico e dando sollievo alle peccete in sofferenza idrica rendendole meno suscettibili agli attacchi. Le superfici probabilmente bostricate sono infatti variate da 2117 ha. nel 2022 a 3439 ha. nel 2023 per raggiungere i 3862 ha. nel 2024. Esprimendo in percentuale le variazioni annuali osservate, l'incremento tra il 2022 e il 2023 è stato pari a 62%, mentre tra il 2023 e il 2024 si è ridotto al 12% (Fig. 5) confermando il ruolo crescente della siccità nel guidare le dinamiche del disturbo e il cambiamento climatico come un forte amplificatore delle epidemie di bostrico.

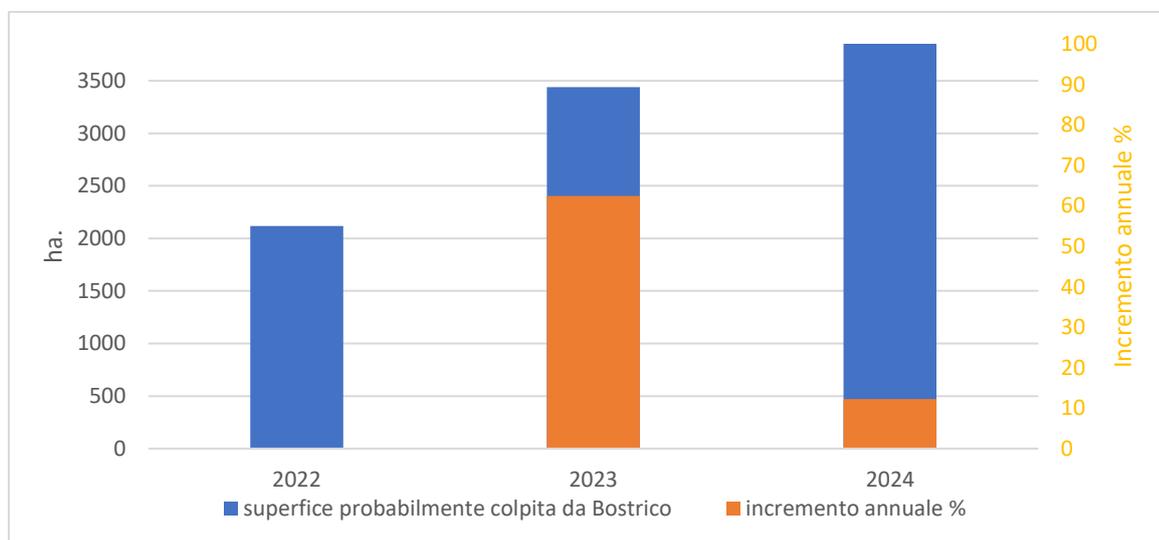


Figura 6 La tabella mostra le variazioni restituite dal modello delle aree potenzialmente colpite dallo scotilide nell'intero territorio lombardo in arancio l'incremento annuale espresso in percentuale, in blu la superficie probabilmente colpita da Bostrico espressa in ha.

Considerando gli ettari probabilmente danneggiati all'interno di ciascuna comunità montana, i dati restituiti dal modello mostrano la Valle Camonica come la più impattata dall'epidemia per tutti e 3 gli anni monitorati 2022, 2023 e 2024 con rispettivamente 614 ha. e 1111 ha. e 1318 ha. corrispondenti al 29%, 32% e 34% rispetto al totale delle aree individuate a scala regionale. Nel 2024 più di un terzo tra tutte le aree individuate si trovano quindi in Valle Camonica. Seguono, con entrambe il 9%, le comunità montane Valle Trompia, Valtellina di Sondrio e Valle Brembana

(Fig. 7).

Poiché ciascuna comunità montana è caratterizzata da estensioni sia complessive che di aree forestali differenti, per comprendere il reale impatto rispetto al proprio territorio, i dati restituiti dal modello sono stati normalizzati con le aree con soprassuolo forestale presenti in ciascun ente locale. I valori normalizzati riferiti al 2024 confermano il ranking del 2023, le comunità montane maggiormente impattate risultano il Sebino Bresciano 3,35%, la Valle Camonica 2,03%, la Valle Trompia 1,30% e l'Alta Valtellina 0,98% (Fig. 8-9-10-11-12). Complessivamente i danni del bostrico coprono lo 0,71% dell'intera area forestale regionale.

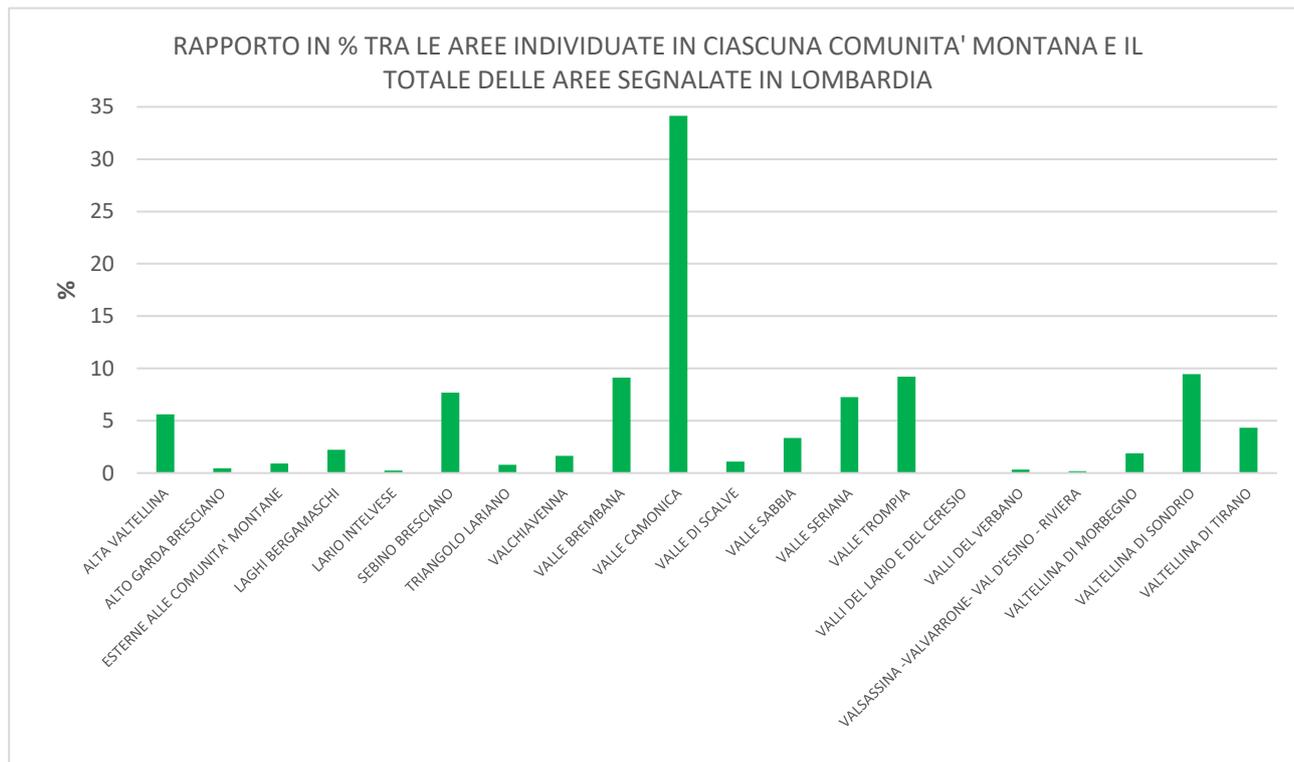


Figura 7 Il grafico mostra per ciascuna comunità montana l'estensione delle aree potenzialmente bostricate individuate rispetto al totale delle aree rinvenute su tutto il territorio lombardo. Un terzo delle potenziali aree infette si trova in Valle Camonica.

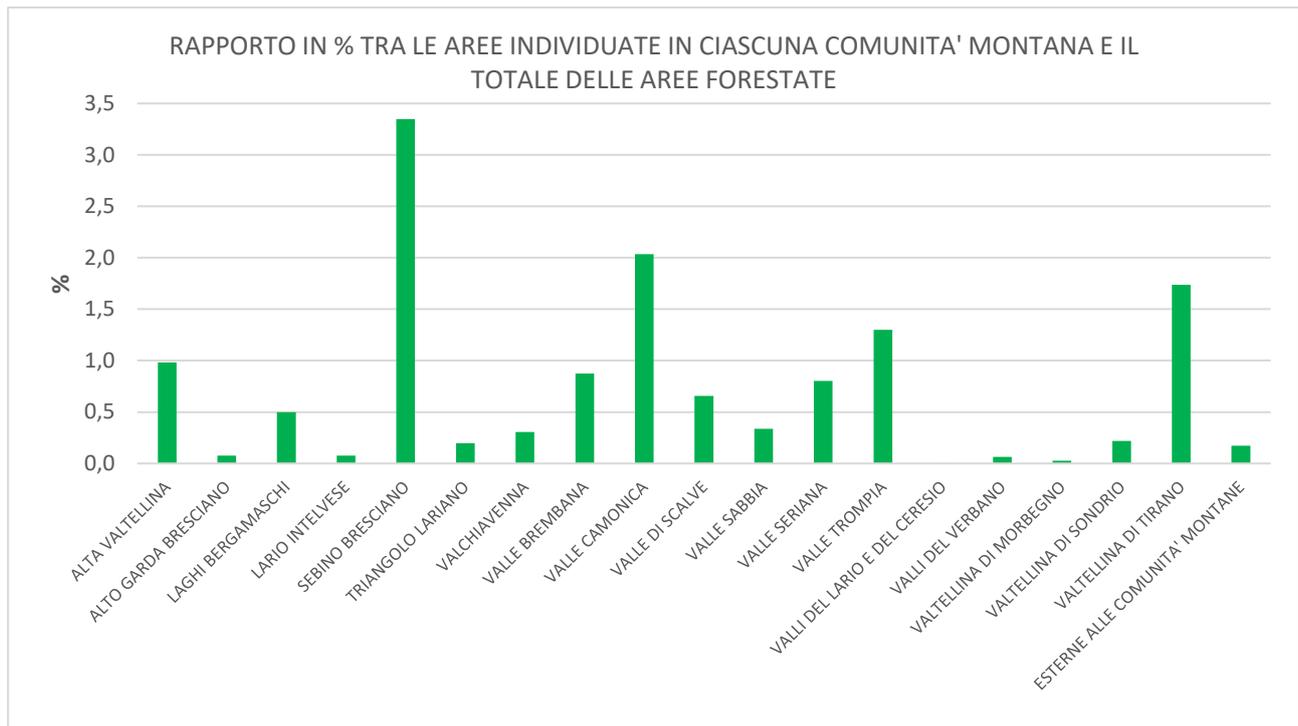


Figura 8 Il grafico mostra per ciascuna comunità montana l'estensione delle aree potenzialmente bostricate individuate rispetto al totale delle aree con soprassuolo forestale presente in ogni ente locale.

COMUNITA' MONTANA	AREE PROBABILMENTE BOSTRICATE ha. 2022	AREE PROBABILMENTE BOSTRICATE ha. 2023	AREE PROBABILMENTE BOSTRICATE ha. 2024	VARIAZIONE AREALE 2022-2023 %	VARIAZIONE AREALE 2023-2024 %
ALTA VALTELLINA	120	207	217	72%	5%
ALTO GARDA BRESCIANO	11	18	18	56%	0%
LAGHI BERGAMASCHI	45	76	86	68%	13%
LARIO INTELVESE	2	3	9	80%	204%
SEBINO BRESCIANO	173	278	297	60%	7%
TRIANGOLO LARIANO	21	25	30	19%	20%
VALCHIAVENNA	47	61	64	31%	4%
VALLE BREMBANA	207	324	352	56%	9%
VALLE CAMONICA	614	1111	1319	81%	19%
VALLE DI SCALVE	23	38	43	64%	11%
VALLE SABBIA	95	122	129	28%	6%
VALLE SERIANA	159	224	280	41%	25%
VALLE TROMPIA	214	340	356	59%	5%
VALLI DEL LARIO E DEL CERESIO	1	2	2	20%	0%
VALLI DEL VERBANO	9	11	12	26%	15%
VALSASSINA - VALVARRONE- VAL D'ESINO - RIVIERA			7		
VALTELLINA DI MORBEGNO	46	68	73	49%	8%

Report campagna monitoraggio Ips typographus 2024

VALTELLINA DI SONDRIO	211	343	365	63%	7%
VALTELLINA DI TIRANO	92	152	167	66%	9%
ESTERNE ALLE COMUNITA' MONTANE	27	35	36	28%	2%

Figura 9 la tabella mostra per ciascuna comunità montana l'estensione delle aree potenzialmente bostricate individuate e le variazioni avvenute nel 2023 e nel 2024.

COMUNITA' MONTANA	AREA CARTA FORESTALE	AREA INDIVIDUATA 2022 ha.	% AREA COINVOLTA 2022	AREA INDIVIDUATA 2023 ha.	% AREA COINVOLTA 2023	AREA INDIVIDUATA 2024 ha.	% AREA COINVOLTA 2024
ALTA VALTELLINA	22048	120,26	0,55	207,39	0,94	217	0,98
ALTO GARDA BRESCIANO	21774	11,45	0,05	17,82	0,08	18	0,08
LAGHI BERGAMASCHI	17277	45,24	0,26	75,89	0,44	86	0,50
LARIO INTELVESE	11582	1,62	0,01	2,91	0,03	9	0,08
SEBINO BRESCIANO	8860	173,36	1,96	277,89	3,14	297	3,35
TRIANGOLO LARIANO	15346	21,27	0,14	25,38	0,17	30	0,20
VALCHIAVENNA	20931	46,71	0,22	61,22	0,29	64	0,31
VALLE BREMBANA	40245	207,06	0,51	323,92	0,80	352	0,87
VALLE CAMONICA	64798	614,02	0,95	1111,32	1,72	1319	2,03
VALLE DI SCALVE	6503	23,49	0,36	38,44	0,59	43	0,66
VALLE SABBIA	38401	95,40	0,25	122,45	0,32	129	0,34
VALLE SERIANA	34841	158,77	0,46	224,45	0,64	280	0,80
VALLE TROMPIA	27356	214,00	0,78	340,16	1,24	356	1,30
VALLI DEL LARIO E DEL CERESIO	22407	1,37	0,01	1,64	0,01	2	0,01
VALLI DEL VERBANO	17464	8,52	0,05	10,77	0,06	12	0,07
VALTELLINA DI MORBEGNO	26225	45,58	0,17	67,87	0,26	73	0,28
VALTELLINA DI SONDRIO	33419	210,69	0,63	342,61	1,03	365	0,22
VALTELLINA DI TIRANO	21011	91,59	0,44	152,36	0,73	167	1,74
VALSASSINA - VALVARRONE - VAL D'ESINO - RIVIERA						7,34	0,19
ESTERNE ALLE COMUNITA' MONTANE	96159	27,11		34,83		36	0,17

Figura 10 la tabella mostra per ciascuna comunità montana l'estensione delle aree potenzialmente bostricate individuate rispetto al totale delle aree con soprassuolo forestale presente in ogni ente locale.

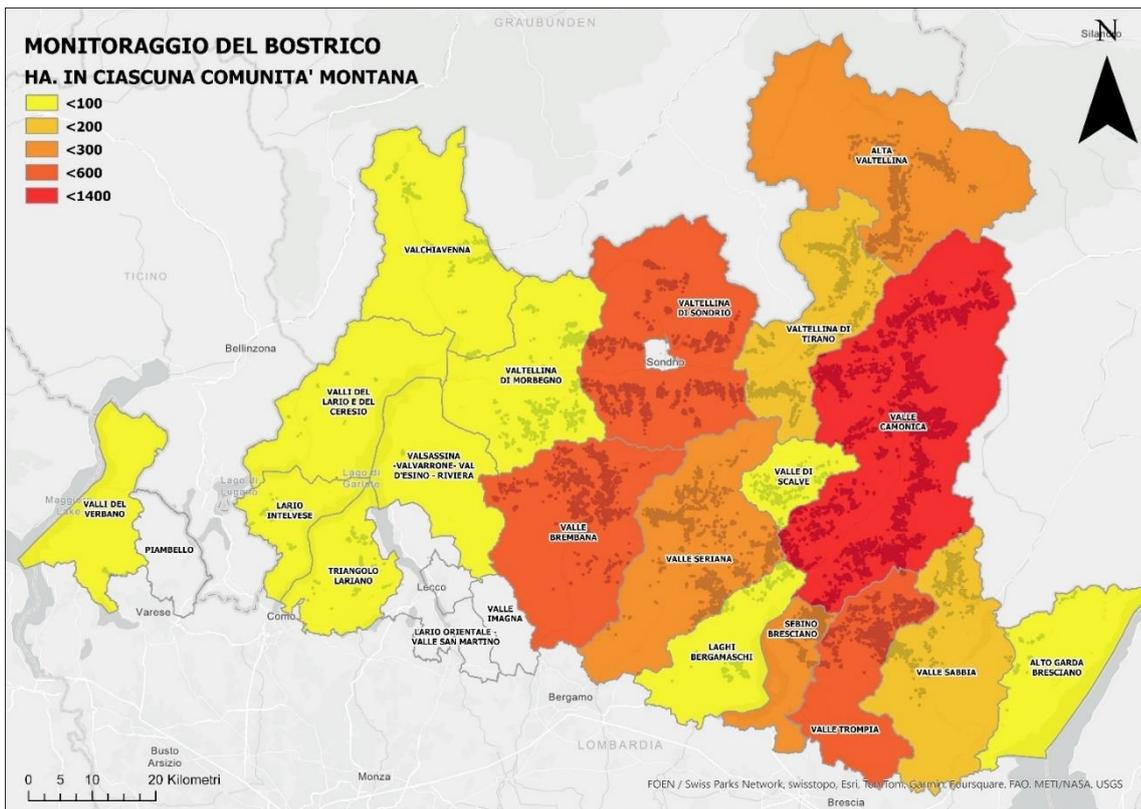


Figura 11 La mappa mostra con graduazioni di colori dal rosso al giallo l'estensione delle aree potenzialmente infette espressa in ettari in ciascuna comunità montana. Se si considera l'estensione in termini assoluti la Valle Camonica risulta essere la più impattata. (Il rosso indica i valori in ettari più alti, il giallo quelli più bassi). Sullo sfondo in grigio scuro la distribuzione delle aree individuate dal modello.

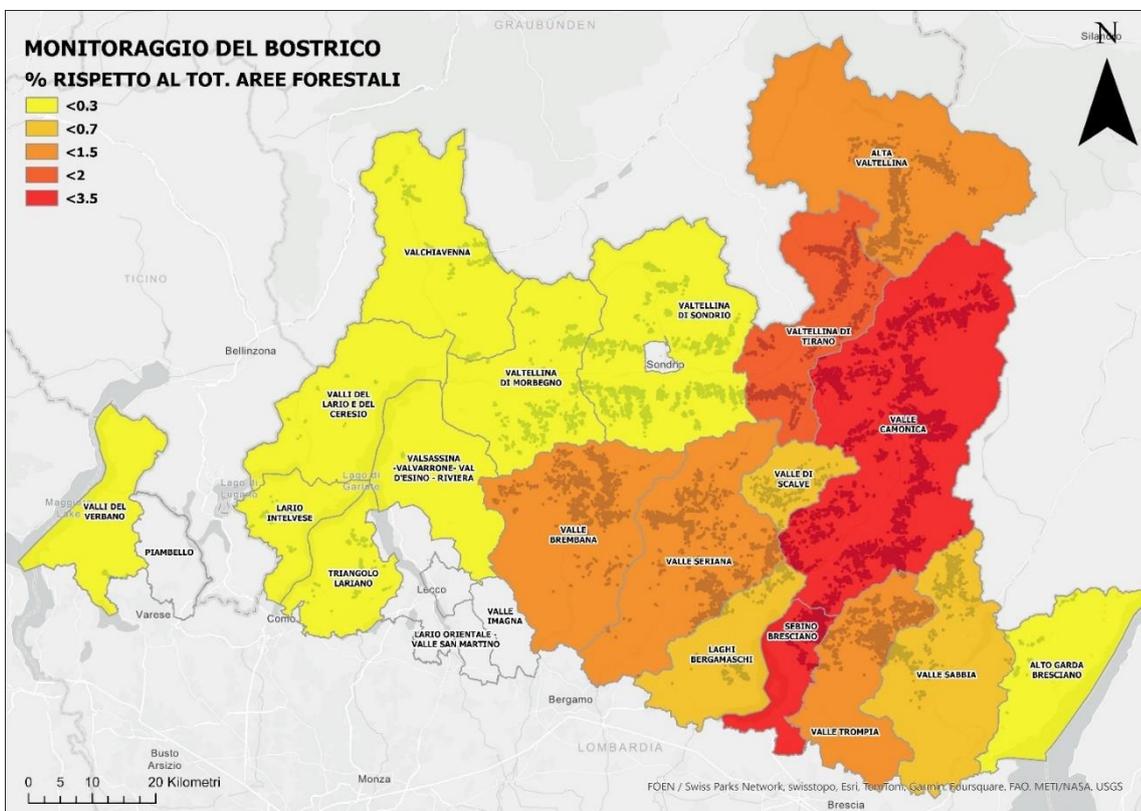


Figura 12 La mappa mostra con graduazioni di colori dal rosso al giallo il rapporto espresso in percentuale tra le aree potenzialmente infette e l'estensione delle aree con soprassuolo forestale in ciascuna comunità montana. In base a questo indicatore le comunità montane più impattate sono il Sebino Bresciano e la Valle Camonica. (Il rosso indica i valori in percentuale più alti, il giallo quelli più bassi). Sullo sfondo in grigio scuro la distribuzione delle aree individuate dal modello.

Analizzando l'andamento dell'epidemia tra il 2023 e il 2024 all'interno di ciascuna comunità montana, si osserva una significativa variazione nel Lario Intelvese dove gli ettari coinvolti sono triplicati rispetto all'anno precedente, seguono la Valle Seriana con un aumento di circa un quarto della superficie coinvolta mentre è di circa un quinto l'incremento nelle comunità Triangolo Lariano e Valle Camonica (Fig. 13-14). Approfondendo i dati relativi al territorio del Lario Intelvese, si è notato che la forte espansione osservata è in parte collegata al mancato riconoscimento di un focolaio di circa 3 ha. nei lavori di mappatura dell'infezione dello scorso anno ubicato a est del comune di San fedele Intelvi in località Prada. Nucleo visibile nelle immagini satellitari del 13 settembre 2022 seppure con estensione più ridotta rispetto a quella attuale e che dai modelli utilizzati nel 2023 era stato classificato erroneamente come una radura a causa dell'effetto pixel misti. Al netto di quest'area, l'incremento tra il 2023 e il 2024 della comunità montana Lario Intelvese sarebbe pari al 99%, rimanendo comunque il territorio con l'espansione più marcata.

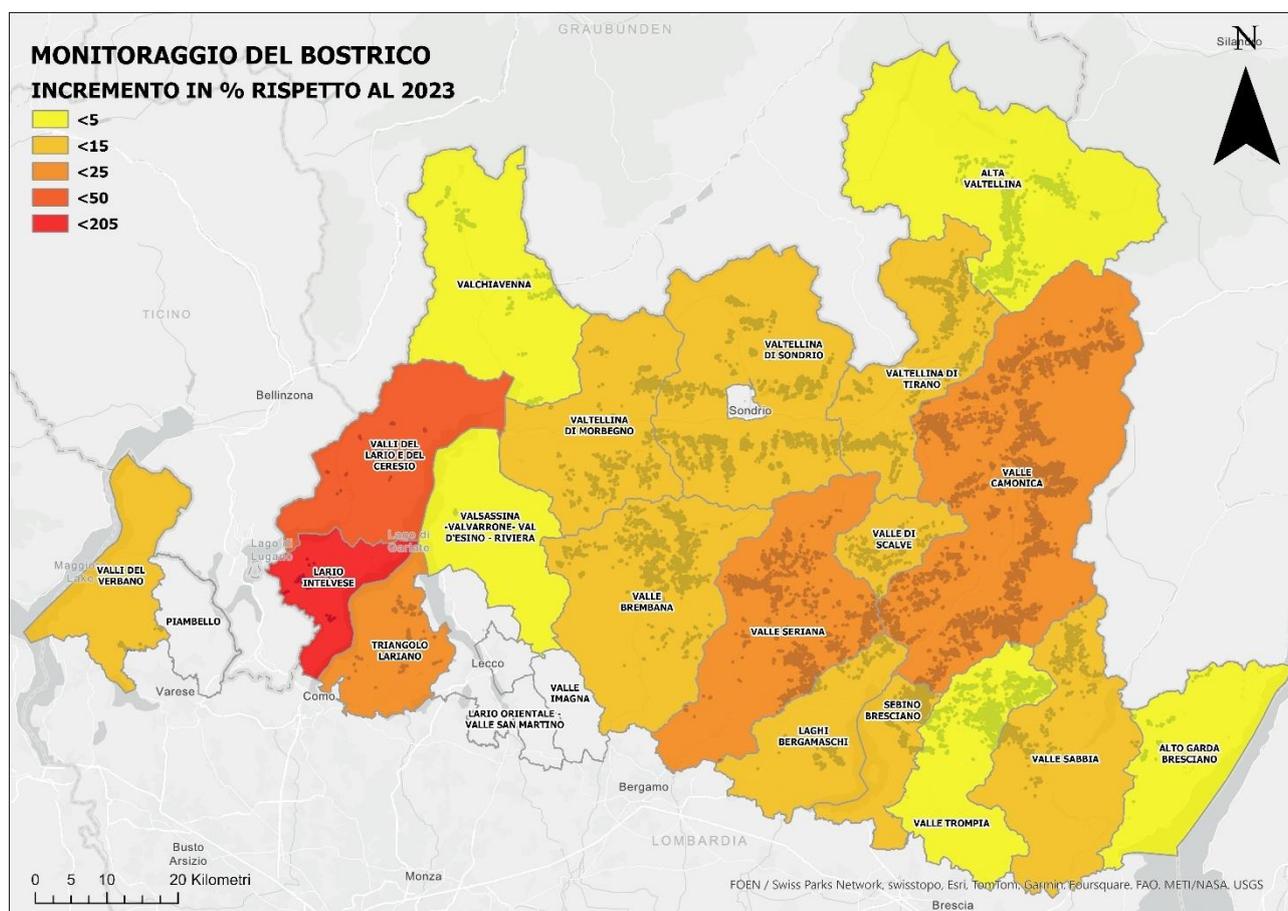


Figura 13 La mappa mostra con graduazioni di colori dal rosso al giallo come si è evoluta l'infezione tra il 2023 e il 2024 in ciascuna comunità montana. Le variazioni sono espresse come rapporto in percentuale tra le aree potenzialmente infette individuate nel 2023 e nel 2024. La significativa espansione nel Lario Intelvese è dovuta al mancato riconoscimento di un nucleo nelle analisi degli anni precedenti. (Il rosso indica i valori in percentuale più alti, il giallo quelli più bassi). Sullo sfondo in grigio scuro la distribuzione delle aree individuate dal modello.

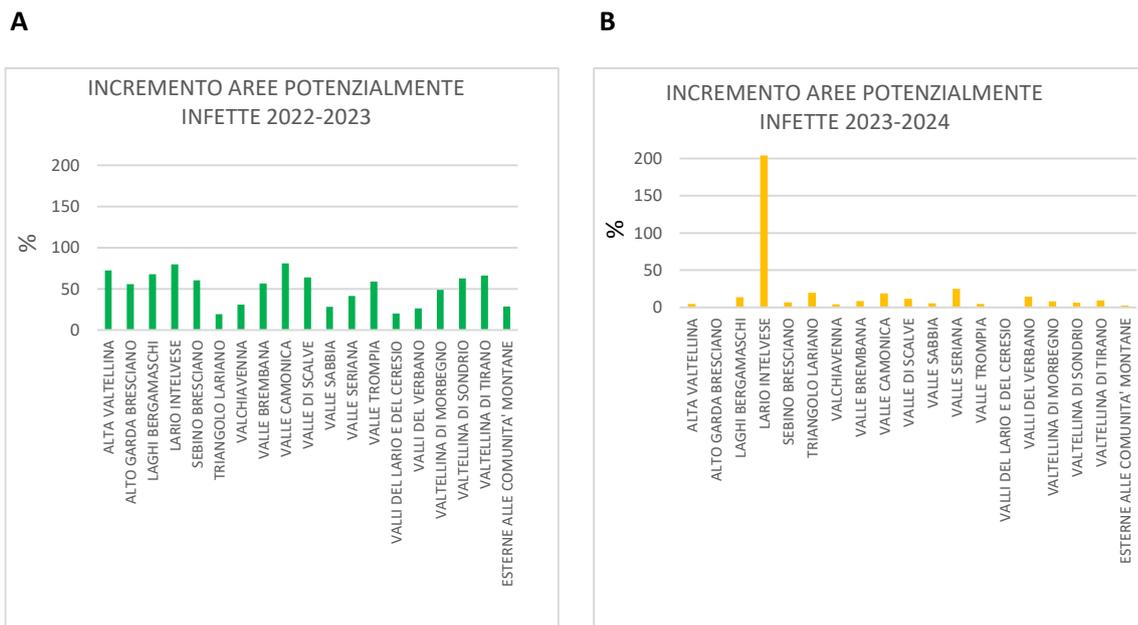


Figura 14 **Panel A** Il grafico mostra come si è evoluta l'infezione tra il 2022 e il 2023 in ciascuna comunità montana. Le variazioni sono espresse come rapporto in percentuale tra le aree potenzialmente infette individuate nel 2022 e nel 2023. **Panel B** Il grafico mostra come si è evoluta l'infezione tra il 2023 e il 2024 in ciascuna comunità montana. Le variazioni sono espresse come rapporto in percentuale tra le aree potenzialmente infette individuate nel 2023 e nel 2024. La significativa espansione nel Lario Intelvese è dovuta al mancato riconoscimento di un nucleo nelle analisi degli anni precedenti.

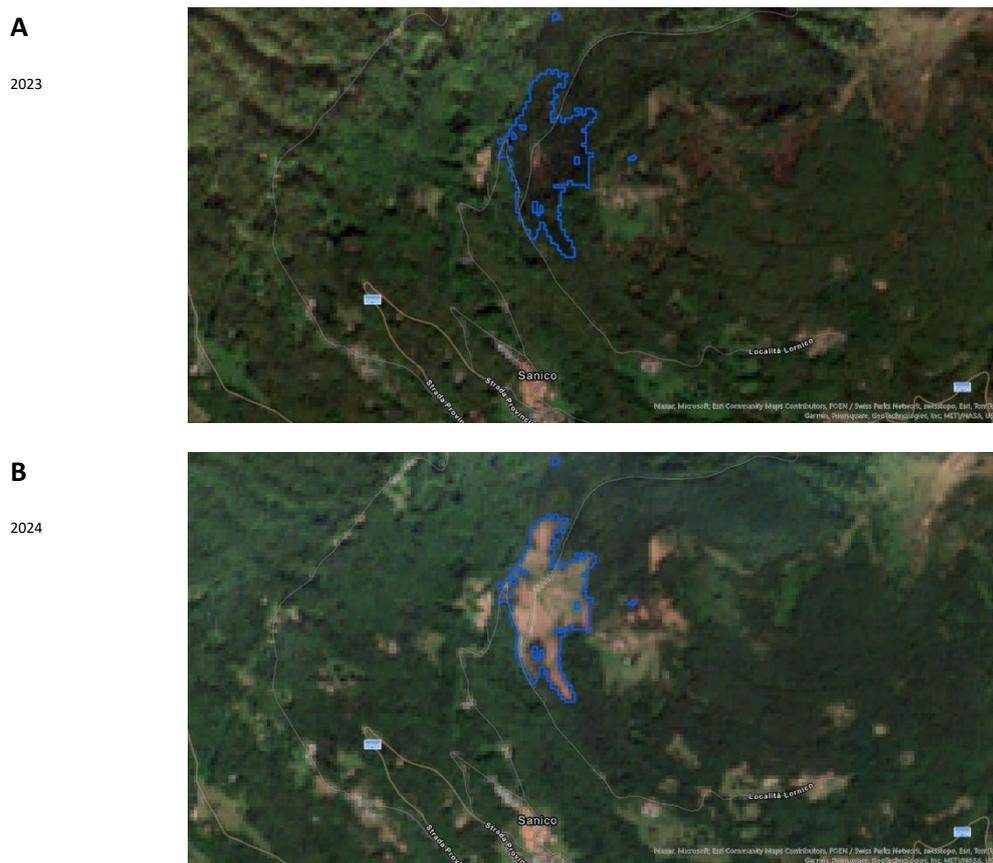


Figura 15 Le immagini presentano l'individuazione di un nuovo focolaio (linea azzurra) nella comunità montana Valsassina - Valvarrone - Val D'Esino – Riviera. **Panel A** immagine Sentinel-2A 8 ottobre 2023, **Panel B** immagine Sentinel-2A 28 agosto 2024

Mediante l'analisi delle distanze tra ogni nuovo focolaio e quelli già individuati nel 2023, sono state indagate le dinamiche spazio-temporali dei clustering dell'infestazione da bostrico. La finalità è di migliorare le conoscenze e descrivere il modello di evoluzione dell'epidemia basandosi sul riconoscimento delle seguenti insorgenze:

- I. la comparsa di nuovi focolai intesi come aree di disturbo non mappate negli anni precedenti che si trovano ad una distanza pari o superiore a 500 metri, corrispondente al tratto stimato di dispersione di massa di *I. typographus* (Kautz et al., 2011; Ripley, 1981; Wermelinger, 2004; Wichmann e Ravn, 2001), da danni già segnalati dalle indagini degli anni scorsi.
- II. nuove aree o abeti morti derivanti dalla dispersione del bostrico a corto raggio, entro 10 metri di distanza dai danni dell'anno precedente, che proprio per la loro vicinanza sono considerate come l'espansione diretta di vecchi focolai.
- III. nuove macchie di mortalità derivanti dalla dispersione del bostrico tipografo a medio raggio, tra i 10 e i 499 metri di distanza dai danni dell'anno precedente considerati come l'espansione indiretta di vecchi focolai (Fig. 16).

Come osservato nel 2023, anche nel 2024 l'analisi delle dinamiche dei focolai ha indicato che l'emergere di nuove aree infestate è principalmente connessa all'espansione a corto raggio di focolai già presenti. Il 71% delle nuove aree individuate dal modello si trova infatti a meno di 10 metri di distanza da nuclei individuati nel 2023, mentre il peso dovuto allo sviluppo di veri nuovi focolai, con distanze superiori a 500 m. da danni già mappati, ha contribuito solamente al 5,5% della diffusione dell'epidemia. Vi sono però alcune eccezioni: il territorio della comunità montana Valsassina -Valvarrone- Val D'Esino – Riviera, fino allo scorso anno era privo di segnalazioni, quest'anno il modello ha individuato un nuovo hot-spot di 7 ha. per altro già eradicato. (Fig. 15). Anche nelle comunità montane Valli del Lario e del Ceresio, Lario Intelvense e Valli del Verbano l'espansione dell'epidemia è principalmente connessa alla comparsa di nuovi focolai e non allo sviluppo di quelli già esistenti (Fig. 17-18).

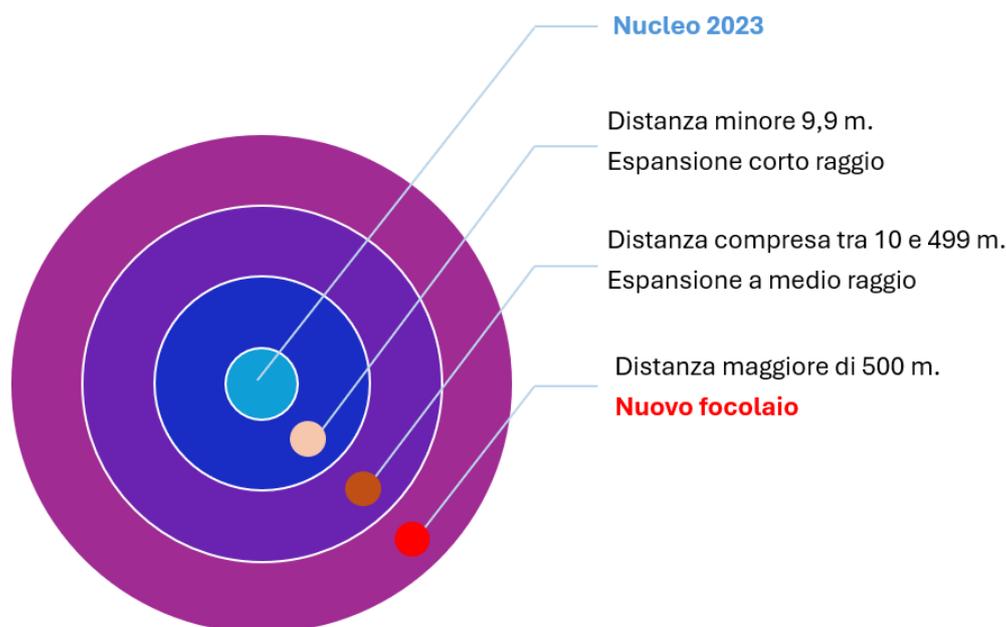


Figura 16 dinamiche spazio-temporali dei clustering dell'infestazione da bostrico.

COMUNITA' MONTANA	% SUL TOTALE DELLE NUOVE AREE CON DISTANZA <9,9 m. DA FOCOLAI 2023	% SUL TOTALE DELLE NUOVE AREE CON DISTANZA TRA 10 m. E 499 m. DA FOCOLAI 2023	% SUL TOTALE DELLE NUOVE AREE CON DISTANZA SUPERIORE A 500 m. DA FOCOLAI 2023
ALTA VALTELLINA	92,49	7,39	0,11
ALTO GARDA BRESCIANO	65,99	22,95	11,06
LAGHI BERGAMASCHI	82,27	17,73	0,00
LARIO INTELVESE	3,61	2,29	94,11
SEBINO BRESCIANO	87,44	12,37	0,18
TRIANGOLO LARIANO	69,45	26,11	4,44
VALCHIAVENNA	61,91	36,73	1,36
VALLE BREMBANA	63,89	21,88	14,24
VALLE CAMONICA	77,19	22,31	0,47
VALLE DI SCALVE	54,56	45,44	0,00
VALLE SABBIA	66,24	29,93	3,83
VALLE SERIANA	53,25	38,66	8,09
VALLE TROMPIA	82,88	17,12	0,01
VALLI DEL LARIO E DEL CERESIO	2,68	0,75	96,56
VALLI DEL VERBANO	24,91		75,09
VALSASSINA -VALVARRONE- VAL D'ESINO - RIVIERA			100,00
VALTELLINA DI MORBEGNO	50,40	38,68	10,92
VALTELLINA DI SONDRIO	79,33	18,67	2,00
VALTELLINA DI TIRANO	69,10	27,72	2,82
Totale	71,34	23,13	5,51

Figura 17 La tabella mostra per ciascuna comunità montana la distanza delle aree danneggiate nel 2024 rispetto a quelle identificate negli anni precedenti. Il valore in percentuale indica il rapporto tra la somma delle aree colpite all'interno della specifica fascia di distanza e il totale individuato. Questo indicatore è stato impiegato per cercare di comprendere la dinamica dell'espansione dell'epidemia tra il 2023 e il 2024.

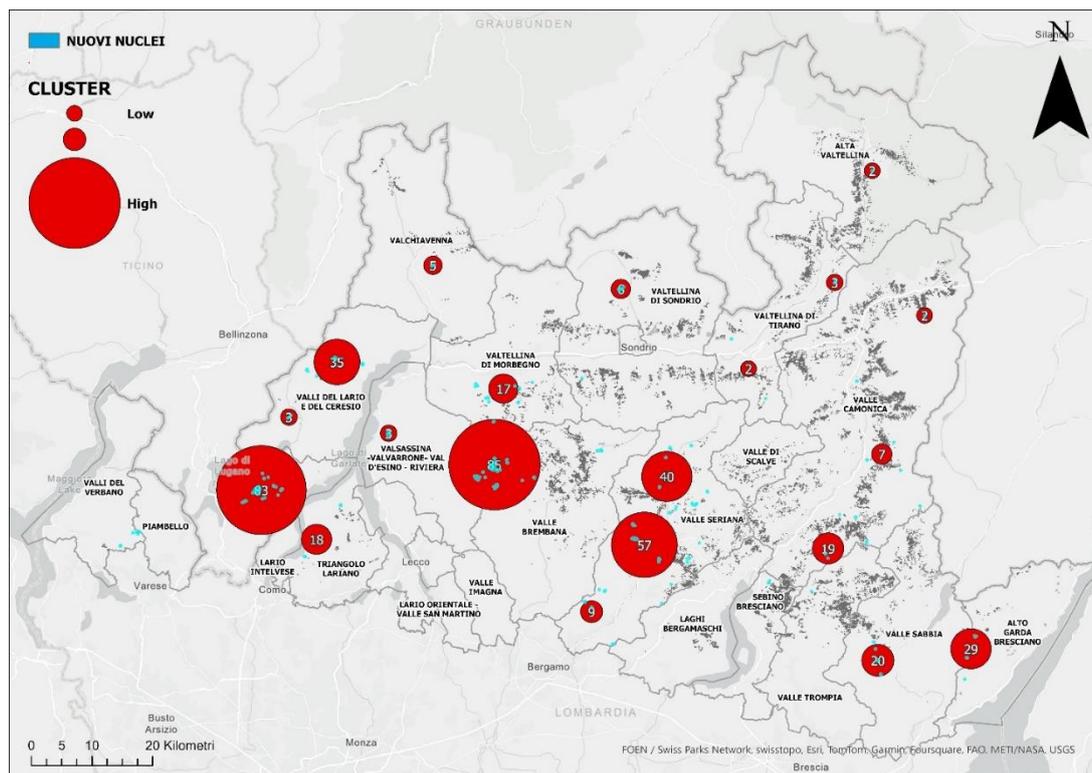


Figura 18 La mappa mostra I nuovi nuclei comparsi nel 2024.

L'overlapping delle aree individuate dal modello con le informazioni legate alla quota evidenza in tutte e 3 le finestre temporali studiate, 2022, 2023 e 2024 che le fasce altimetriche più colpite vanno dai 900 m. s.l.m. ai 1500 m. s.l.m. raggruppando assieme il 70% del totale delle aree individuate. Ciò che si osserva rispetto al 2023 è un significativo trend di espansione che riguarda le quote comprese tra i 1200 m. s.l.m. e i 1500 m. s.l.m. +16%, un rallentamento sia alle quote più basse, dove verosimilmente il numero di abeti rossi da infettare stanno diminuendo e/o sono sempre più isolati e alle fasce più alte dove, presumibilmente, si è sentito di più l'effetto delle condizioni più sfavorevoli per le pullulazioni del Bostrico che si sono verificate quest'anno (Fig. 19-20-21-22). Anche il rapporto tra l'estensione delle aree individuate all'interno di ciascuna fascia altimetrica e gli ettari complessivi riconosciuti su tutto il territorio regionale conferma che nel 2024 il bostrico abbia colpito in modo più deciso le peccete comprese tra i 1200 m. s.l.m. e i 1500 m. (Fig. 20) mentre alle altre quote conferma un rallentamento.

FASCIA ALTIMETRICA	AREA INDIVIDUATA 2022 ha.	AREA INDIVIDUATA 2023 ha.	AREA INDIVIDUATA 2024 ha.	VARIAZIONE 2022-2023 IN %	VARIAZIONE 2023-2024 IN %
0-299	0,20	0,43	0,45	115,33	3,86
300-599	21,99	33,45	33,57	52,08	0,36
600-899	159,32	252,54	277,41	58,51	9,43
900-1199	726,76	1155,50	1275,59	58,99	8,85
1200-1499	746,05	1272,68	1512,29	70,59	16,02
1500-1799	401,83	613,58	667,33	52,70	8,76
1800-2099	61,09	108,40	109,91	77,43	1,40
2100-2399	0,24	2,73	2,78	1046,47	1,62

Figura 19 La tabella riporta l'estensione delle possibili aree infette secondo differenti fasce altimetriche e la sua evoluzione tra il 2022 e il 2023 e tra il 2023 e il 2024. Rispetto al 2023 l'incremento più significativo ha riguardato la fascia 1200-1499 metri s.l.m.

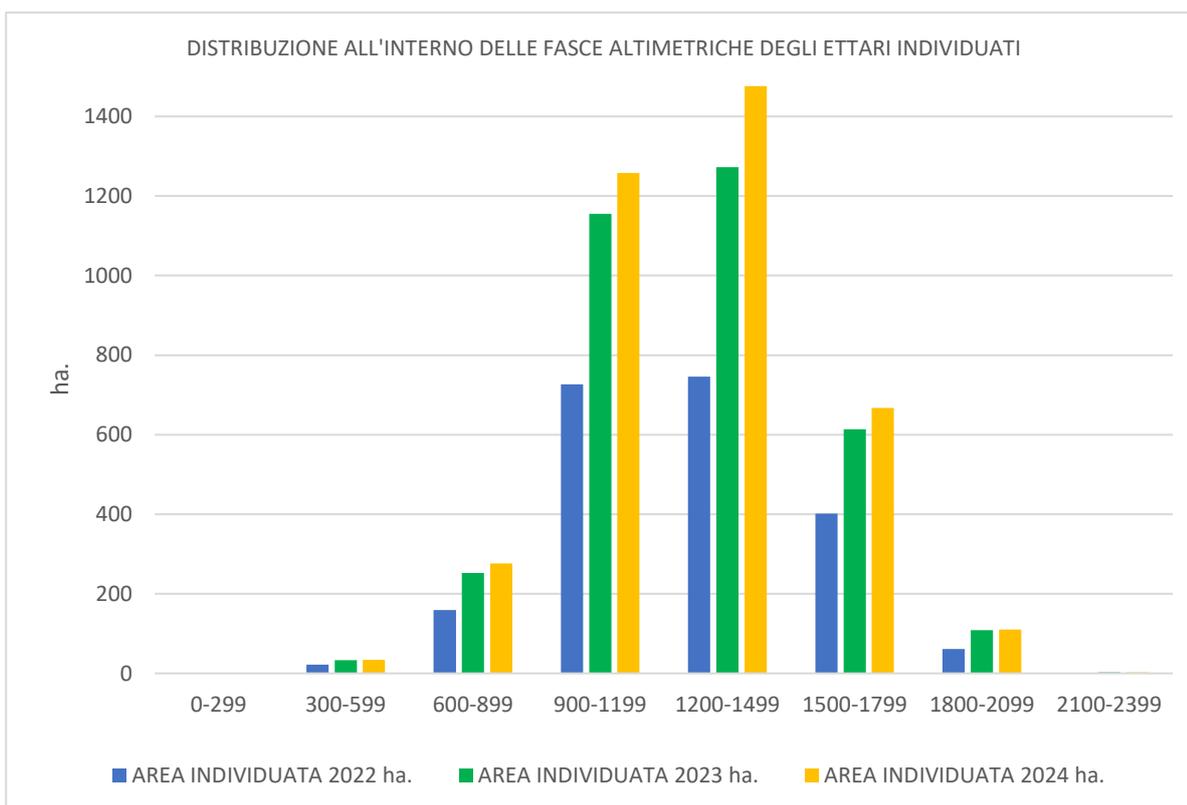


Figura 20 Il grafico mostra l'estensione in ettari delle possibili aree infette secondo differenti fasce altimetriche nel 2022 (blu), 2023 (verde) e 2024 (giallo).

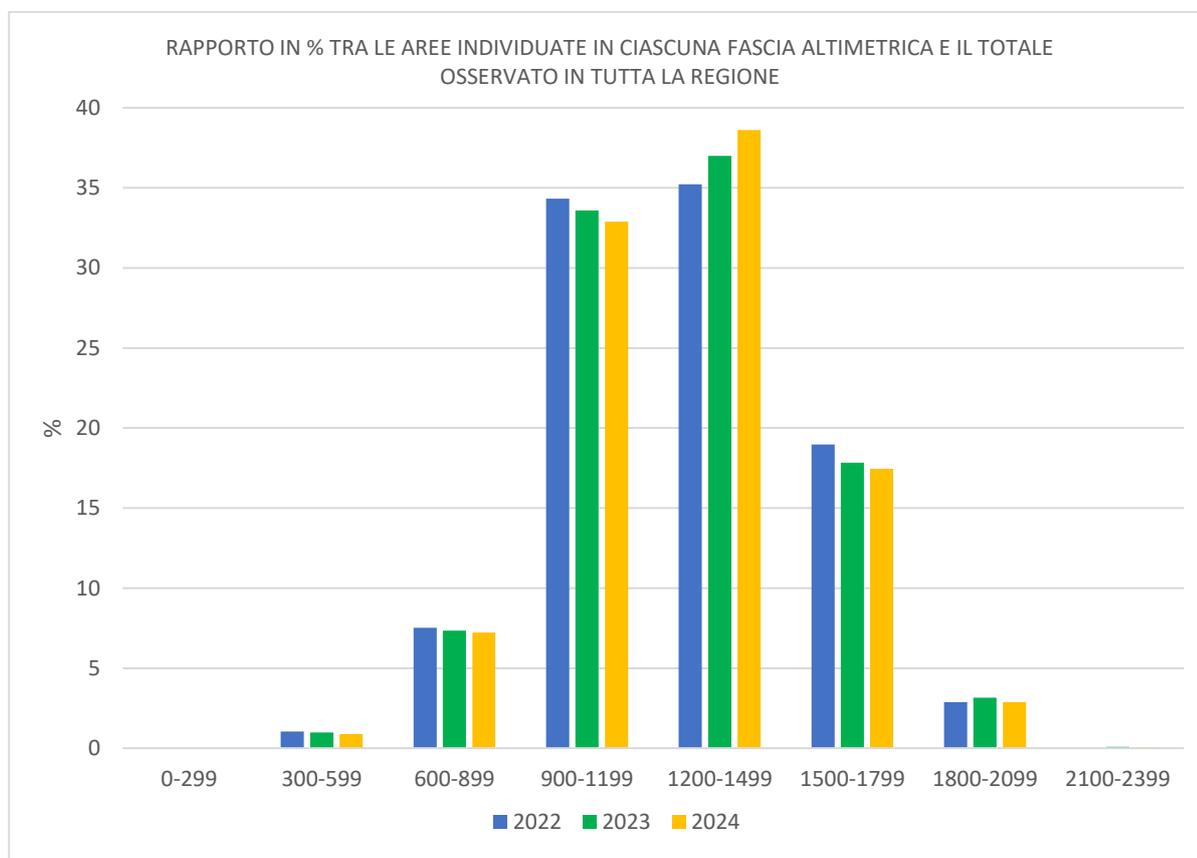


Figura 21 Il grafico mostra il rapporto espresso in percentuale tra gli ettari delle possibili aree infette individuate all'interno di ciascuna fascia altimetrica e gli ettari complessivi riconosciuti in tutto il territorio regionale. In blu i dati del 2022, in verde quelli del 2023 mentre in giallo quelli del 2024. La fascia altimetrica 1200-1499 è l'unica che nei 3 anni di monitoraggio mostra un trend

crescente.

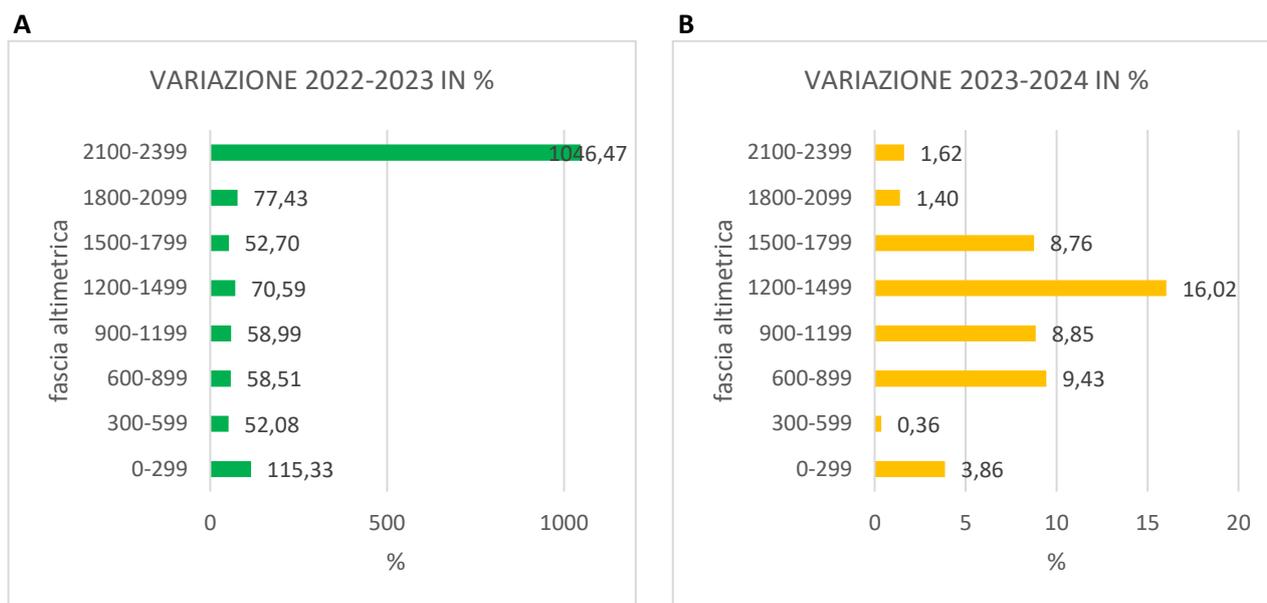


Figura 22 **Pannel A** il grafico mostra l'andamento dell'epidemia tra il 2022 e il 2023 in ciascuna fascia altimetrica. La dinamica è descritta dal rapporto in percentuale tra l'estensione individuata nel 2022 e nel 2023. **Pannel B** il grafico mostra l'andamento dell'epidemia tra il 2023 e il 2024 in ciascuna fascia altimetrica. La dinamica è descritta dal rapporto in percentuale tra l'estensione individuata nel 2023 e nel 2024.

Oltre all'enorme impatto visivo, ormai impossibile da non notare salendo in montagna dove le "macchie" di colore bruno tra il verde delle piante sane sono sempre più diffuse, preoccupa in particolare la riduzione dei numerosi servizi ecosistemici forniti dai boschi colpiti dall'infestazione con conseguenti ricadute anche a livello economico, tra questi la funzione protettiva (generica e diretta) e di prevenzione dei fenomeni di dissesto idrogeologico svolta dalle formazioni forestali ormai ampiamente riconosciuta sia in ambito scientifico sia normativo (R.D.L. n. 3267 del 1923 - Legge Serpieri; Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale regionali). Per questa ragione utilizzando il modello digitale del terreno con passo 20x20 scaricabile dal geoportale di Regione Lombardia:

(https://www.cartografia.servizirl.it/arcgis5/services/BaseMap/DTM20_UTM32N/MapServer/W_MSServer?_jsfBridgeRedirect=true) è stata studiata la pendenza delle aree ad oggi potenzialmente colpite da bostrico. Ne emerge un quadro in cui il 49% delle zone infestate ha una pendenza compresa tra i 28 e i 37 gradi con 2 picchi a 28 e 32 gradi. Le comunità montane che presentano all'interno del proprio territorio una percentuale maggiore di aree con pendenza superiore ai 35 gradi sono: l'Alto Garda Bresciano, la Valchiavenna, Valtellina di Morbegno e la Valle Brembana (Fig. 22-23-24).

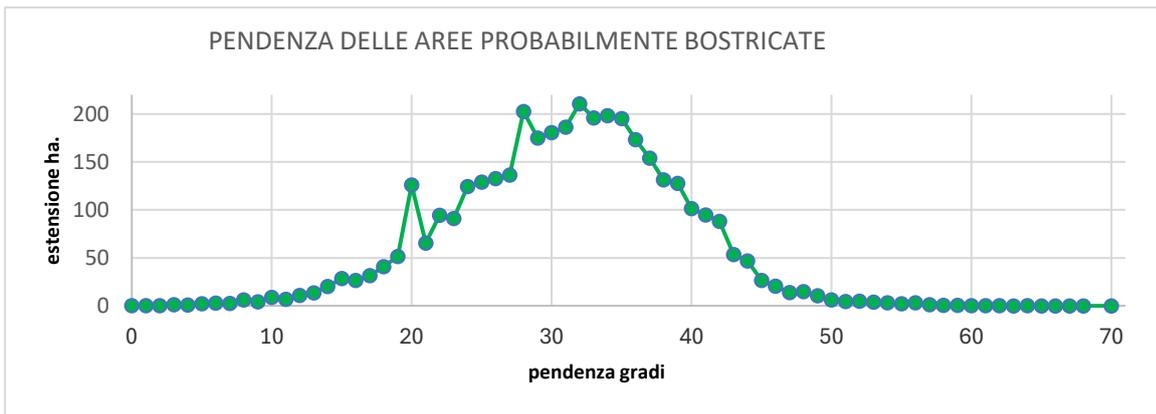


Figura 23 Il grafico correla la pendenza media espressa in gradi in ognuna delle aree potenzialmente infettate e la loro estensione. La curva mostra che la metà delle aree individuate ha una pendenza media compresa tra i 28 e i 37 gradi.

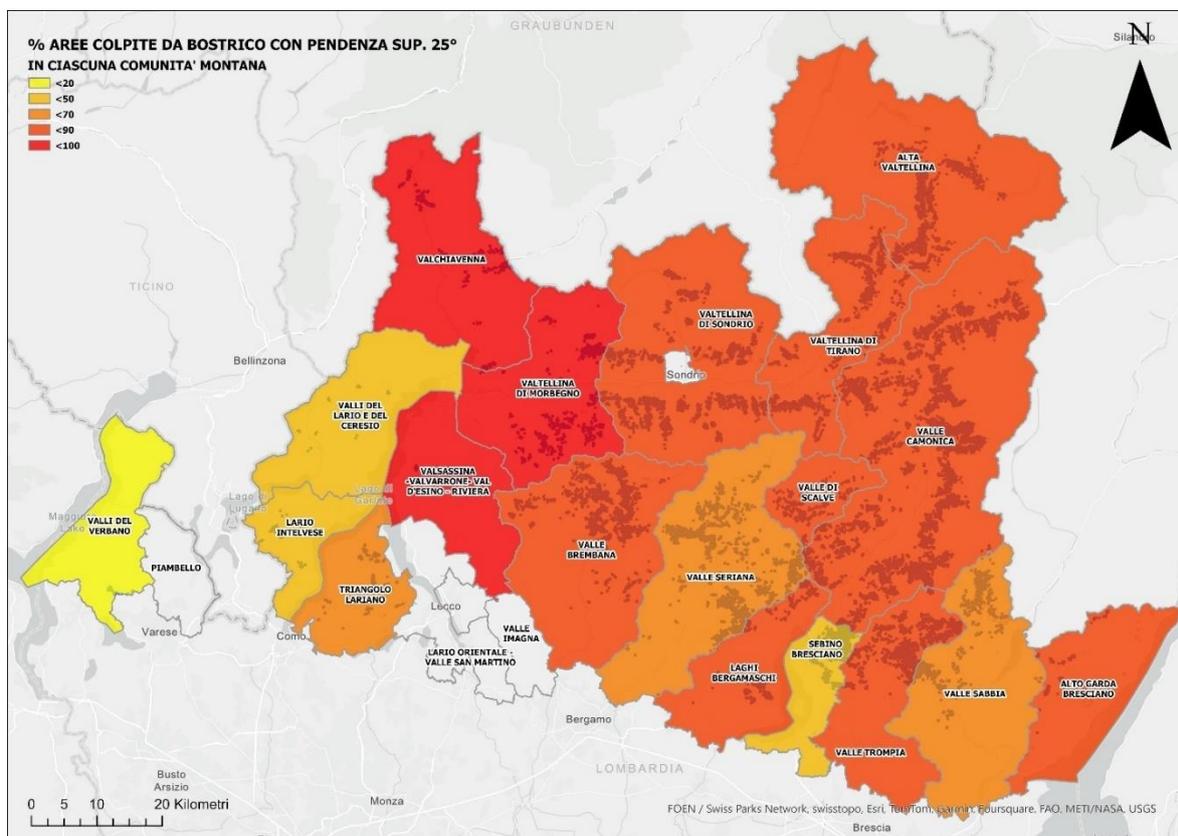


Figura 24 La mappa mostra con graduazioni di colori dal rosso al giallo le comunità montane caratterizzate da una percentuale maggiore di aree potenzialmente infette con pendenza media superiore a 25° all'interno del proprio territorio. (Rosso indica i valori in percentuale più alti, il giallo quelli più bassi). Sullo sfondo in grigio scuro la distribuzione delle aree individuate dal modello.

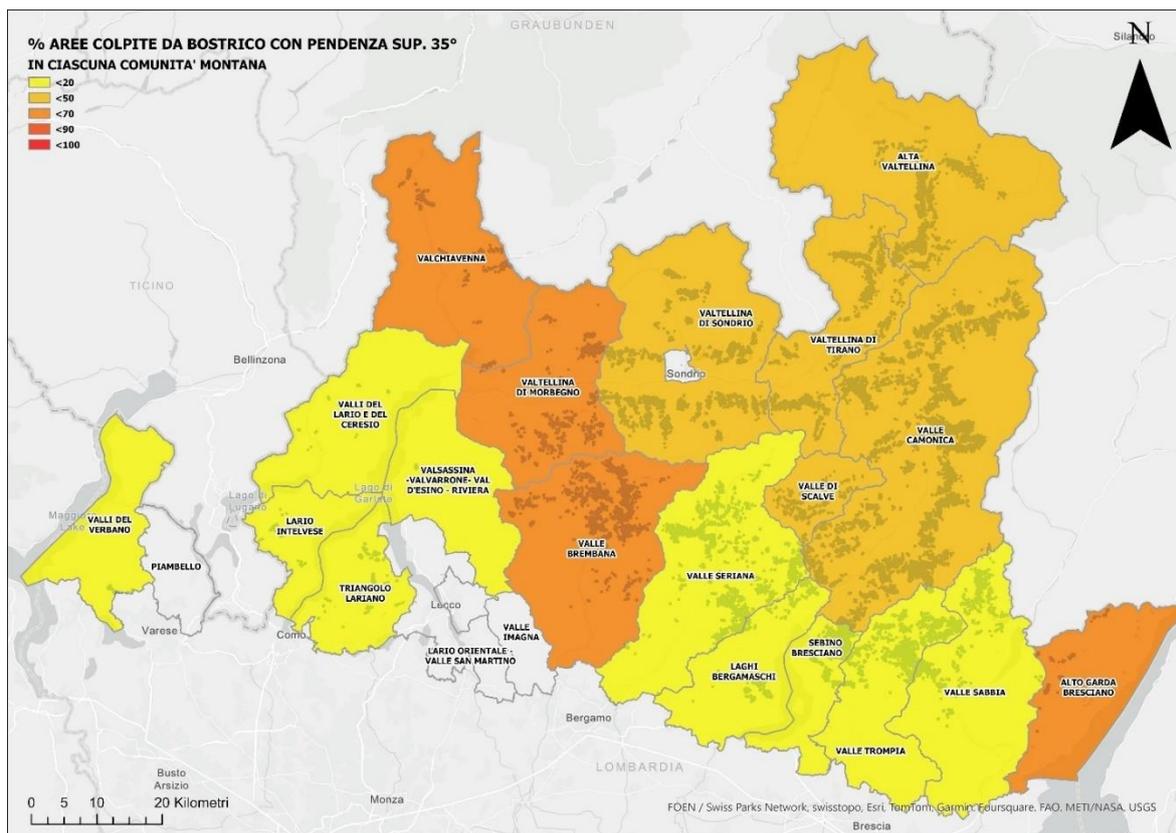
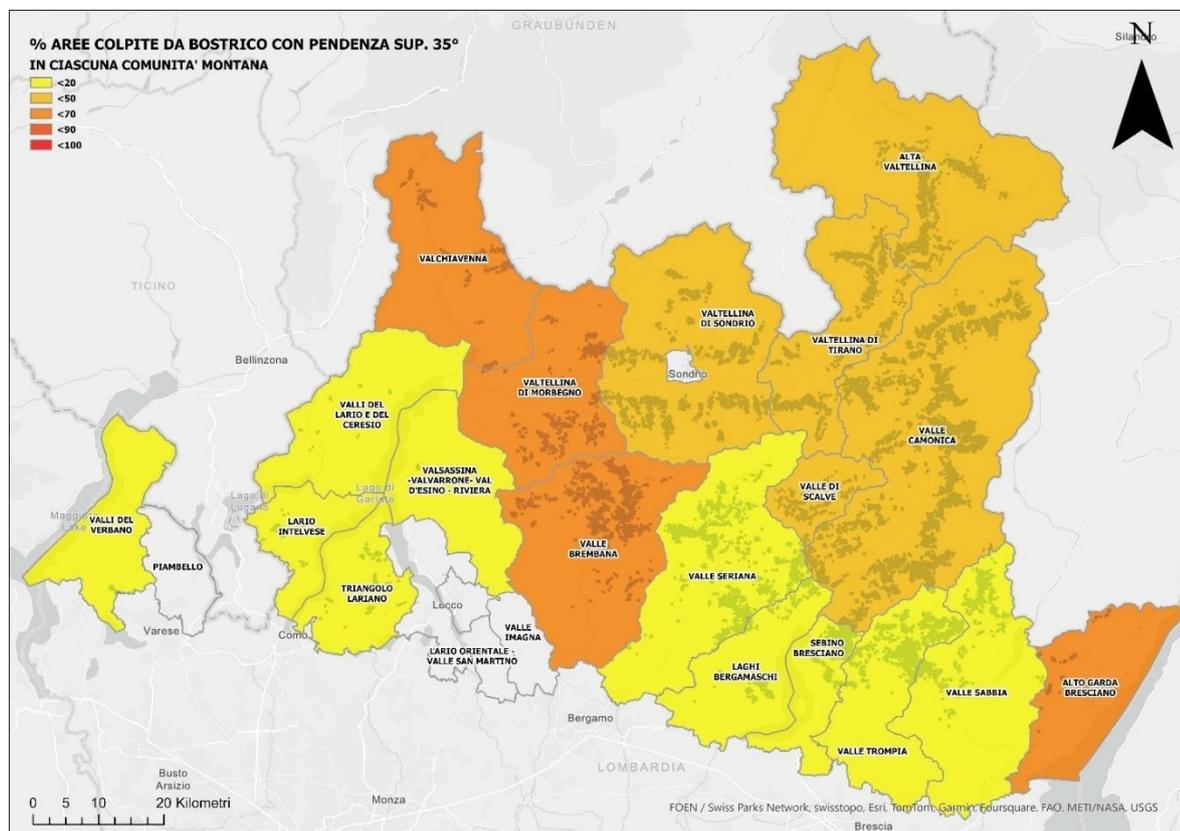


Figura 25 La mappa mostra con graduazioni di colori dal rosso al giallo le comunità montane caratterizzate da una percentuale maggiore di aree potenzialmente infette con pendenza media superiore a 35° all'interno del proprio territorio. (Rosso indica i valori in percentuale più alti, il giallo quelli più bassi). Sullo sfondo in grigio scuro la distribuzione delle aree individuate dal modello.





Autori:

per il Servizio Fitosanitario Regionale

Beniamino Cavagna

Marco Bazzoli

Enea Inverardi

Per ERSAF

Dante Fasolini

Paolo Gallo

Il personale tecnico delle Comunità Montane e dei Consorzi Forestali

Le Guardie Ecologiche Volontarie

Milano, febbraio 2025.