

IL MONITORAGGIO DEL BOSTRICO TIPOGRAFO

Analisi dei risultati nel periodo 2019-2022



AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL
Abteilung Forstwirtschaft



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE
Ripartizione Foreste



Provincia Autonoma di Bolzano
Ripartizione Foreste, marzo 2023

Sommario

1. Inquadramento generale	4
1.1. Tempesta Vaia	5
1.2. Schianti da neve	7
1.3. Bostrico.....	8
2. Biologia ed ecologia del bostrico	10
2.1. Ciclo di sviluppo.....	10
2.2. Effetti sulle piante ospiti e antagonisti	12
2.3. Legname bostricato: effetti su legno ed economia	13
3. Impatto del bostrico in Alto Adige	16
3.1. Monitoraggio del bostrico in Provincia di Bolzano	16
3.2. Catture: influenza della quota.....	21
3.3. Altitudine e temperatura	24
3.4. Catture: influenza dell'esposizione	26
3.5. Quota ed esposizione: confronto fra 2019 e 2022	30
4. Considerazioni finali	32



1. Inquadramento generale

I problemi legati alle pullulazioni di bostrico (*Ips typographus*) si inseriscono in un quadro provinciale molto complesso e articolato. Il contesto in cui lo scoltide si sta diffondendo, infatti, è caratterizzato e condizionato dagli strascichi importanti della tempesta Vaia (29 ottobre 2018) e degli schianti da neve dell'anno successivo (11-17 novembre 2019). Altri schianti da neve si sono poi verificati nell'autunno 2020. Tutto questo può essere ricondotto ad una situazione analoga seppur differenziata nel panorama non solo italiano, ma europeo in generale. Ogni area è caratterizzata da problematiche specifiche legate alle caratteristiche climatico-ambientali locali, con sfumature differenti di tematiche spesso simili. Ciò che accomuna tutte queste aree è l'evidente fragilità del sistema nei confronti di eventi climatici estremi.

I risvolti più importanti non sono solo di tipo economico, ma anche di tipo gestionale e programmatico. A livello forestale, non è infatti facile pianificare una gestione sostenibile delle foreste se poi la stessa deve essere costantemente aggiornata per il sopraggiungere di nuove circostanze, difficilmente pronosticabili. I piani di gestione, che hanno durata decennale, vengono redatti considerando le esigenze contemporanee al momento di revisione. Al sopraggiungere di particolari circostanze essi possono essere prorogati e la loro revisione posticipata ad un momento successivo, così da dare la precedenza ad interventi più urgenti. E altresì comprensibile come, a livello pratico, sia complicata se non proibitiva anche la sola raccolta dati. Se consideriamo il caso del bostrico, infatti, non è inusuale che durante la fase di raccolta delle informazioni necessarie per il calcolo di provvigione e ripresa, la situazione sia differente rispetto a quella che avremmo solo pochi mesi dopo. Può succedere che i rilievi vengano fatti su piante apparentemente sane, ma in realtà solo temporaneamente asintomatiche. È evidente che il rilievo in questi casi risulta poco utile sotto due punti di vista. Da un lato otteniamo dei dati che non possiamo escludere risentano, anche in minima parte, dell'effetto negativo dovuto allo scoltide e ai patogeni ad esso associati. Dall'altro, la raccolta dati funzionale alla programmazione decennale futura risulterebbe poco utile se poi si renderebbero necessari interventi straordinari volti al contenimento degli effetti del bostrico.

Oltre alle ripercussioni sul piano di gestione si hanno anche quelle sul piano economico, non meno rilevanti. All'esigenza di garantire la conservazione degli ecosistemi forestali il più funzionali possibile, infatti, si affianca quella di assicurare dei ricavi ai proprietari, siano essi comuni oppure privati. Il legname danneggiato a causa di schianti da vento, neve oppure da attacchi parassitari risulta inevitabilmente deprezzato. Questo dipende da una parte dalla disponibilità improvvisa di materia prima lavorabile che satura il mercato, dall'altra dalla qualità del materiale danneggiato, non sempre buona. Quando si hanno schianti da neve o vento il materiale atterrato è vario, non per forza di buona qualità e spesso può presentare danni. Le piante attaccate da bostrico non presentano invece danni di tipo meccanico, ma piuttosto estetico (capitolo 2.3). In generale, comunque, la contrazione di prezzo si concretizza in introiti minori per i proprietari. La provincia di Bolzano si è sempre adoperata per venire incontro alle loro esigenze come nel caso della tempesta Vaia, quando sono stati stanziati importanti finanziamenti volti ad accelerare l'esbosco del materiale a terra.





Versante con numerosi attacchi di bostrico in Val Badia.

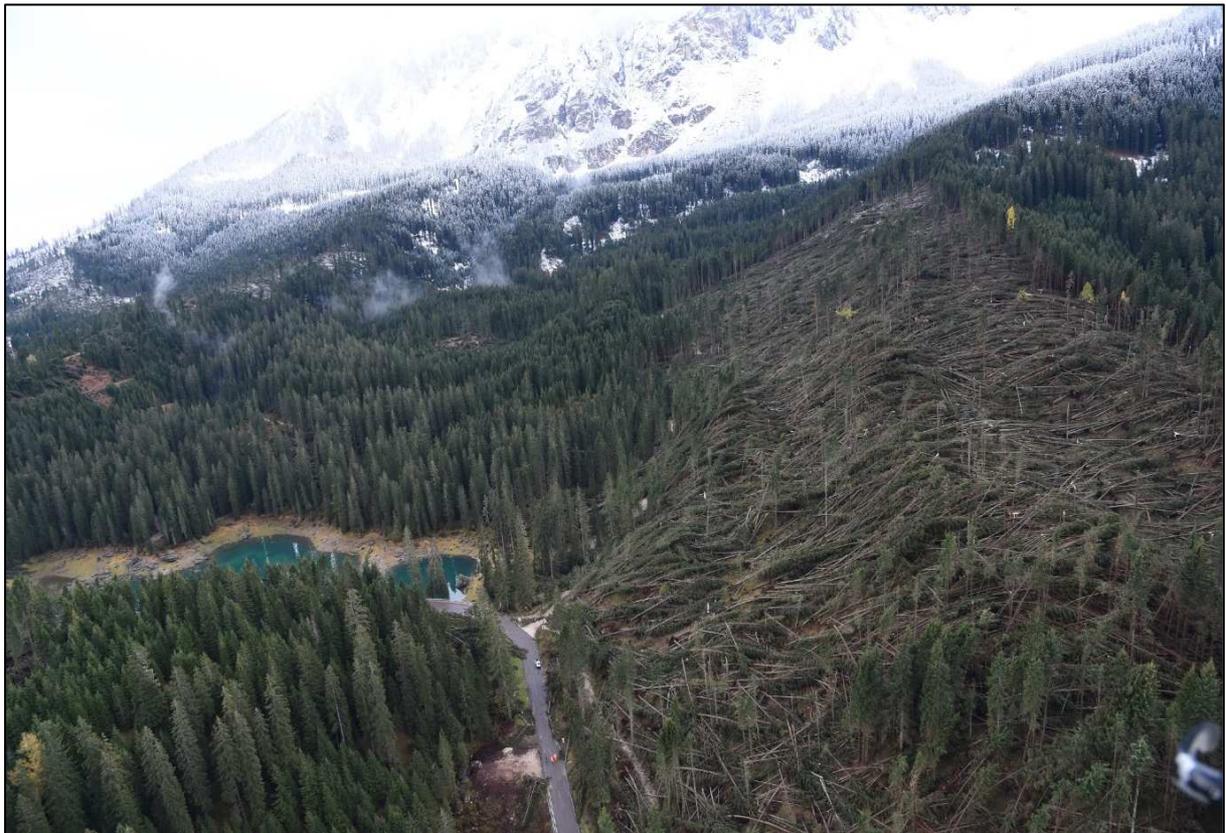
E chiaro come la situazione attuale sia caratterizzata dall'accumularsi di vari fattori e problematiche differenti. Questi, spesso, si compenetrano a vicenda intrecciando cause ed effetti e rendendo l'evoluzione futura difficile da prevedere. Negli ultimi anni abbiamo assistito al susseguirsi di una serie di eventi estremi che non hanno precedenti nella storia recente delle Alpi Meridionali. Questi, che spaziano da periodi caldi e siccitosi (2003 e 2022 fra tutti) a singoli eventi di notevole intensità (Vaia), testimoniano la necessità di riprogrammare la gestione forestale futura adattando le esigenze umane alle condizioni in rapido cambiamento.

1.1. Tempesta Vaia

Fra il 27 e il 30 ottobre del 2018 la parte nord-orientale delle Alpi è stata investita da una forte perturbazione che è culminata il 29 ottobre e si è esaurita il giorno seguente. Nella giornata del 27 ottobre le precipitazioni sono andate via via ad intensificarsi, esaurendosi la sera del 28 ottobre. Il limite della neve si è progressivamente alzato, passando da 1.500m a 2.200-2.500 metri. Dopo un'interruzione notturna il 29 ottobre è iniziato un secondo evento di precipitazione iniziato nella parte meridionale della provincia. Un cambiamento nelle correnti ascensionali ha portato alla formazione di una corrente dapprima nord-est, che si è poi



riorientata in direzione sud-est. L'area depressionaria, a questo punto, ha investito il territorio provinciale innalzando il limite della neve fino a 2.800-3.000 metri. Le precipitazioni dell'intero evento sono state eccezionali sia in termini di quantità ma anche per estensione, coinvolgendo l'intero territorio provinciale. In molte stazioni meteo è stato raggiunto e superato il record di precipitazioni nelle 72 ore. Parallelamente alle precipitazioni, la sera del 29 ottobre il vento in quota ha assunto carattere tempestoso raggiungendo l'apice con il passaggio di un fronte freddo. Questo ha causato violente raffiche di vento che in alcuni casi hanno raggiunto valori oltre i 180 km/h; a Zaunkofel, Trafoi e Solda sono stati registrati 188 km/h, ma anche in una stazione relativamente bassa come Nova Ponente il vento è arrivato a spirare a 120 km/h.



Schianti della tempesta Vaia a Carezza, ottobre 2018.

I maggiori danni dell'evento sono quelli provocati dal vento. Esso ha causato violenti ed estesi schianti che hanno colpito anche comprensori boschivi di pregio, valicando anche i confini provinciali. I danni si sono estesi a più province e regioni, coinvolgendo non solo la vicina provincia di Trento ma anche Veneto e Friuli. Solo in Alto Adige la massa schiantata ammonta a circa 2,2 milioni di metri cubi (dato aggiornato al 2022), pari all'1,9% della massa legnosa in piedi della provincia (circa 116 milioni di metri cubi) e a 3,1 riprese annue (massa prelevabile annualmente dal bosco, legata alla crescita dello stesso; pari a circa 700 mila metri cubi). Le stazioni forestali più colpite sono state Nova Levante (comuni di Nova Levante, Tires e Cornedo), Nova Ponente, Fontanefredde (comuni di Aldino, Trodena e Anterivo) e San Vigilio di Marebbe (comuni di Marebbe, San Martino e La Valle). Qui si sono concentrati i 2/3 degli



schianti dell'intera provincia. Pesante è stato anche l'impatto dell'evento sui boschi di protezione della provincia: 2.650 ha (1,3% del bosco di protezione provinciale). Inoltre, il 17% delle superfici schiantate ricade all'interno di un Parco Naturale, il 15% in aree facenti parti di Rete Natura 2000 e il 5% in zone di tutela UNESCO.

1.2. Schianti da neve

Nell'autunno successivo a Vaia un altro avvenimento importante ha investito la provincia. I tre eventi più intensi si sono concentrati nella settimana fra l'11 e il 17 novembre 2019 causando lo schianto di numerose piante sotto il peso della neve bagnata e per un terreno non ancora gelato, incapace di dare sostegno meccanico alle piante. L'entità del danno è stimabile in circa 1,5 milioni di metri cubi lordi, di cui 2/3 concentrati nella parte orientale della provincia, fra Brunico, Monguelfo e Bressanone. L'anno successivo un fenomeno nevoso analogo a quello dell'anno prima ha colpito nuovamente la provincia, ma con un quantitativo di materiale danneggiato inferiore e stimabile in circa 700 mila metri cubi. Nel complesso, quindi, la quantità di legname atterrata si attesta attorno ai 2,2 milioni di metri cubi.



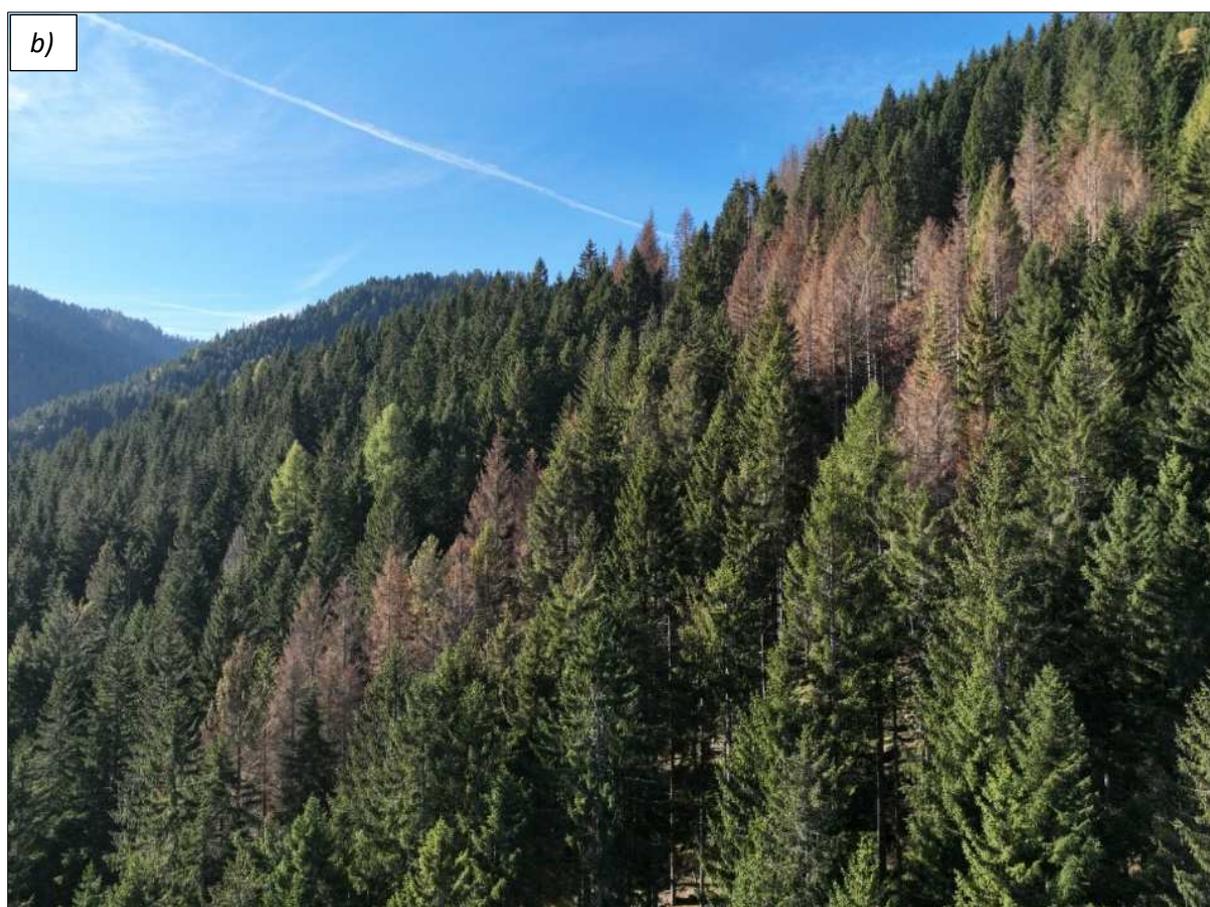
Schianti da neve in Val Pusteria, novembre 2019.

Vi è una differenza sostanziale fra il legname danneggiato dalla tempesta Vaia e quello degli schianti da neve dei due anni seguenti, ma che vale in genere per questo tipo di evento. I danni da vento atterrano completamente il bosco su ampie superfici, mentre i danni da neve sono diffusi perché vengono danneggiate piante o gruppi di individui sparsi sul territorio. Anche in ottica di stima dei danni, risulta più difficile ottenere dei valori attendibili se il danno è di questo secondo tipo. Le foto di cui disponiamo, infatti, siano esse satellitari o di altro genere, si limitano a mostrarci lo strato dominante senza darci indicazioni circa il materiale a terra. Se il danno è diffuso e si limita ad individui sparsi nel popolamento risulta quindi difficile rintracciare le piante cadute, e la conseguente quantificazione del danno è incerta.



1.3. Bostrico

Il bostrico tipografo (*Ips typographus*) è una specie di scolitide da sempre presente nei boschi di abete rosso della provincia. In genere esso si sviluppa con basse densità di popolazione attaccando piante indebolite e svolgendo quindi un'importante funzione di diversificazione dell'habitat, aumentando la biodiversità e quindi la stabilità degli ecosistemi. L'invecchiamento dei popolamenti, gli schianti da neve o quelli da vento possono tuttavia favorire il passaggio delle popolazioni da una fase endemica ad una fase epidemica. L'improvvisa disponibilità di grandi quantità di piante ospite determina l'incremento esponenziale del numero di individui, che iniziano ad attaccare anche piante sane o giovani e alle volte anche specie diverse (pino cembro, larice, abete bianco e pino silvestre). Con l'aumento del numero di individui lo spostamento medio per cercare il nuovo ospite si riduce notevolmente (da 500-1.000 metri in fase endemica a 100-150 metri in fase epidemica).



Esemplare adulto di bostrico (a) e popolamento di abete rosso con nuclei di piante attaccate (b) (Getty Images/Henrik_L)



Le pullulazioni durano in media 5-6 anni, ma la durata è molto variabile in funzione dell'andamento stagionale che influisce sulla biologia dell'insetto e sulla sua capacità di fare più generazioni e di ridurre la mortalità invernale. Picchi di freddo invernale e inverni prolungati possono accrescere la mortalità degli individui svernanti, mentre estati fresche e piovose accrescono la resistenza delle piante. All'opposto, periodi caldi e siccitosi durante la stagione vegetativa delle piante ne diminuiscono la resistenza e ne accrescono la suscettibilità ad attacchi parassitari.



Foto aerea di un versante con nuclei di attacchi di bostrico a Vipiteno.



2. Biologia ed ecologia del bostrico

2.1. Ciclo di sviluppo

Il bostrico tipografo (*Ips typographus*) è un coleottero che fa parte del gruppo degli scolitidi. L'individuo adulto è di forma cilindrica, lungo 4-5 mm, di colore bruno-nerastro e con peluria evidente sul corpo. Le larve sono invece biancastre con un capo arancione, lunghe 5 mm prima dell'impupamento, mentre le pupe sono bianche cerulee e lunghe circa 4 mm. Il nome dell'insetto deriva dai disegni provocati dalle larve in fase di nutrimento, che si diramano ortogonalmente rispetto alla galleria materna dove sono state deposte le uova.



Giovani adulti di Ips typographus (a) e gallerie materne da cui si diramano quelle larvali (b).

La specie sverna come adulto sotto la corteccia delle piante colonizzate. La primavera successiva gli insetti iniziano a sciamare alla ricerca di piante ospiti adatte alla riproduzione.

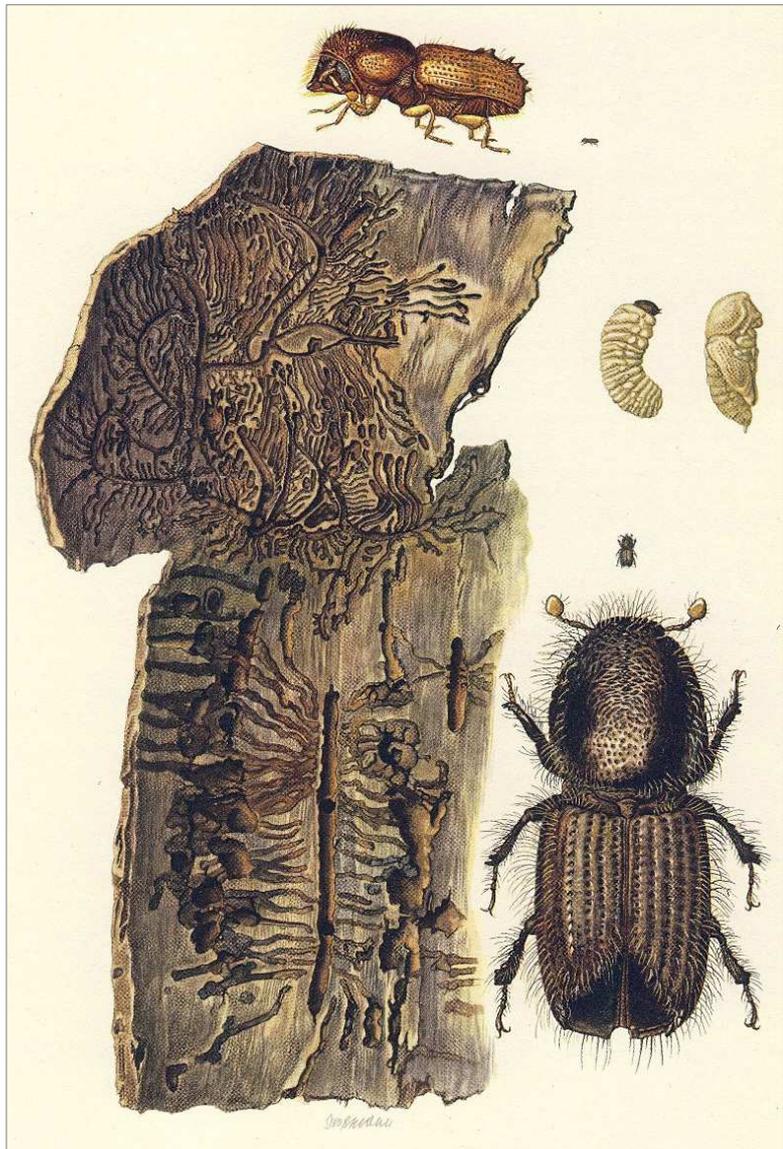
Perché ciò accada serve il verificarsi di tre condizioni:

- temperature superiori a 16,5°C (con i voli che diventano significativi oltre i 18°C);
- una somma nota di temperatura;
- durata della luce diurna superiore a 14 ore.



Il bostrico è poligamo: ogni maschio può fecondare fino a tre femmine. Queste scavano nel floema una galleria lunga fino a 15 cm, dove depongono una cinquantina di uova che daranno origine alla prima generazione. Dopo aver deposto le uova le femmine si involano nuovamente alla ricerca di una pianta ospite, dove deporranno altre uova dando origine alla cosiddetta "generazione sorella". Questo comportamento rappresenta un adattamento evolutivo che consente alla specie di aumentare le chance di sopravvivenza del caso di eventi avversi. Producendo più generazioni sfasate nel tempo, infatti, è più probabile che almeno una di esse trovi condizioni favorevoli per la diffusione.

L'intero ciclo di sviluppo dura dalle 6 alle 8 settimane. La fase da uova a larve formate dura circa 3 settimane ed è legata alla temperatura. Dopo l'impupamento, gli adulti neoformati sfarfallano da fori circolari di circa 2 mm. Prima di diventare maturi essi necessitano di una fase di alimentazione che dura in genere 1-2 settimane.



*Fasi di sviluppo del bostrico
(Claus Caspari / etsy.com)*

Come per la fase di diffusione, anche quella di svernamento inizia al verificarsi di determinate condizioni:

- temperature diurne e notturne costantemente inferiori a 18°C;
- precipitazioni persistenti;
- periodo di luce diurna inferiore a 14 ore.



2.2. Effetti sulle piante ospiti e antagonisti

I segni dell'attacco del bostrico sulle piante ospiti sono tardivi e non consentono controlli efficaci. Gli effetti sono molteplici:

- decolorazione degli aghi e successiva caduta anche con la chioma ancora verde, rendendo impossibile l'identificazione delle piante colonizzate; in seguito, quando poi diventa rossa intensa, gli insetti sono infatti già sfarfallati;
- perdita di corteccia;
- perdita di resina dai fori di sfarfallamento;
- specchiature dei picidi alla ricerca di nutrimento.

Una pianta attaccata non riesce a sopravvivere all'attacco dell'insetto. Esso, infatti, concentra la sua attività di nutrimento nella parte di legno più esterna, il floema. Qui troviamo i sistemi di conduzione della linfa: il bostrico, scavando le sue gallerie, interrompe il passaggio dei nutrienti e porta la pianta alla morte. Oltre al danno meccanico delle larve, gli adulti trasportano funghi patogeni che intasano i vasi di conduzione xylematici responsabili del trasporto dell'acqua, contribuendo anch'essi alla morte.



Gallerie larvali e materne sotto corteccia (a) ed effetto di un attacco di bostrico su una pianta di abete rosso (b)

(@kozorog/123rf.com)



Per il contenimento della specie e la regressione da fase epidemica a endemica un ruolo importante è quello svolto dagli antagonisti naturali quali predatori (picidi e coleotteri), parassitoidi (vespe) e funghi. Essi non riescono ad impedire la pullulazione ma, tuttavia, operando assieme ad altri fattori quali clima e meccanismi di autoregolazione del bostrico stesso, contribuiscono a far rientrare il picco di infestazione. Gli antagonisti si sviluppano sulle piante infestate con un ritardo compreso fra 1 e 4 settimane. Questo ci fa capire come l'asportazione immediata delle piante infestate può da un lato, se fatta tempestivamente, ridurre la popolazione di bostrico, ma parallelamente riduce anche la possibilità agli antagonisti naturali di svilupparsi e diffondersi.

2.3. Legname bostricato: effetti su legno ed economia

Il bostrico è uno scolitide floematico, e come tale la sua azione di nutrimento si concentra nella fascia del floema immediatamente sotto corteccia. Per questo motivo i tronchi delle piante attaccate possono essere utilizzati anche per scopi più nobili rispetto alla sola legna da ardere. Le caratteristiche tecnologiche del materiale non vengono infatti alterate. Va però ricordato che nel legno attaccato dall'insetto possono verificarsi decadimenti estetici e tecnologici in tempi più o meno lunghi. L'intervallo di tempo necessario per il manifestarsi di tali effetti è legato a cause abiotiche e biotiche e non è stimabile a priori.



Catasta di tronchi bostricati.



I difetti sul legname associati all'attacco da bostrico sono riassumibili in tre tipologie:

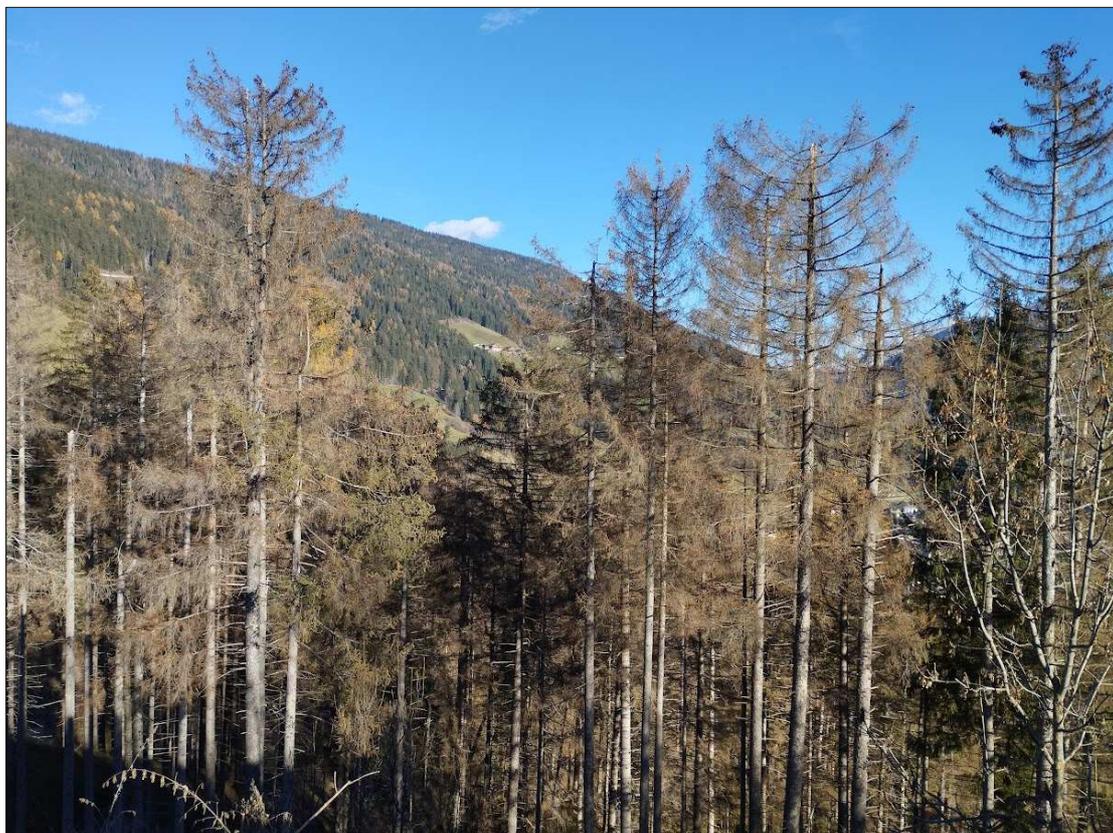
- la rapida velocità di disseccamento del legno rimasto in piedi può causare il verificarsi di notevoli tensioni interne, le quali si manifestano in ritiri importanti e fessurazioni; ciò diminuisce la rendita di lavorazione;
- gli insetti scolitidi possono trasportare con sé funghi dell'azzurramento riconducibili a svariate specie di ascomiceti e deuteromiceti. Essi producono un'alterazione cromatica del legno che si può presentare di colore variabile dal grigio scuro al blu. Questo danno è meramente estetico in quanto le pareti cellulari delle cellule legnose non vengono degradate dai processi enzimatici;
- con il deperimento e la morte della pianta possono verificarsi attacchi di altri insetti, questa volta xylematici. Essi, al contrario del bostrico, si sviluppano all'interno del legno anche radialmente, rendendo il tronco parzialmente o totalmente inadatto alla segazione.



*Gallerie larvali e materne sotto corteccia in generale(a)
e nel dettaglio (b)*



Negli ultimi anni, il settore europeo di prima lavorazione del legno ha visto importanti investimenti finalizzati ad aumentare la capacità di segagione. Questo ha incrementato notevolmente l'appetibilità del materiale locale, non solo di quello tagliato fresco ma anche di quello proveniente da tagli in lotti bostricati. Vi è tuttavia una certa differenziazione dei prezzi del materiale a seconda, ad esempio, della modalità di vendita. Oltre a prezzi differenti dovuti ai costi di taglio ed esbosco, la tendenza è dissimile se consideriamo la vendita a strada o in piedi. Nel caso della vendita a strada, le differenze fra lotti verdi e bostricati sono esigue, mentre si fanno importanti se la vendita è di lotti in piedi. Questo è dovuto al fatto che in questo secondo caso il grado di deterioramento del materiale è incerto. Il rischio di perdite per le successive lavorazioni, inoltre, è maggiore. L'effetto combinato di questi fattori provoca un deprezzamento del materiale.



Piante morte con il cimale spezzato; la neve e il vento possono danneggiare gli individui e in queste condizioni, trovando una pianta già debilitata, il bostrico si diffonde facilmente.



3. Impatto del bostrico in Alto Adige

Il bostrico sta affliggendo pesantemente i boschi della provincia. Essi, che ricoprono circa il 47% della superficie totale, stanno subendo pesanti danni come effetto collaterale degli schianti da vento di Vaia e di quelli da neve degli anni successivi. L'aumento della popolazione dello scolitide, inizialmente "mascherata" dalla disponibilità di legname a terra, sta ora manifestandosi in maniera evidente andando a colpire le piante sopravvissute. Questa situazione di grande instabilità, si spera solo temporanea, degli ecosistemi forestali, ha accresciuto la suscettibilità degli individui, aumentando il numero di piante adatte alla proliferazione dell'insetto.

3.1. Monitoraggio del bostrico in Provincia di Bolzano

La Ripartizione Foreste ha provveduto, immediatamente dopo la tempesta Vaia, ad organizzare un sistema di monitoraggio capillare della popolazione di bostrico tipografo su tutto il territorio provinciale. Lo scopo è quello di monitorare l'andamento della popolazione, verificarne costantemente l'entità e la distribuzione sul territorio, conoscere le fasi di sviluppo nel corso della stagione, valutare le differenze di catture negli anni, comprendere i rapporti causa-effetto sulla dinamica di popolazione.

L'installazione delle trappole è iniziata nella primavera del 2019, la stagione immediatamente successiva all'evento Vaia. Durante il quadriennio trascorso il numero di trappole installate è



Trappola a feromoni per la cattura di individui adulti di bostrico.

via via aumentato, così da rendere capillare il monitoraggio della diffusione dello scolitide sul territorio provinciale. A seconda dei casi, alcune trappole sono state smantellate e rimontate in altre località, e altre sono state aggiunte. Nell'intero periodo sono state montate trappole in ben 122 località differenti: nel 2019 il numero è stato di 62, nel 2020 di 81, nel 2021 di 105 e nel 2022 di 112. Nell'analisi non tutte le trappole sono state utilizzate: quelle meno affidabili perché caratterizzate da svuotamenti irregolari o da problemi tecnici legati a malfunzionamenti dei dispositivi di trappolaggio sono state scartate; la mole di dati è comunque buona. La stessa base dati è stata utilizzata per tutte le analisi, così da avere gli stessi valori di partenza.



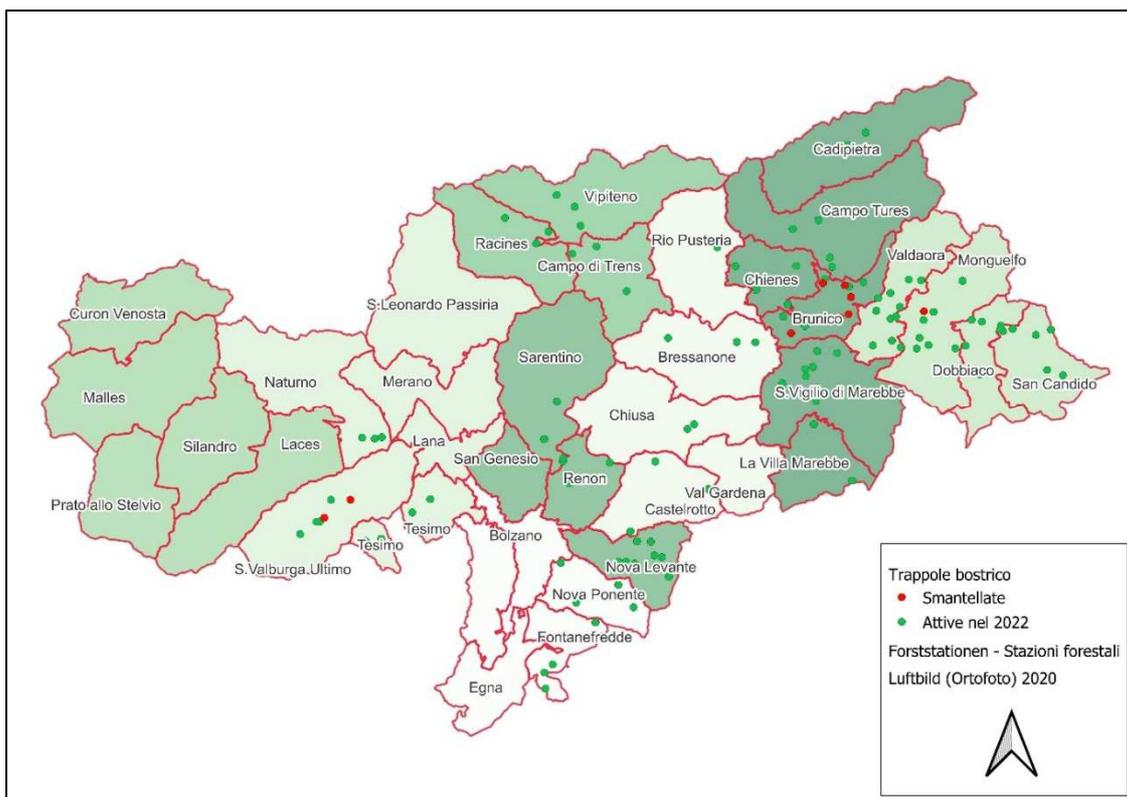


Figura 1: mappa della distribuzione delle trappole in Alto-Adige.

La prima delle due tabelle che seguono riporta i valori medi di catture suddivise nei vari distretti, mentre la seconda riporta in tasso di crescita calcolato come rapporto fra il numero di individui catturati in media ogni anno nelle trappole del distretto e lo stesso valore riferito all'anno precedente. A seguire la *figura 2* che confronta graficamente i valori tabellari. I dati utilizzati sono quelli relativi alle trappole con svuotamenti periodici e quindi maggiormente precisi. Per il distretto di Bolzano 2, per motivi di affidabilità dei dati, sono stati utilizzati solo quelli delle catture delle stazioni forestali di Renon e di Val Sarentino.

Ispettorato	Anno			
	2019	2020	2021	2022
Bolzano 1	2.840	7.900	12.350	32.280
Bolzano 2	-	9.200	13.080	38.410
Bressanone	6.760	7.150	14.060	32.580
Brunico	4.070	20.790	36.390	54.520
Merano	3.900	6.870	14.140	30.840
Monguelfo	10.110	8.980	23.570	44.810
Vipiteno	-	-	21.600	43.160

Tabella 1: catture medie per trappola per distretto; Bolzano 2 nel 2019 e Vipiteno nel 2019 e nel 2020 non avevano trappole installate.



Ispettorato	Anno		
	2019 - 2020	2020 - 2021	2021 - 2022
Bolzano 1	2,79	1,56	2,61
Bolzano 2	-	1,42	2,94
Bressanone	1,06	1,97	2,32
Brunico	5,11	1,75	1,50
Merano	1,76	2,06	2,18
Monguelfo	0,89	2,62	1,90
Vipiteno	-	-	2,00

Tabella 2: tasso di crescita annuale calcolato come rapporto fra le catture medie dell'anno per trappola e quelle dell'anno precedente.

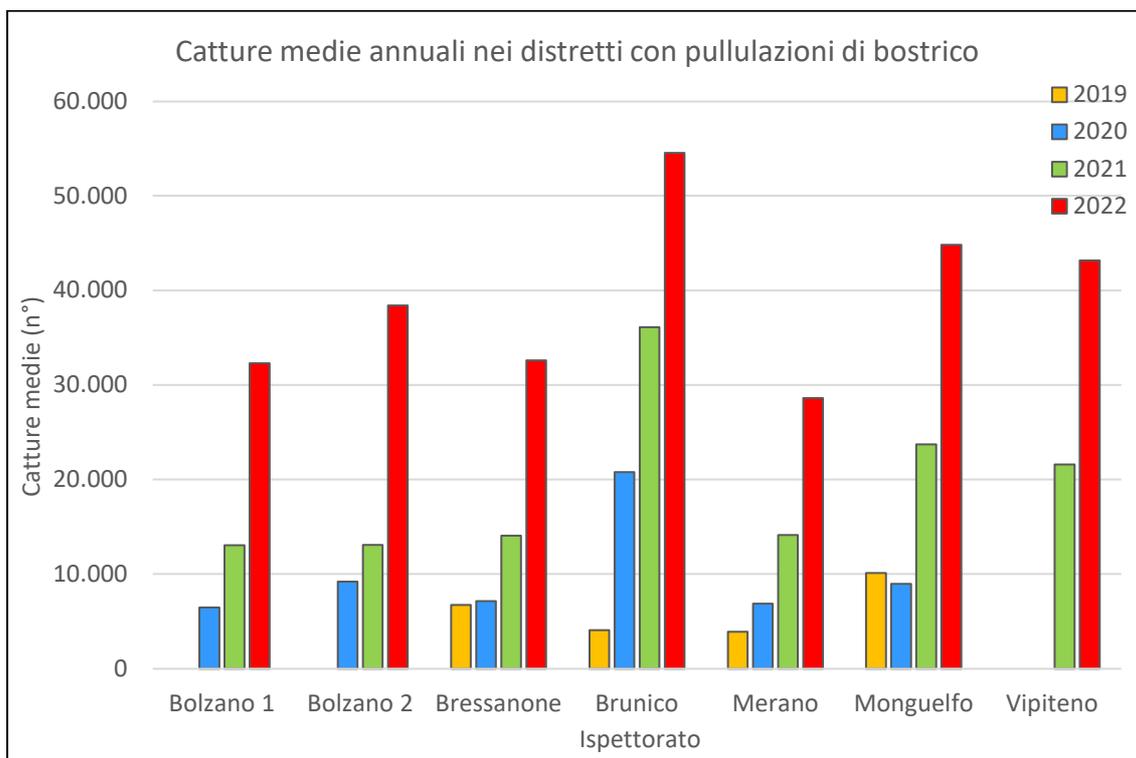


Figura 2: catture medie annuali per trappola suddivise per distretto. Non è presente quello di Silandro perché qui non sono state installate trappole per il bostrico tipografo.

L'incremento della popolazione è evidente e diversificato all'interno del territorio provinciale. Lo scolitide, inizialmente in fase endemica, ha visto soprattutto negli ultimi due anni il passaggio alla fase epidemica con outbreaks violenti e impattanti che hanno causato effetti pesanti sul paesaggio.

Analizzando gli incrementi della popolazione nei vari distretti appare chiaro come la crescita esponenziale nella diffusione dello scolitide non si sia ancora arrestata (tabella 2). La mancanza di alcuni tassi di crescita è legata all'assenza di dati affidabili e/o di trappole per quel determinato anno.



Delle trappole installate in tutta la provincia si è scelto di rappresentare graficamente l'andamento annuale di due di esse come caso esemplificativo. Non sempre le tendenze sono chiare e definite; ciò rispecchia il fatto che da un anno all'altro il comportamento risulta differenziato sia fra i vari distretti che nelle stesse trappole.

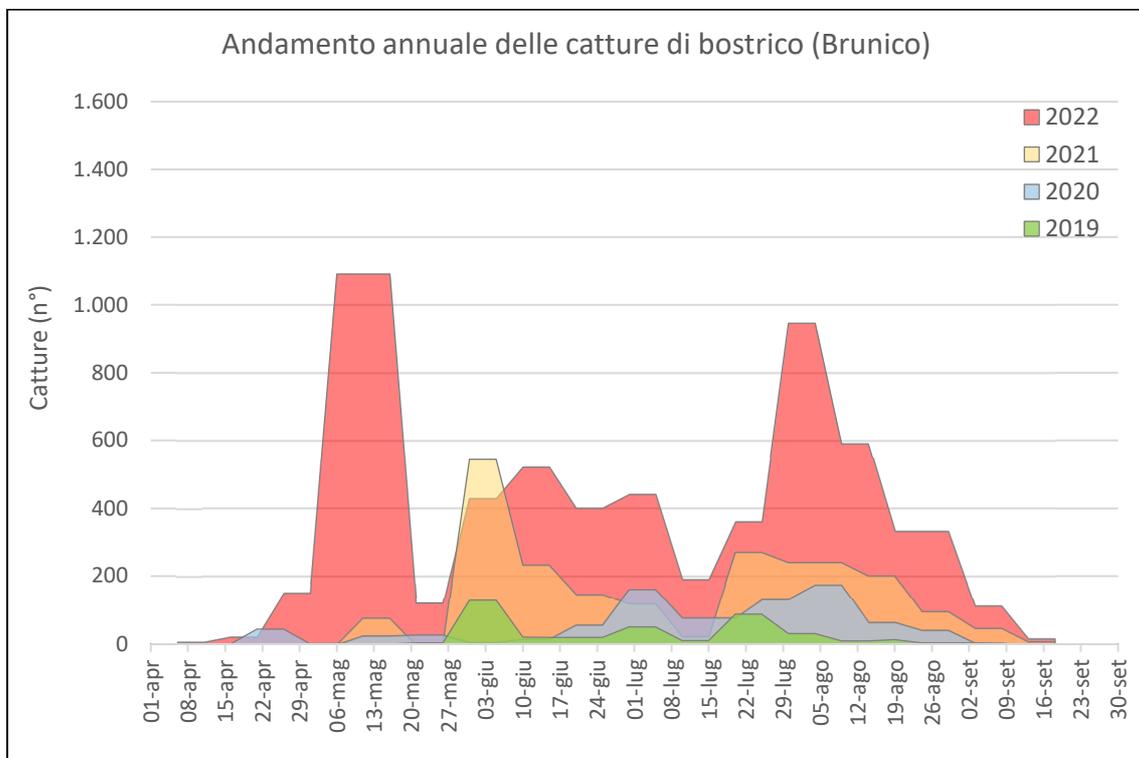


Figura 3: andamento annuale delle catture in una trappola di bostrico nel distretto di Brunico. La trappola si trova a 1.396 m s.l.m. ed esposizione sud-ovest.



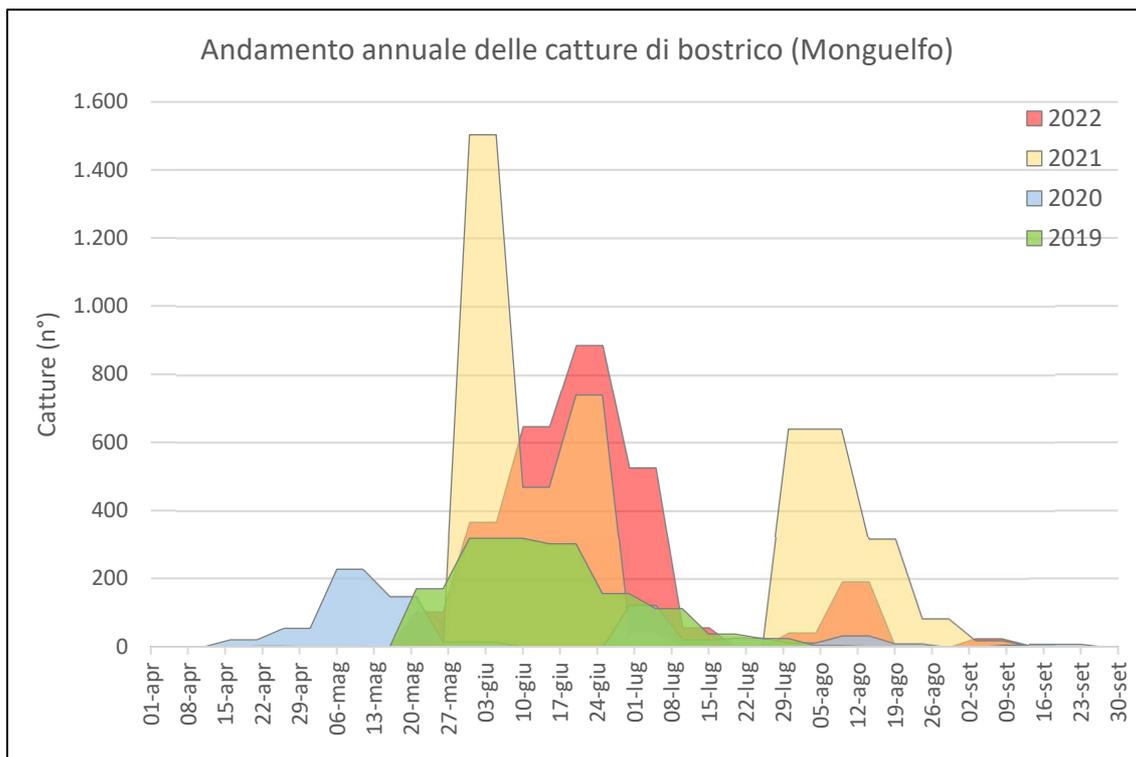


Figura 4: andamento annuale delle catture in una trappola di bostrico nel distretto di Monguelfo. La trappola si trova a 1.211 m slm ed esposizione nord-ovest.

In figura 3 e 4 relative alle catture di bostrico si possono apprezzare due tendenze differenti. Nella prima figura si può notare chiaramente come, partendo dal 2019 fino ad arrivare al 2022, i numeri siano distribuiti in maniera analoga seppur in termini assoluti siano in crescita. La differenza più marcata si vede nel primo picco (maggio), presente solo nel 2022 e quello con valori più elevati. Nella seconda figura, invece, le catture del 2021 sono addirittura maggiori di quelle del 2022: questo appare evidente da un picco più elevato sia per lo sfarfallamento degli adulti (giugno) sia per la prima generazione (agosto). I due andamenti così dissimili testimoniano come l'insetto si stia comportando in maniera differenziata all'interno del territorio provinciale, e questo può essere riconducibile alla variabilità sia climatica che stagionale dei luoghi in cui esso si è diffuso. Se guardiamo ad esempio i dati di quota ed esposizione delle due trappole, vediamo come sia quella esposta a sud-ovest (figura 3) a presentare per l'anno corrente una crescita sensibilmente maggiore, a differenza di quella esposta a nord-ovest (figura 4). Ciò testimonia quanto già detto in precedenza, ovvero che le caratteristiche stagionali e climatiche condizionano fortemente il tasso di crescita della popolazione dello scolitide. Non a caso sono proprio le piante esposte a sud a risentire maggiormente di estati calde e siccitose come quella appena trascorsa.



3.2. Catture: influenza della quota

Avendo a disposizione la localizzazione delle trappole e il DTM (*Digital Terrain Model* – Modello Digitale del Terreno) è stata calcolata per ogni trappola la quota. Successivamente, è stato incrociato il dato ottenuto con il numero di catture stagionali per ogni trappola con l'obiettivo di valutare se la quota influisse in qualche modo con la numerosità della popolazione, come intuitivamente si potrebbe pensare. In *figura 5* è riportato il risultato.

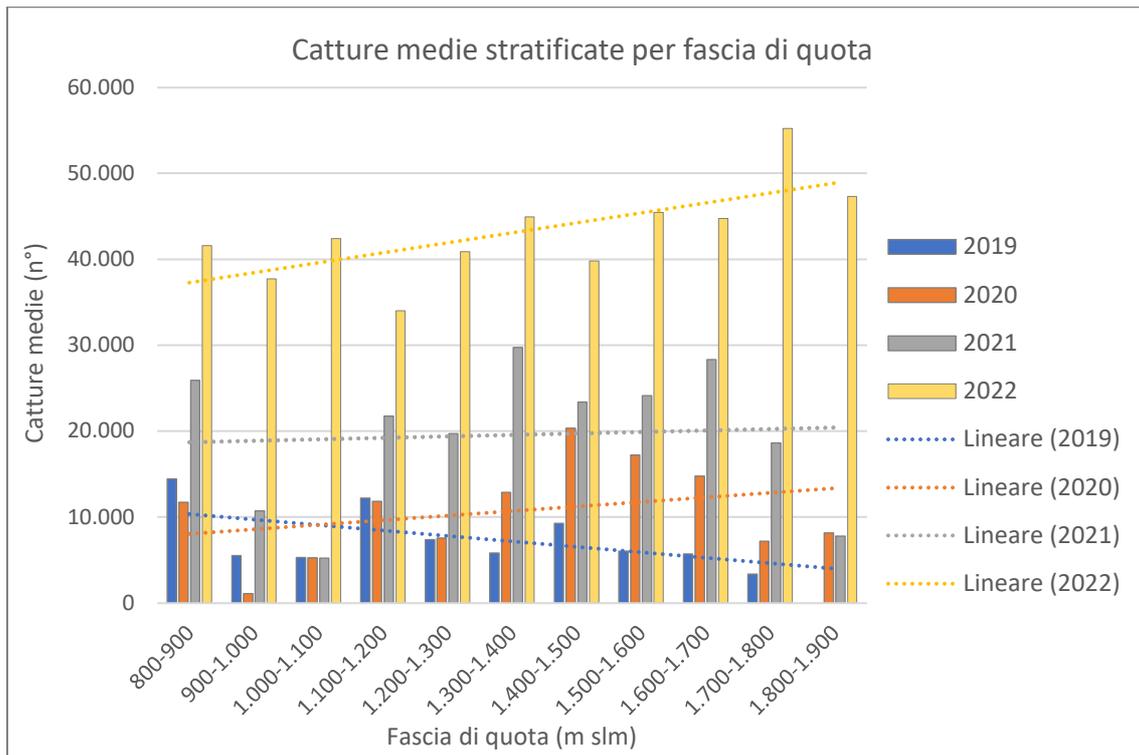


Figura 5: catture medie annuali delle trappole stratificate in funzione della classe di quota. In figura è riportata anche la linea di tendenza per ogni anno.

Anche da questa figura si evince chiaramente la crescita consistente di catture di bostrico dal 2019 al 2022. Andando oltre, possiamo notare un'altra tendenza interessante. Se consideriamo la quota a cui queste trappole sono collocate, vediamo come le catture all'aumentare della variabile in questione mostrino una tendenza positiva, difficilmente intuibile. Ad esclusione del 2019, anno immediatamente successivo a Vaia, nei restanti anni la tendenza delle catture medie all'aumentare della quota è in crescita. Ciò vuol dire che man mano che la quota aumenta, aumentano anche le catture. Questo può essere causato dal fatto che le temperature, solitamente fattore limitante per il successo riproduttivo dello scolitide alle quote più elevate di diffusione, in questi anni non sono state così determinanti nel ciclo di sviluppo. L'*optimum* termico lo possiamo quantificare in 20-25°C medi; se superiamo questa soglia l'insetto va in stress e la *fitness* riproduttiva può diminuire. Negli ultimi anni si sono susseguiti eventi estremi quali siccità prolungate e ondate di calore; potenzialmente queste nuove condizioni ambientali possono aver modificato l'equilibrio esistente e l'insetto ha via via adattato il suo comportamento per rispondere alle nuove condizioni climatiche sopraggiunte.



Un'altra cosa che possiamo notare è che nell'anno 2020 le maggiori catture le abbiamo avute nella fascia che va dai 1.400 ai 1.600 m slm, quella maggiormente interessata dagli schianti da vento. Ciò non è invece evidente per il 2019. È probabile che vi sia questo sfasamento nel picco di catture a questa quota perché, al fine del verificarsi di una pullulazione, è necessaria la copresenza non solo del substrato attaccabile, ma anche di una buona diffusione della stessa popolazione dell'insetto.

Se prendiamo in considerazione gli ultimi due anni, quelli caratterizzati da numeri più consistenti in termini assoluti, possiamo mostrare la relazione esistente fra il tasso di crescita dell'anno e le catture medie di quell'anno e del precedente, consentendoci di provare ad interpretare il comportamento del bostrico in una prospettiva più ampia.

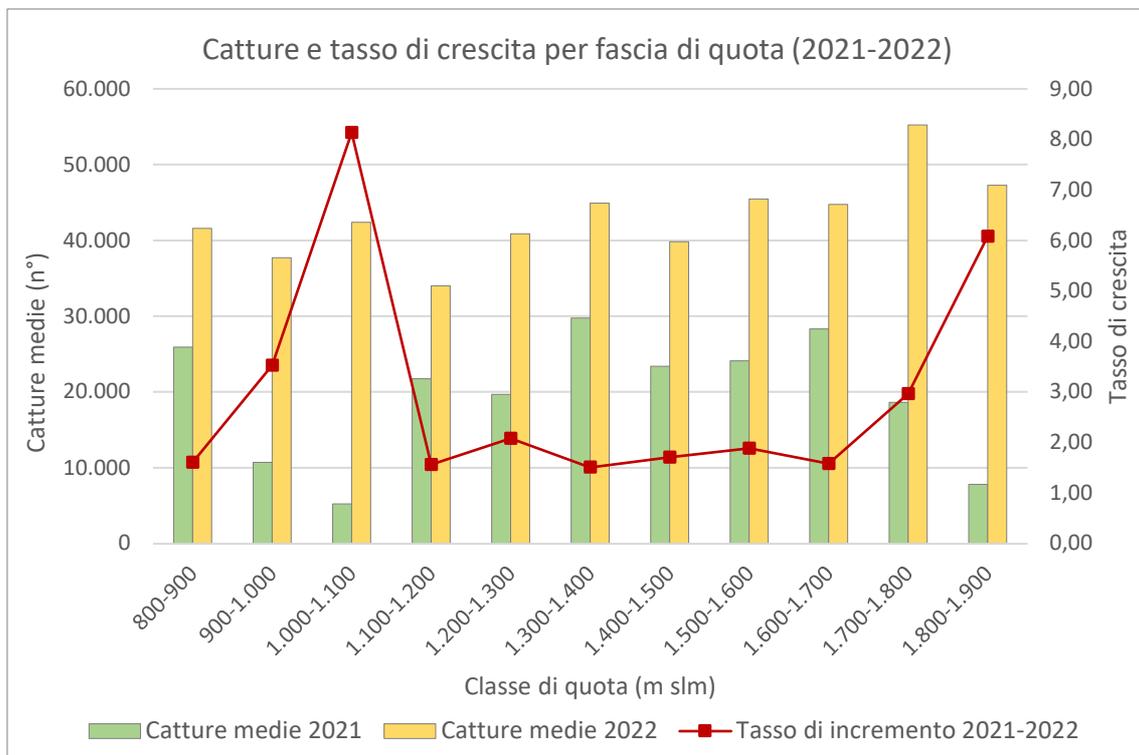


Figura 6: catture medie del 2021 e del 2022 suddivise per fascia di quota e il relativo tasso di crescita (X_n / X_{n-1} , con "X" pari alle catture e "n" pari all'anno di riferimento).

Dalla figura 6 si può apprezzare la differente distribuzione del numero di catture per fascia di quota nei due anni considerati (2021 e 2022) e la relazione con il tasso di crescita. Dati alla mano, si può ipotizzare che inter-annualmente il successo riproduttivo del bostrico sia relazionata anche a quello dell'anno precedente. Dove l'anno prima si era già verificata una pullulazione, il tasso di crescita risulta inferiore, mentre dove si aveva un numero di catture contenuto questo viene compensato l'anno successivo da una crescita maggiore della popolazione. Se facciamo la stessa analisi anche per gli anni precedenti, i risultati sono analoghi (figura 7 e 8).



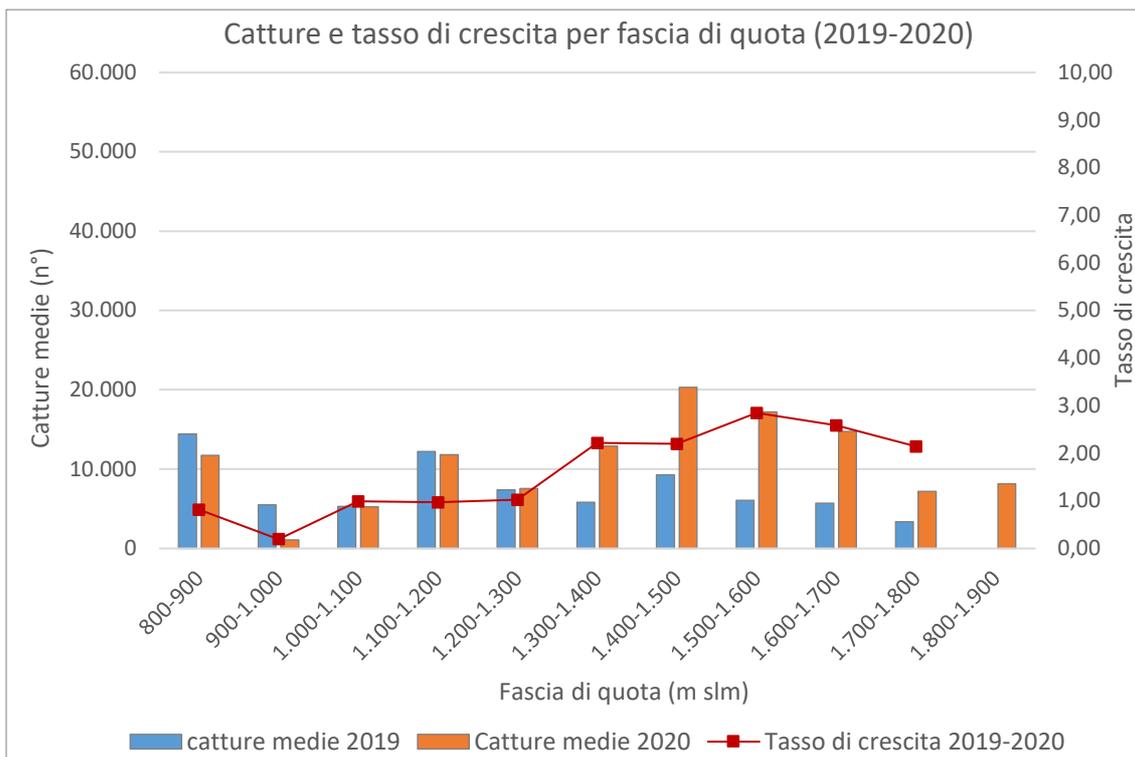


Figura 7: catture medie del 2019 e del 2020 suddivise per fascia di quota e il relativo tasso di crescita (X_n / X_{n-1} , con "X" pari alle catture e "n" pari all'anno di riferimento).

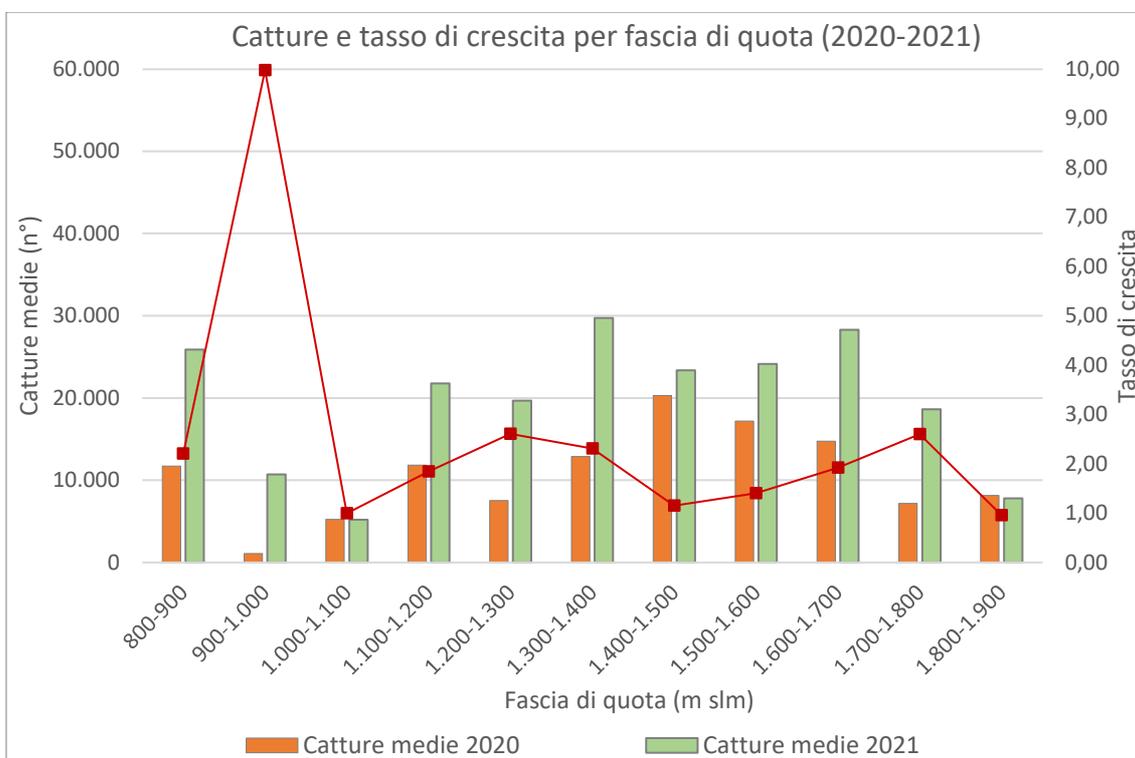


Figura 8: catture medie del 2020 e del 2021 suddivise per fascia di quota e il relativo tasso di crescita (X_n / X_{n-1} , con "X" pari alle catture e "n" pari all'anno di riferimento).



Si è scelto di riportare tutte e tre le *figure* (6, 7 e 8) con la stessa scala così da poter apprezzare i diversi ordini di grandezza dei valori rappresentati. Guardando gli ultimi due grafici e confrontandoli si può riscontrare la stessa tendenza evidenziata precedentemente (*figura 6*). Se vi è una pullulazione di bostrico, essa tende a svilupparsi maggiormente nelle fasce di quota in cui l'anno precedente si aveva avuto una diffusione più contenuta. Ad esempio, se guardiamo la *figura 8* possiamo notare come le classi maggiormente rappresentate nel 2020 (1.400-1.500 m, 1.500-1.600 m e 1.600-1.700 m) siano quelle che presentano il tasso di crescita più basso, ad esclusione delle classi 900-1.000 m e 1.800-1.900 m che però vediamo essersi fortemente riprese l'anno successivo, ovvero il 2022 (*figura 6*). A distanza di uno o due anni, quindi, si può affermare che l'insetto va a diffondersi in quelle fasce di quota in cui prima non lo aveva fatto, quasi come volesse occupare una nicchia di piante ospiti non ancora sfruttate.

In generale, comunque, si può anche apprezzare la diversa scala del fenomeno. L'anno 2020 presenta valori di crescita inferiori a 3,00 e catture medie che superano di poco le 20.000 unità. L'anno successivo presenta invece un tasso di crescita che arriva quasi a 10 (nella fascia di quota bassa 900-1.000 m slm) e catture fin quasi a 30.000 insetti. Per il 2022, come valori, le catture massime si attestano poco oltre i 55.000 individui, mentre il tasso di crescita raggiunge il suo apice con un valore di 8,13 per la fascia di quota 1.000-1.100, ma rilevante è anche il valore di 6,08 della classe 1.800-1.900.

3.3. Altitudine e temperatura

Alla luce dei risultati ottenuti, la domanda che sorge spontanea è come varia la temperatura all'aumentare della quota. La bibliografia ci dice che la diminuzione media di temperatura dell'aria è di 0,65°C ogni 100 metri, quindi circa 1°C ogni 150 metri. Questo valore risente comunque dell'umidità dell'aria: in caso di alta pressione, e quindi di aria molto secca, la variazione è più consistente e può arrivare a quasi 1°C ogni 100 metri.

Nel nostro caso, sono state considerate tutte le stazioni meteo dell'Alto Adige e di queste sono state prese in considerazione e stratificate in classi solo quelle collocate ad un'altitudine compresa fra gli 800 e i 1.800 metri slm, lo stesso range di valori considerato per le analisi precedenti. Come valore, è stata calcolata la temperatura media dei tre mesi estivi (giugno, luglio e agosto). Nella rappresentazione è stato scelto di rappresentare un valore medio del periodo (da quando abbiamo dati a disposizione) e poi separatamente i valori dei quattro anni successivi a Vaia. La *figura 9* riporta i risultati.



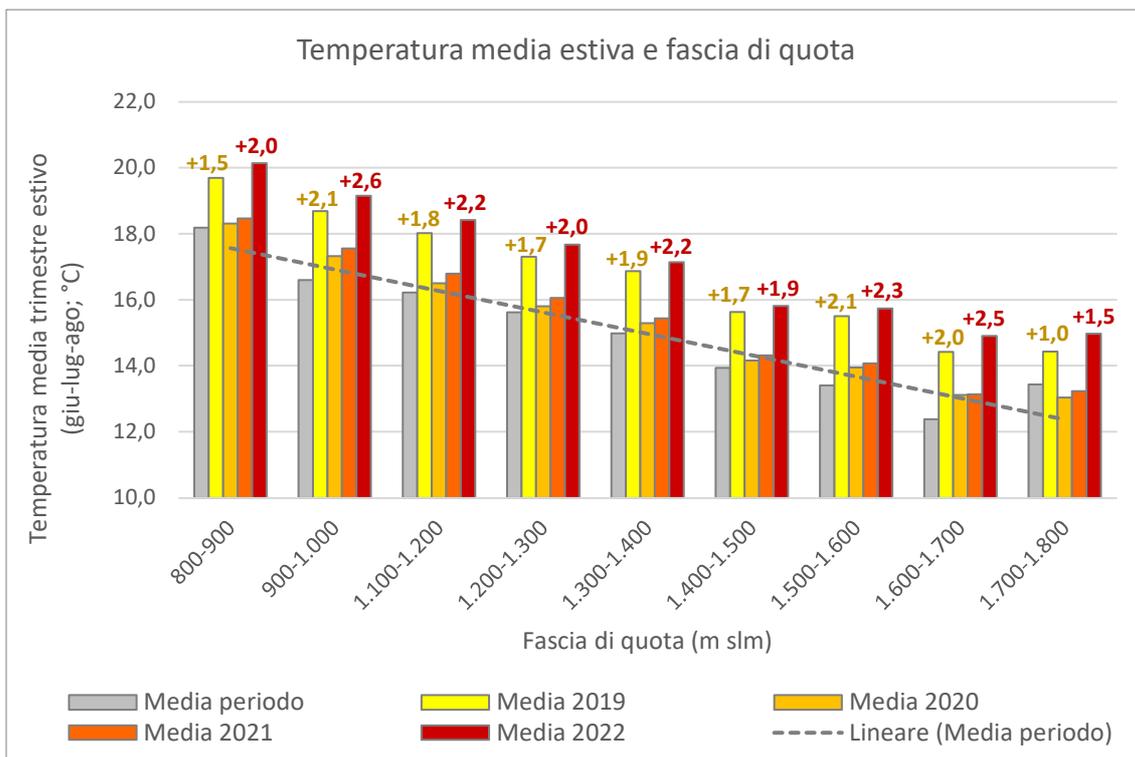


Figura 9: temperatura media del trimestre estivo al variare della quota.

Come si può vedere, la temperatura media degli ultimi quattro anni è generalmente superiore rispetto a quella media del periodo. Gli ordini di grandezza, tuttavia, sono differenti. Se guardiamo al grafico, infatti, è evidente che sia il 2019 che il 2022 si distinguono nettamente rispetto agli altri in tutte le fasce di quota considerate. In particolare, è il 2022 a presentare i valori più elevati, superiori a quelli medi del periodo di circa 2°C. Un fatto curioso è ciò che accade nell'ultima fascia di quota, quella fra i 1.700 e i 1.800 m slm. Qui vediamo che la temperatura media per tutti i casi considerati è superiore rispetto a quella che ci aspetteremmo dal gradiente altitudinale. In questa classe essa arriva addirittura ad aumentare rispetto a quella della classe precedente. Se consideriamo i dati di partenza, ciò può essere legato al fatto che, fra tutte le stazioni meteo presenti, solo una ricade all'interno di questa fascia di quota, ed essa si trova a 1.715 m slm, quindi molto vicino alla classe precedente. Si può supporre con un buon margine di sicurezza che le caratteristiche sito-specifiche della stazione condizionino fortemente il risultato, che quindi per questa classe risulta difficilmente comparabile con i valori precedenti. Ciò che invece si può fare è confrontare il valore medio di temperatura all'interno della classe e vedere che esso presenta una tendenza analoga alle classi precedenti, con valori medi estivi del 2019 e del 2022 molto superiori alla media del periodo.



3.4. Catture: influenza dell'esposizione

Come per la quota, anche per la pendenza i dati di partenza erano le coordinate delle trappole e il DTM da cui poi è stato ricavata. La classificazione è riportata in *tabella 3* con classi di ampiezza di 45°. Il risultato invece, suddiviso nei vari anni, è riportato in *figura 10*.

Classe di esposizione	Intervallo
N	0°-22,5° 337,5°-360°
NE	22,5°-67,5°
E	67,5°-112,5°
SE	112,5°-157,5°
S	157,5°-202,5°
SW	202,5°-247,5°
W	247,5°-292,5°
NW	292,5°-337,5°

Tabella 3: classificazione dell'esposizione in funzione dei gradi.

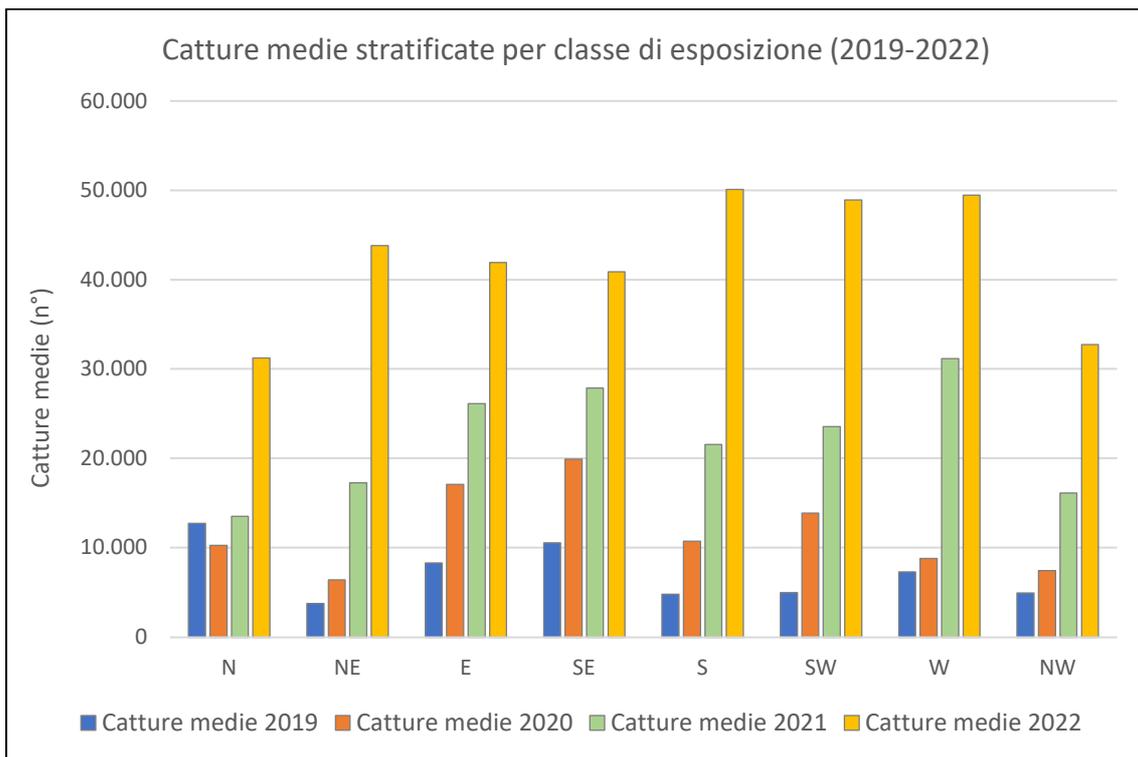


Figura 10: catture medie del 2021 e del 2022 suddivise per classe di esposizione.

Fra i vari anni, la costante è quella di avere un numero di catture inferiore per le trappole con esposizione nord, comprese anche quelle intermedie (nord-est e nord-ovest). Questo è dato dal fatto che queste trappole sono soggette a temperature più fredde rispetto alle altre, specialmente ad inizio ed a fine stagione. In queste condizioni, infatti, l'inizio del volo degli



adulti svernanti viene con ogni probabilità posticipato. Guardando i valori assoluti di catture, si vede chiaramente come queste nei primi due anni (2019 e 2020) siano simili per le trappole con esposizione più fredda e in aumento per quelle con esposizione più calda. Per il 2021 e il 2022, invece, tutte le trappole presentano valori in crescita, anche se comunque le trappole con esposizione nord, pur presentando valori importanti, mostrano meno catture rispetto a quelle con altre esposizioni.

Come per la quota, anche qui è stata fatta un'analisi confrontando il tasso di crescita con le catture medie, prima per il biennio 2021-2022 (figura 11) e poi anche per i precedenti anni (figura 13 e 14) con l'obiettivo di valutare l'evoluzione fra un anno e il successivo.

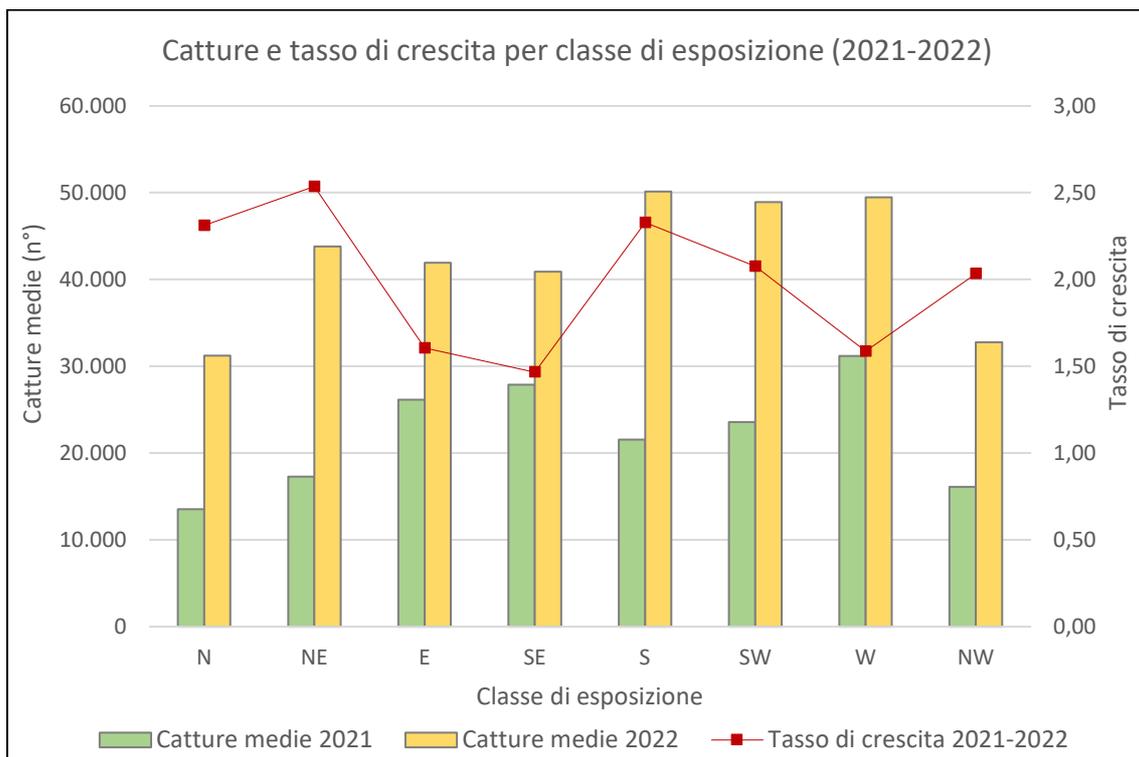


Figura 11: catture medie del 2021 e del 2022 suddivise per classe di esposizione e il relativo tasso di crescita (X_n/X_{n-1} , con "X" pari alle catture e "n" pari all'anno di riferimento).

In figura 11 si vede come la tendenza di catture medie nelle varie classi di esposizione presenti un incremento, con valore che però si mostra diversificato nelle varie classi. Infatti, si hanno degli indici di crescita più marcati sia per le esposizioni fredde (nord e nord-est) che per quelle calde (sud e sud-ovest). Fra questi due anni, quindi, non vi è una marcata differenziazione delle catture in funzione dell'esposizione. Per ottenere un confronto sulla distribuzione dei valori nell'intervallo è stato realizzato anche un box-plot (figura 12).



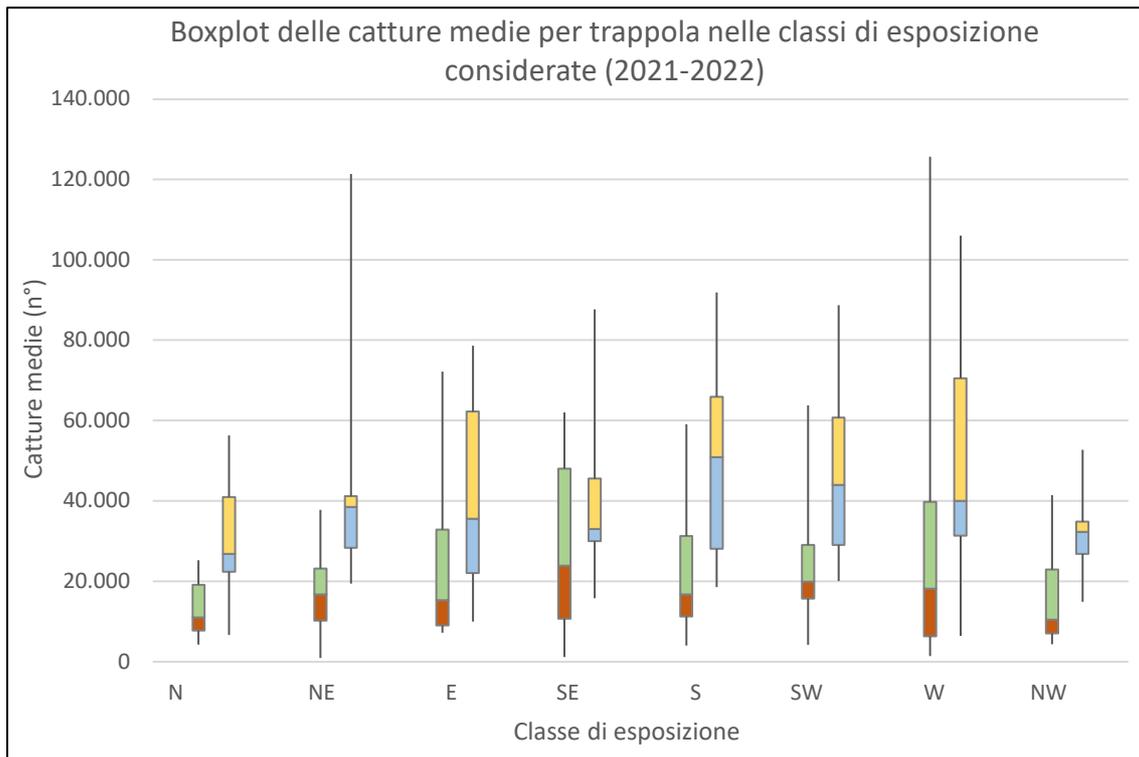


Figura 121: box-plot della distribuzione delle catture medie per ogni classe di quota; per il 2021 il box-plot è rosso e verde, mentre per il 2022 è azzurro e giallo.

Guardando alla figura, si può vedere come negli ultimi due anni la mediana delle catture medie per classe di quota sia aumentata. In certi casi il range di variazione fra massimo e minimo è diminuito, mentre in altri casi è aumentato. Ciò che salta comunque all'occhio è che per ogni classe il valore minimo di catture è sempre aumentato (estremità inferiore del baffo della scatola) e spesso lo stesso vale anche per il baffo superiore. La distribuzione mantiene un'ampiezza simile ma spostata verso valori maggiori (ad esempio S e SW), mentre in altri vediamo comunque un aumento dei valori della curva ma con un incremento anche della variabilità della distribuzione (NE). L'ampiezza della scatola, che rappresenta il 50% dei valori centrali della distribuzione, è spesso più ampia nel 2022 rispetto al 2021: questo ci dice che, con le catture in crescita, cresce anche la variabilità nella distribuzione di questi valori.

Seguono i grafici che confrontano con cadenza biennale le catture e il tasso di crescita.



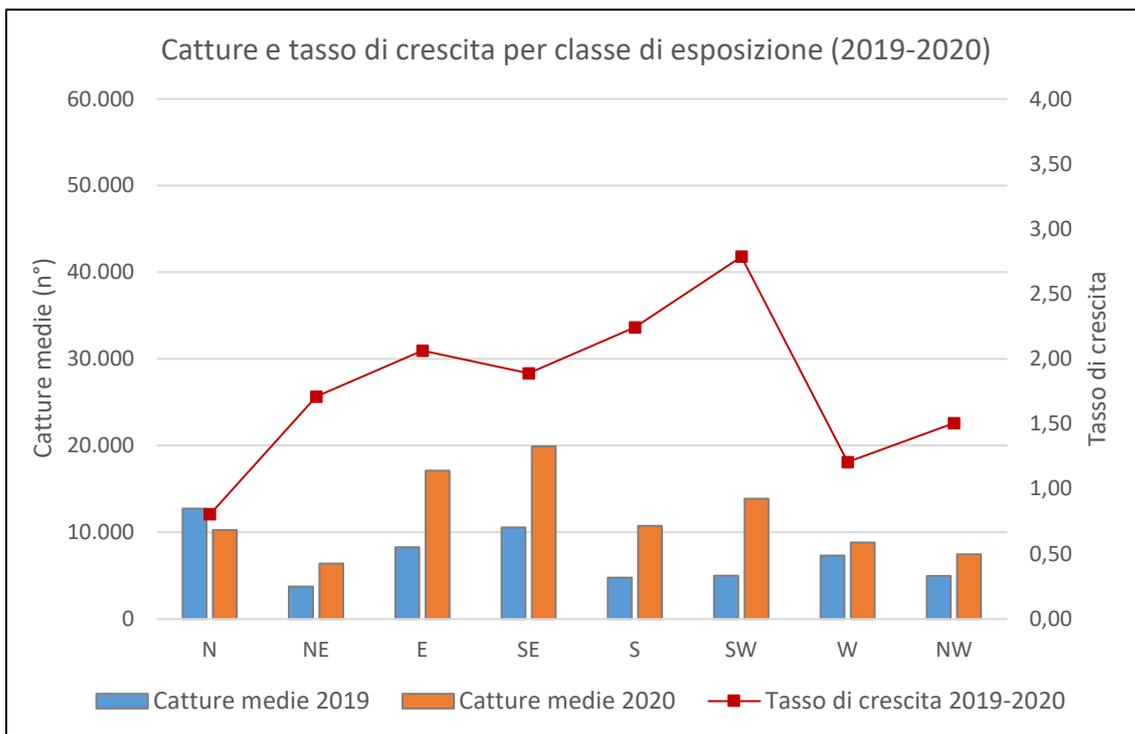


Figura 13: catture medie del 2019 e del 2020 suddivise per classe di esposizione e il relativo tasso di crescita (X_n / X_{n-1} , con "X" pari alle catture e "n" pari all'anno di riferimento).

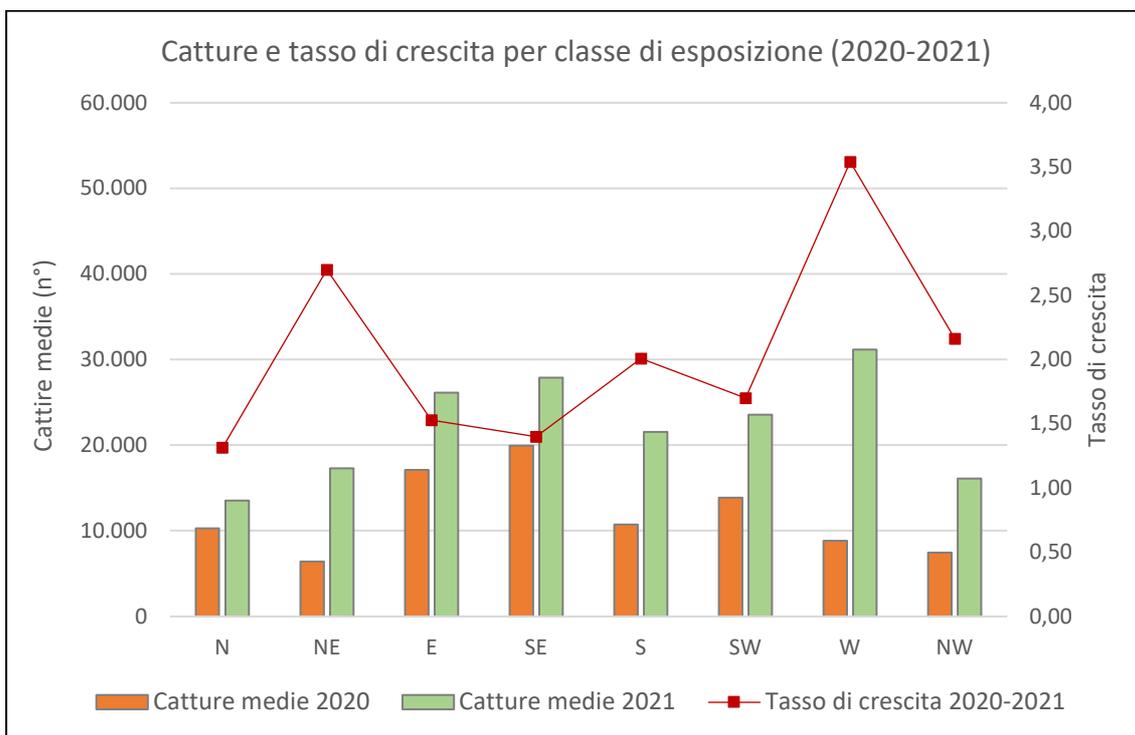


Figura 14: catture medie del 2020 e del 2021 suddivise per classe di esposizione e il relativo tasso di crescita (X_n / X_{n-1} , con "X" pari alle catture e "n" pari all'anno di riferimento).



La tendenza è un aumento in entrambe le figure, tuttavia il tasso di crescita è diversificato. Esso, pur presentando un range di valori simili, per il biennio 2019-2020 può essere fatta una distinzione fra i versanti più caldi (dove è maggiore) e quelli più freddi (dove è inferiore), mentre per il 2020-2021 l'andamento è più diversificato e opposto rispetto a quello del biennio precedente, con valori maggiori per le esposizioni fredde e minori per quelle calde.

3.5. Quota ed esposizione: confronto fra 2019 e 2022

Col passare degli anni le trappole installate hanno subito delle variazioni. Spesso, dal 2019 al 2022, il numero e/o il luogo di installazione sono cambiati. Tuttavia, una parte delle trappole sono rimaste installate quattro anni e per questo abbiamo i dati delle catture di tutto il periodo. Basandosi su questi valori è stato possibile confrontare nel medio periodo l'andamento delle catture medie nelle classi di quota ed esposizione, valutando come esse sono cambiate nel quadriennio.

Seguono le *figure* che riportano il confronto fra il 2019, anno immediatamente seguente a Vaia, e il 2022.

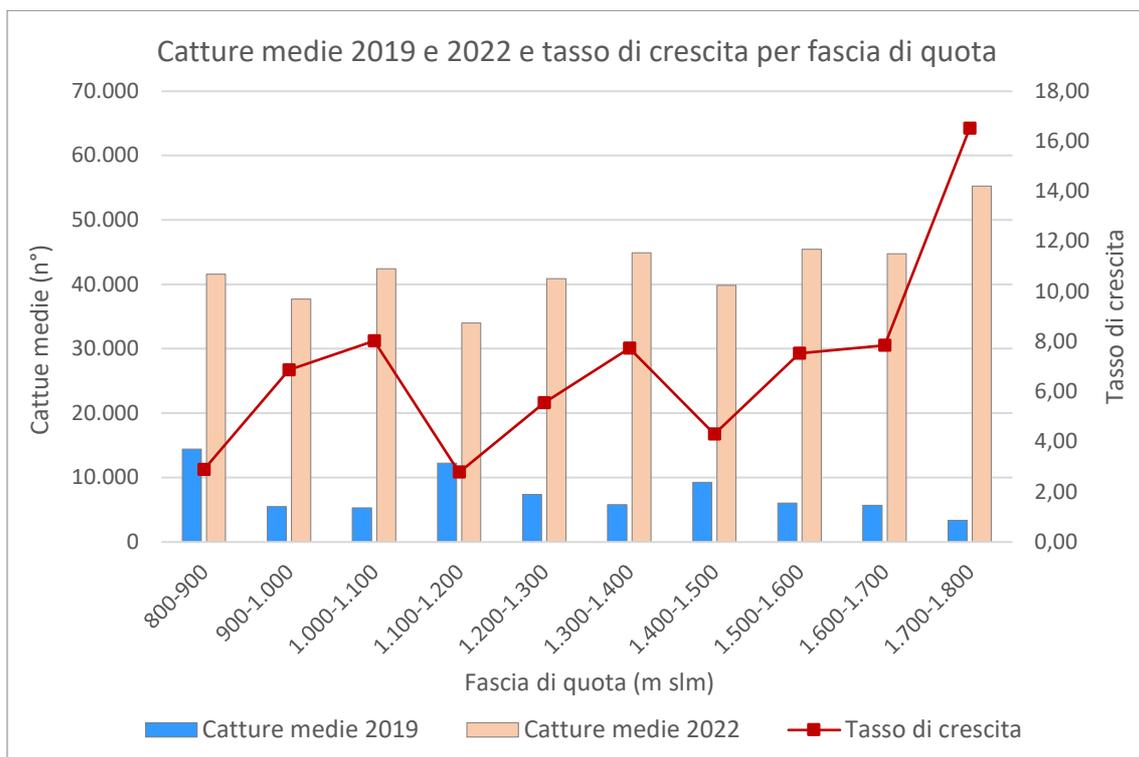


Figura 15: confronto fra 2019 e 2022 delle catture medie delle trappole ricadenti all'interno della fascia di quota considerata; il tasso di crescita calcolato è quello del rapporto fra le catture del 2022 e quelle del 2019.



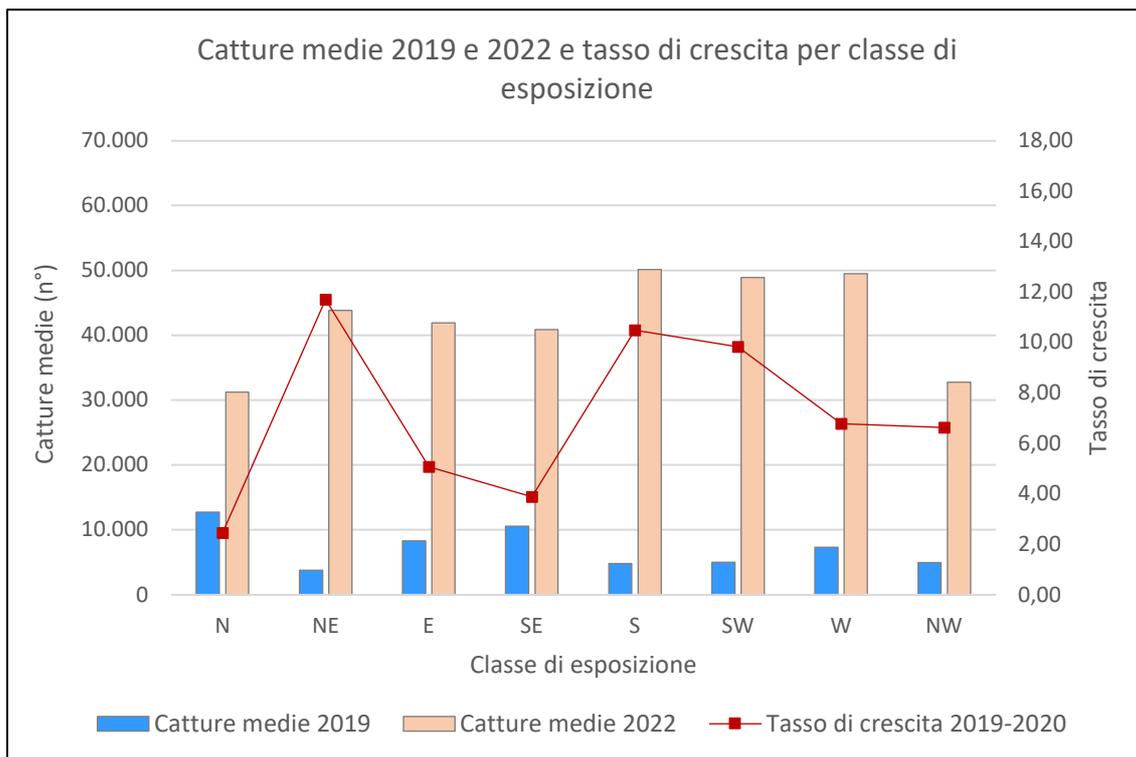


Figura 16: confronto fra 2019 e 2022 delle catture medie delle trappole ricadenti all'interno della classe di esposizione considerata; il tasso di crescita calcolato è quello del rapporto fra le catture del 2022 e quelle del 2019.

In figura 15 e 16 è riportato l'andamento delle catture medie nelle trappole stratificate per fascia di quota e per classe di pendenza. Per quanto riguarda la quota, si può rintracciare una tendenza analoga a quella che si era evidenziata in figura 5 (capitolo 3.2). Contrariamente a quello che si potrebbe pensare, all'aumentare della quota le analisi ci dicono che, in termini assoluti, le catture medie sono più elevate rispetto alle basse quote. Le aree attaccate dal bostrico non sono state solo quelle afflitte dagli schianti di Vaia, ma anche quelle collocate a quote più basse e quelle posizionate ad un'altitudine maggiore. Se guardiamo il semplice dato del tasso di crescita, vediamo come esso presenti valori maggiori in corrispondenza della fascia di quota 1.700-1.800m slm, ma anche nelle due classi precedenti, quelle che si riferiscono alle trappole collocate fra i 1.500 e i 1.700 m slm, abbiamo dei valori elevati. Una diminuzione del tasso di crescita la possiamo vedere nella fascia 1.100-1.200m slm e soprattutto in quella 1.400-1.500m slm; quest'ultima altitudine è quella dove si collocano i maggiori schianti da vento, probabilmente quella con una minor disponibilità di substrato attaccabile avendo subito maggiori danni.

Nel secondo grafico, relativo all'esposizione, l'andamento è anche qui variabile ma con delle considerazioni che possono essere fatte. Ciò che si vede è che i valori del tasso di crescita sono generalmente maggiori per le esposizioni verso sud e verso ovest, ma un valore elevato del tasso di crescita lo abbiamo anche nelle trappole esposte a nord-est. Tuttavia, se guardiamo il dato grezzo di catture medie, notiamo come esse siano minori per le esposizioni nord e massime per quelle trappole esposte a sud, sud-ovest e ovest.



4. Considerazioni finali

L'analisi delle catture medie nei vari distretti, considerando anche le differenti caratteristiche stagionali, ha messo in luce un quadro generale complesso. All'interno di ogni anno possono essere rintracciati dei comportamenti particolari che, talvolta, risultano opposti fra un anno e il successivo. La diffusione e la consistenza della popolazione di bostrico è in chiaro aumento in tutte le stazioni forestali della provincia che presentano condizioni stagionali e di substrato adatte alla sua proliferazione. È altresì chiaro, tuttavia, come la situazione sia instabile e in continua evoluzione, e come noi non siamo in grado di formulare previsioni certe sul futuro allo stesso modo anche lo scolitide, trovatosi in una situazione atipica nel panorama meridionale delle Alpi, sta via via adattando i suoi comportamenti per ottenere il maggior beneficio riproduttivo possibile.

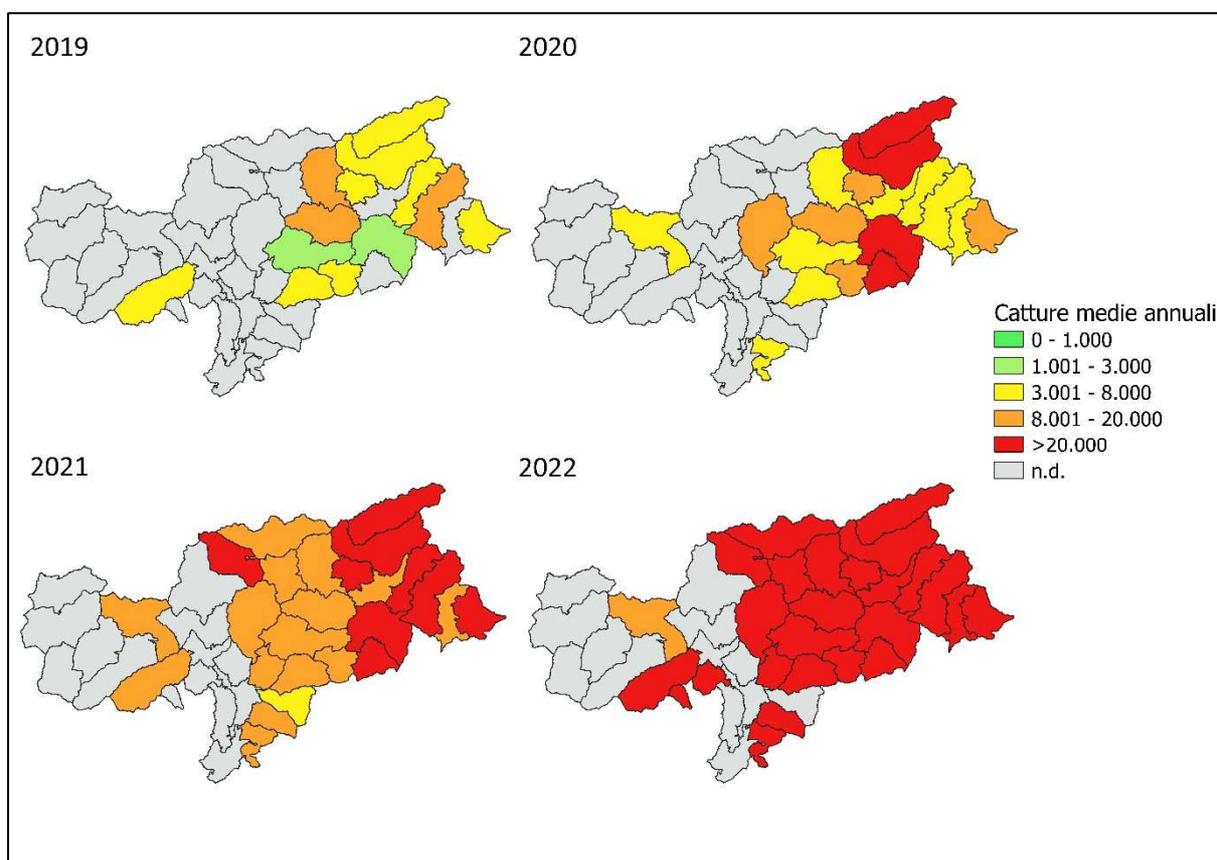


Figura 17: classificazione delle stazioni forestali in base al numero di catture medie nelle trappole installate nel territorio di pertinenza.

Ciò è evidente in *figura 17*, dove si può apprezzare come le catture medie per trappola nel territorio di ogni stazione siano progressivamente aumentate negli ultimi anni quattro anni.

Analoga è la situazione se si analizza la media di insetti conteggiati per ogni svuotamento, considerando la stagione di attività dello scolitide compresa fra il 1° aprile e il 30 settembre.



Chiaramente l'inizio e la fine dell'attività di sviluppo dipendono da una serie di caratteristiche climatiche e stagionali sito-specifiche; l'obiettivo è quello di fornire un'indicazione circa la portata del fenomeno e il suo andamento nel tempo. Le trappole sono state raggruppate nelle macroaree considerate più idonee in base alle loro caratteristiche e alla loro dislocazione spaziale.

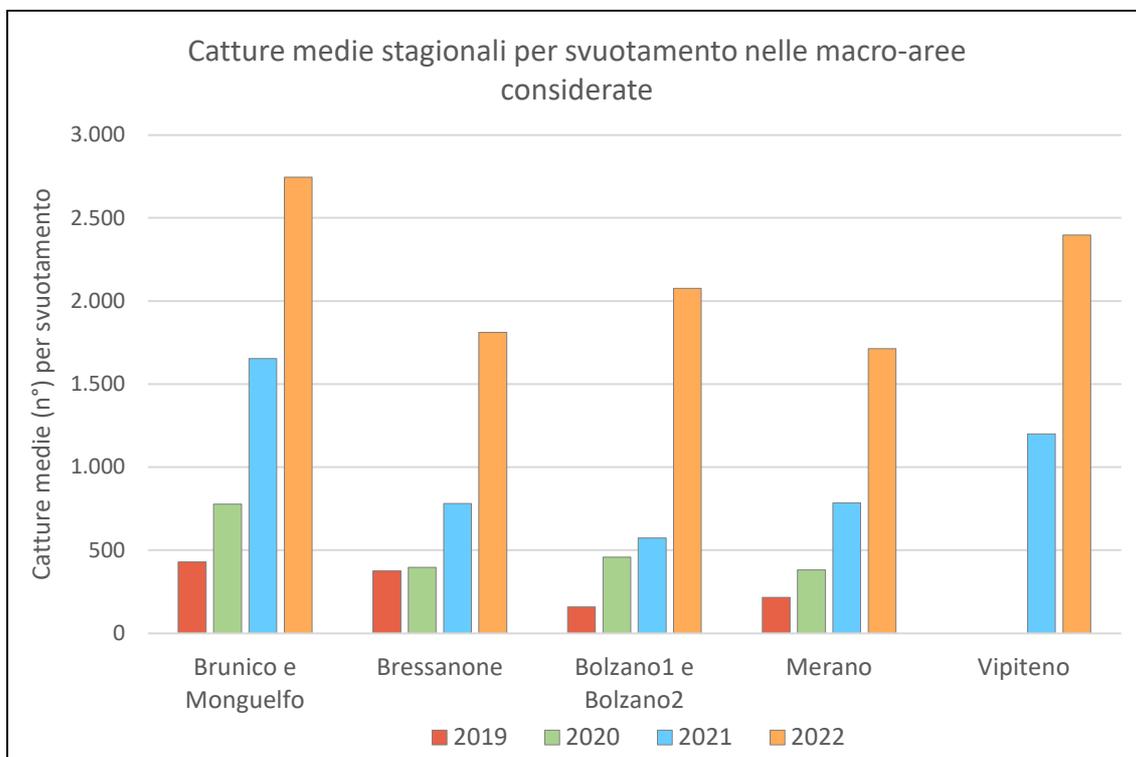


Figura 18: catture medie per svuotamento delle trappole raggruppate in macroaree (individuate in base alla localizzazione e alla maggiore omogeneità ambientale). Il valore di catture è stato ottenuto dividendo le catture stagionali per il numero di svuotamenti previsti (uno ogni 10 giorni) nel periodo di attività considerato (1° aprile – 30 settembre).

Sulla base di quanto analizzato con il presente lavoro è possibile sintetizzare quanto segue:

- La gradazione di bostrico tipografo è presente in tutto il territorio provinciale, ma è evidentemente più intensa in val Pusteria;
- lo sviluppo della gradazione è simile nei diversi distretti forestali e presenta negli ultimi 3 anni (2021-2022) un tasso di crescita annuo mediamente pari a 2. Ciò si quantifica sostanzialmente in un raddoppio della popolazione ogni anno;
- le catture di bostrico si distribuiscono su tutte le fasce altimetriche. Nel 2022 si rilevano addirittura maggiori catture alle quote più elevate di trappolaggio, attorno ai 1.700 - 1.800 m slm;
- mediamente le catture sono inferiori e con tasso di crescita minore nelle esposizioni N e NW mentre presentano valori maggiori per le esposizioni più calde.



