



DENDRONATURA

Semestrale dell'Associazione Forestale del Trentino - Anno 43 - Numero 2 - 2° semestre 2022
ISSN 1121-7782



Epidemie di bostrico tipografo post-tempeste: minaccia, emergenza, opportunità

1. Introduzione

Il cambiamento climatico globale si sta manifestando negli ultimi decenni con un incremento progressivo delle temperature e, quale conseguenza, con eventi meteorici estremi che si presentano con sempre maggior frequenza. In particolare, estati molto calde e siccitose, intense precipitazioni in inverno e aumento della forza dei venti, tutte caratteristiche connesse al cambiamento climatico, costituiscono condizioni favorevoli all'insorgenza di eventi calamitosi (OECD, 2007). I modelli climatici restituiscono scenari futuri in cui frequenza e intensità di eventi naturali come forti precipitazioni, ondate di calore e tempeste sono destinate ad aumentare, ancor più nella regione alpina per sua natura molto sensibile al clima (SEIDL *et al.*, 2017). Gli ecosistemi alpini, infatti, già sottoposti a partire dal secolo scorso a una forte antropizzazione, legata anche allo sviluppo del turismo, subiscono la pressione climatica globale con un elevato livello di vulnerabilità.

In tale contesto le perturbazioni naturali fungono spesso da innesco di disturbi e danni secondari, tra cui particolarmente temute sono le infestazioni su ampia scala di *Ips typographus* L. (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), noto anche come bostrico tipografo (MARRINI *et al.*, 2017). L'insetto è uno xilofago autotono infeudato prevalentemente all'abete rosso (*Picea abies* L. Karst.), ritenuto in Europa tra i maggiori agenti di danno biotico agli ecosistemi forestali (GRÉGOIRE, EVANS, 2007). Diversi

sono i fattori che possono dare origine a forti pullulazioni, tra cui i più potenti sono l'ampia disponibilità di materiale legnoso schiantato ancora integro e uno stato di sofferenza generalizzata dei soprassuoli a causa della siccità (HLASNY *et al.*, 2021).

Alla fine del mese di ottobre 2018 l'uragano denominato "Vaia" ha colpito violentemente le regioni del nord-est dell'Italia, dove per effetto del forte vento seguito a tre giorni di piogge eccezionali è avvenuto lo schianto di oltre 10 milioni di metri cubi di alberi, con l'improvvisa e radicale riduzione dei servizi ecosistemici svolti dalle foreste interessate. Anche il Trentino è stato pesantemente danneggiato nel suo patrimonio forestale, con oltre 4 milioni di metri cubi di massa legnosa abbattuta e circa 20.000 ettari di superficie boschiva distrutta o fortemente compromessa (WOJYNSKI *et al.*, 2022).

Negli anni seguenti, come si poteva prevedere, si sono instaurate infestazioni di bostrico tipografo nell'intera area colpita dalla tempesta, pur con dinamiche spazio-temporali diverse, causando perdite economiche e danni ecologici che si sommano a quelli dell'evento calamitoso che ne è all'origine (FACCOLI *et al.*, 2022).

Nel presente lavoro il fenomeno ancora in corso è presentato nei suoi aspetti ed effetti negativi, sia economici che ambientali, ma anche positivi, in termini di motore per il rinnovamento dei soprassuoli in un'ottica di adattamento alle mutate condizioni climatiche.

In tale prospettiva, superata la fase di ge-

stione delle emergenze, la tempesta Vaia e gli effetti secondari da essa evocati potrebbero essere considerati come un'opportunità da cogliere per migliorare la resistenza e la resilienza delle foreste alpine a lungo termine.

2. Scolitidi e *I. typographus*

Gli scolitidi (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) sono una sottofamiglia di curculionidi comprendente circa 6000 specie a livello globale. È un gruppo omogeneo di insetti, prevalentemente forestali, che utilizzano tessuti legnosi almeno per una parte del loro ciclo vitale e abitualmente attaccano piante indebolite o morte. Le specie in grado di colonizzare anche piante sane e in buone condizioni vegetative sono poche (RAFFA *et al.*, 2008), ma di grande impatto sugli ecosistemi forestali, anche a medio e lungo termine (CHRISTIANSEN *et al.*, 1987). A questa categoria appartiene *Ips typographus*, una specie eurasiatica ritenuta tra le più dannose dal punto di vista economico, ecologico e sociale (CHRISTIANSEN, BAKKE, 1988).

Gli scolitidi presentano alcune caratteristiche comuni, sia da un punto di vista morfologico, sia etologico.

- Le specie sono morfologicamente molto simili, sia allo stadio immaginale che larvale. Per questo motivo spesso non sono distinti in base a caratteristiche morfologiche, ma attraverso la forma dei sistemi di gallerie, scavate all'interno della pianta in cui si sono sviluppati (FACCOLI, 2015).
- Sono organismi xilofagi o xilomicetofagi, in grado di utilizzare sostanze contenute nei tessuti legnosi per completare il loro sviluppo. Gli xilofagi possono nutrirsi di tessuti floematici o xilematici, grazie a caratteristiche morfologiche che li rendono adatti a scavare gallerie (piccole dimensioni, corpo cilindrico, mandibole robuste) e fisiologiche inerenti alla digestione (enzimi specifici, endosimbiosi con microrganismi). Le larve delle specie xilomicetofaghe, invece, grazie

a simbiosi complesse con funghi e batteri, crescono nutrendosi del micelio di funghi che si sviluppano nel legno, disseminati dalla madre nelle operazioni di deposizione delle uova (FACCOLI, 2015).

- Vivono in simbiosi con funghi ascomiceti, in particolare dei generi *Ophiostoma* e *Leptographium*, che diminuiscono le capacità di difesa della pianta e ne riducono la resistenza all'attacco (FACCOLI, 2015). Lo sviluppo di questi funghi nei tessuti legnosi è alla base del rapido deperimento delle piante colonizzate.
- Quando attaccano una pianta in numero sufficientemente alto, riescono a superare le difese messe in atto dalla stessa, grazie alla loro elevata resistenza a un aumentato flusso di resina e ad altri meccanismi di difesa (CHRISTIANSEN, BAKKE, 1988).
- Gli individui di una stessa specie comunicano tra loro mediante l'emissione di feromoni, sostanze chimiche che fungono da stimoli per l'aggregazione o la dispersione della popolazione locale. Nel processo di colonizzazione sono per lo più i maschi a rilasciare il feromone d'aggregazione, che richiama nuovi individui sulle piante selezionate e ritenute adatte allo sviluppo (CHRISTIANSEN, BAKKE, 1988). Le femmine, attratte dal feromone, entrano nella pianta ospite per riprodursi e, una volta fecondate, scavano gallerie in cui depongono le uova. Quando troppi individui penetrano nella corteccia, subentra una competizione per le risorse che li induce al rilascio del feromone di disaggregazione, allo scopo di dissuadere ulteriori femmine dall'insediarsi sulla medesima pianta ospite.

2.1 Bioecologia di bostrico tipografo

I. typographus compie in genere una o due generazioni all'anno, a seconda delle condizioni climatiche locali e, quindi, di fattori geografici e stagionali quali latitudine, quota ed esposizione. Nel Nord Europa e ad alta

ATTI DAL CONVEGNO

quota la specie è monovoltina e sverna come adulto per lo più nella lettiera (LANGE *et al.*, 2006; JÖNSSON *et al.*, 2007). A quote inferiori e nell'Europa centro-meridionale, invece, la specie compie in media due generazioni all'anno (FACCOLI, STERGULC, 2006) e lo svernamento avviene nello spessore della corteccia, allo stadio di adulto o, più raramente, come larve o pupe (BAIER *et al.*, 2007). Solo raramente, a basse quote e in stagioni calde si assiste alla comparsa di una terza generazione; tuttavia, poiché lo sviluppo è regolato da una combinazione di temperatura e fotoperiodo (BAIER *et al.*, 2007), la riduzione delle ore di luce nella tarda estate può ostacolare il raggiungimento dello stato adulto, esponendo le forme preimmaginali a un elevato rischio di mortalità nel corso dell'inverno.

Gli individui svernanti iniziano lo sfarfallamento in primavera al superamento dei 16° C, ma il volo diventa consistente al di sopra della soglia termica di 18°C (ANNILA, 1969). Gli insetti iniziano la loro attività di volo alla ricerca di nuovi alberi da colonizzare (ÖHRN, 2012), richiamati dalle sostanze di natura terpenica rilasciate dalle piante indebolite, schiantate o anche in cataste, purché la corteccia sia integra e il floema ancora fresco. Attaccano preferibilmente piante di medie o grandi dimensioni, di età superiore ai 60 anni e diametro maggiore di 20-25 cm (HLÁSNY *et al.*, 2021), ma con alti livelli di popolazione vengono colpiti anche alberi più piccoli e giovani. Una volta individuato l'albero adatto, la colonizzazione procede grazie alla mediazione dei feromoni di aggregazione emessi dai pionieri. Dopo la penetrazione attraverso la corteccia e lo scavo della camera nuziale, avviene l'accoppiamento di un maschio con 1-3 femmine (FACCOLI, 1999). Queste scavano gallerie lunghe fino a 15-20 cm parallele all'asse del tronco, mantenute libere da residui, ai lati delle quali possono deporre fino a 100 uova. La durata dello scavo delle gallerie materne può durare anche tre settimane. Le larve sono fleofaghe e scavano a loro volta gallerie lunghe circa 5-6 cm, perpendicolari a quelle materne, di diametro crescente e ingom-

bre di rosura. Le larve mature costruiscono una cella pupale, in cui si trasformano in pupe e quindi in adulti (FACCOLI, 2015). Questi sono inizialmente caratterizzati da un colore più chiaro rispetto agli adulti maturi e necessitano di un periodo di nutrizione per raggiungere la maturità sessuale e la capacità di riprodursi (BINAZZI *et al.*, 2009).

Se la pressione di colonizzazione sulle stesse piante è molto elevata, dopo una deposizione parziale delle uova le femmine possono riemergere e spostarsi su un altro ospite per completarla, per evitare fenomeni di sovraffollamento e ridurre la competizione intraspecifica (HLÁSNY *et al.*, 2019). Tale comportamento porta a instaurare generazioni dette "sorelle", caratterizzate da picchi di sfarfallamento meno palesi e sfasati da quelli delle generazioni principali di circa 3-4 settimane.

2.2 Danni e dinamica di popolazione

Una colonizzazione di successo da parte di *I. typographus* è fatale per gli alberi attaccati, poiché centinaia di individui attaccano contemporaneamente lo stesso soggetto. La distruzione del floema operata dalle larve, interrompendo il flusso di linfa verso le radici, porta a morte la pianta nel giro di poche settimane, comunque nell'arco temporale corrispondente allo sviluppo della generazione che ha sferrato l'attacco. I funghi del legno inoculati dagli adulti, inoltre, ostacolano il trasporto dell'acqua nell'alburno, riducendo ulteriormente la resistenza della pianta (HLÁSNY *et al.*, 2019).

Piante sane e in buone condizioni vegetative ricorrono a diversi sistemi di difesa – chimici, anatomici e fisiologici – per resistere al tentativo di penetrazione e insediamento degli insetti (CELEDON, BOHLMANN, 2019). A bassi livelli di popolazione, l'attacco dei pionieri può essere respinto e la pianta mantenere il suo stato di salute. Tuttavia, lo scoltide può ricorrere a due strategie per evitare o abbattere queste difese: selezionare piante deperenti, stressa-

RICOSTRUIRE IL TERRITORIO E IL PAESAGGIO DOPO LA TEMPESTA VAIA

te o schiantate, che non riescono a mettere in atto tali meccanismi protettivi, oppure esaurire le difese anche di soggetti sani attraverso un attacco di massa (RAFFA *et al.*, 2008). In quest'ultimo caso il bostrico passa da un ruolo di parassita secondario a quello, molto più pericoloso e dannoso, di agente primario di danno, in grado di aumentare rapidamente le sue popolazioni e di provocare elevate morie anche in boschi relativamente sani (GÖTHLIN *et al.*, 2000; SCHRÖDER, LINDELÖW, 2002).

In condizioni endemiche l'azione di questo scolitide rappresenta un fattore di equilibrio nell'ecosistema forestale e, attraverso la selezione naturale a spese dei soggetti deboli e deperenti, uno stimolo all'evoluzione del soprassuolo e all'incremento della biodiversità. Il perdurare della fase endemica è determinato dalla resistenza delle piante, dalla struttura del popolamento, dal clima sfavorevole, dagli antagonisti naturali (RAFFA *et al.*, 2008). Tuttavia, stress diffusi o eventi climatici estremi possono indebolire le piante e/o aumentare il numero di coleotteri, innescando la fase epidemica. Tra i *driver* di questo passaggio, l'elevata disponibilità di piante adatte alla riproduzione, come sono quelle schiantate, è il fattore predominante, in grado di influire direttamente sulla capacità di *I. typographus* di transitare dalla fase endemica a quella epidemica (MARINI *et al.*, 2017; HLÁSNY *et al.*, 2021). Le epidemie di tipografo si alternano di solito a fasi endemiche più o meno stabili, anche se negli ultimi decenni la loro frequenza è sensibilmente aumentata (ČADA *et al.*, 2016; KUOSMANEN *et al.*, 2020). Le infestazioni epidemiche persistono diversi anni, in media 5-7, ma la comparsa di ulteriori disturbi naturali, o andamenti meteorologici avversi alle piante e favorevoli all'insetto, possono prolungare la durata del fenomeno anche oltre 10 anni (HLÁSNY *et al.*, 2021). Nei programmi di monitoraggio e nello studio delle dinamiche di popolazione il valore soglia, che indica il passaggio da fase endemica a epidemica, è comunemente indicato in 8.000 individui catturati per trappola per anno.

Oltre alle evidenti perdite economiche, imputabili principalmente al deprezzamento del legname bostricato e alle difficoltà organizzative e operative nel recupero del materiale in tempi utili, i danni causati dallo scolitide si ripercuotono anche sulle altre funzioni del bosco. Pesanti sono le conseguenze dal punto di vista idrogeologico: sui versanti ripidi si formano ampie aperture che aumentano il rischio di dissesto idrogeologico, con possibili fenomeni di erosione, frane e valanghe. Anche l'importante azione svolta dalla copertura forestale nella regimazione delle acque viene ad essere notevolmente ridotta. L'impatto sul paesaggio può essere devastante, con perdita di valore ricreativo soprattutto nelle aree a chiara vocazione turistica.

2.3 Strategie di controllo

Gli interventi di contenimento attuabili in un'ottica di difesa fitosanitaria possono essere di tipo preventivo, per evitare l'avvio delle pullulazioni, o di gestione di attacchi in corso, per ridurre l'entità delle popolazioni di *I. typographus*. I primi si basano essenzialmente sul rapido allontanamento degli schianti e sull'eliminazione di piante sofferenti per altre cause; in caso di impossibilità dell'esbosco, si possono considerare opzioni come la scortecciatura o il *bark-scratching* in loco (THORN *et al.*, 2016). A medio-lungo termine sono da considerare nella prevenzione anche gli interventi selvicolturali volti a ridurre la competizione tra piante per le risorse idriche ed edafiche (diradamenti) e a incrementare complessità e resistenza del popolamento.

Nella gestione di infestazioni già avviate, l'unica misura realmente efficace consiste nel rimuovere e allontanare gli alberi infestati, purché l'intervento avvenga prima dello sfarfallamento e della dispersione dei nuovi adulti. Questa condizione *sine qua non* rende la strategia di controllo perseguibile su focolai isolati, con quantitativi di materiale ancora limitato, in altri termini in situazioni endemiche o nelle

prime fasi delle epidemie. Quando le infestazioni si allargano su ampie superfici e i volumi di utilizzazione diventano ingenti, il rispetto della condizione suddetta diventa irrealizzabile su larga scala e risulta più conveniente procrastinare gli interventi, con una pianificazione degli stessi in base ad altri criteri di priorità. L'asportazione di piante da poco abbandonate dallo scolitide non solo diviene inutile ai fini del contenimento, ma è spesso dannosa all'ecosistema, in quanto vengono eliminati gli antagonisti naturali che tendono ad allontanarsi dalle piante anche 1-2 mesi dopo la fuoriuscita del loro ospite. Inoltre, le piante bostricate poste lungo margini di recente formazione, anche se già secche, svolgono un'azione protettiva nei confronti delle file retrostanti, evitando che nuove piante siano esposte a una forte radiazione solare e, quindi, a uno stress che le predispongono all'attacco dello xilofago. Per questo motivo, in molti casi, è utile rilasciare le piante morte al fine di evitare la creazione di nuovi margini fragili.

3. Il bostrico tipografo come minaccia

I. typographus è, quindi, un tipico parassita opportunistico, che nella sua condizione endemica attacca abeti indeboliti a causa di vari fattori biotici e/o abiotici o sradicati e stroncati per azione della neve o del vento. Il processo di selezione delle piante da colonizzare è legato al riconoscimento anche a grandi distanze di stimoli odorosi emessi dagli alberi sofferenti. La concentrazione della popolazione su tali piante è, invece, regolata dal sistema di comunicazione intraspecifica e basata sui feromoni di aggregazione (BIRGERSSON, BERGSTRÖM, 1989). Una volta esaurito il materiale facilmente attaccabile, la popolazione viene allontanata verso altri siti mediante il feromone di disaggregazione. La condizione endemica delle popolazioni può protrarsi per tempi anche molto lunghi, in assenza di perturbazioni o fattori predisponenti, a conferma dell'equilibrio raggiunto nel processo di co-evoluzione ospite-parassita.

La percezione del bostrico tipografo quale minaccia per la sopravvivenza dei boschi di abete rosso in buona parte d'Europa trova spiegazione nella sua capacità di approfittare di elevata disponibilità di substrato da colonizzare e nelle sue eccezionali *performance* riproduttive. In condizioni sfavorevoli al bosco le popolazioni possono accrescersi rapidamente e in modo esponenziale, determinando il passaggio allo stato epidemico; gli attacchi di massa si spostano da piante stressate o schiantate ad altre sane e vigorose, innescando infestazioni che possono perdurare anche per molti anni (KAUFZ *et al.*, 2014; SEIDL *et al.*, 2014). In assenza di particolari fattori limitanti, quale potrebbe essere un andamento meteorologico avverso, una popolazione aumenta di 15 volte da una generazione all'altra: per una popolazione bivoltina l'incremento teorico è del 225% nel corso di un'unica stagione vegetativa (HLÁSNÝ *et al.*, 2019).

Affinché questo scolitide da potenziale pericolo diventi rischio reale di devastazione è necessario che si verifichi almeno una delle condizioni predisponenti, in particolare siccità prolungate o schianti estesi causati da tempeste. In altri termini, effetti del cambiamento climatico. In condizioni di clima più caldo e secco lo sviluppo del bostrico è più rapido, la mortalità naturale è ridotta, il numero di generazioni per anno aumenta, così come lo stress a cui le piante ospiti sono sottoposte (FACCOLI, 2009). Ciò favorisce la crescita esponenziale delle popolazioni e l'estensione dell'attacco anche a piante sane. Quando la densità di popolazione è elevata, infatti, gli attacchi di massa nei confronti di piante poco o per nulla stressate risultano relativamente facili ed efficaci, anche grazie al rilascio di feromoni di aggregazione da parte dei pionieri (BIRGERSSON, BERGSTRÖM, 1989). Inoltre, le piante ospiti in sofferenza emettono sostanze volatili, i kairomoni, che giocano un ruolo fondamentale nell'attrarre gli insetti nelle prime fasi del processo di colonizzazione (NETHERER *et al.*, 2021). In definitiva, alberi stressati dalla siccità sono più attrattivi nei confronti del bostrico e meno resistenti al

suo attacco massivo (NETHERER *et al.*, 2022), a conferma del fatto che mutamenti dei principali parametri climatici possono alterare gli equilibri pianta-fitofago da lungo tempo stabiliti.

Per ridurre il rischio di infestazioni devastanti da *I. typographus*, oltre ad adottare strategie generali di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, si renderà necessario rivalutare la pianificazione territoriale e la selvicoltura in un'ottica probabilmente meno produttiva, ma maggiormente rivolta ad accrescere la resistenza delle piante e la resilienza delle foreste, entrambe necessarie per garantire la multifunzionalità del bosco e i servizi ecosistemici forniti.

4. Il bostrico tipografo come emergenza

In Europa i danni secondari da scolitidi successivi a tempeste di vento, che hanno causato ingenti schianti negli ultimi decenni, sono stati ben documentati; da quanto riportato da GRÉGOIRE *et al.* (2015) la quantità di massa bostricata, in rapporto a quella schiantata, variava dal 2% al 200% a seconda degli eventi. Inoltre, la mancata rimozione degli schianti nei primi due anni dopo la tempesta ha incrementato i danni da bostrico anche fino al 500% (SCHIRÖDER, LINDELÖW, 2002; GRÉGOIRE *et al.*, 2015). In generale, la prevenzione dei danni da bostrico dopo una tempesta richiede l'attuazione di una serie di misure che prevedono, in successione, la valutazione di estensione ed entità degli schianti, il recupero delle piante abbattute nella misura di almeno l'80% entro il primo anno a basse quote, entro due anni a quote alte, la pianificazione dei vari interventi in base a criteri di priorità (funzione del bosco, diffusione del danno, attrattività del materiale, composizione dei boschi superstiti). Parallelamente, se non già esistenti, devono essere predisposti una rete di monitoraggio delle popolazioni mediante trappole e un sistema di sorveglianza del territorio per l'individuazione precoce dei nuovi focolai attraverso il riconoscimento dei sintomi precoci di attacco (HLASNY *et*

al., 2021). Quest'ultimo accorgimento permette, nelle prime fasi dell'epidemia, di intervenire tempestivamente sui nuclei di infestazione e limitare la diffusione dello xilofago; peraltro, durante il primo anno a basse quote e nei primi due a quote medio-alte, lo sviluppo delle popolazioni avviene sul materiale a terra e vi sono pochi riscontri evidenti di attacchi alle piante in piedi. Man mano che la manifestazione visiva degli attacchi diventa più evidente e diffusa, il rilievo dei danni può essere supportato dallo sviluppo di sistemi di analisi di immagini satellitari mediante l'uso di indici vegetazionali.

In Trentino, così come nelle altre regioni del nordest Italia colpite da Vaia, nella primavera 2019 è stata instaurata una capillare rete di monitoraggio per valutare nel tempo la diffusione e la dinamica delle popolazioni. L'incremento di densità, infatti, è una misura del rischio di forti infestazioni e, di conseguenza, di ulteriori perdite di massa legnosa. La rete, che sarà mantenuta per tutta la durata dell'epidemia e anche successivamente, è basata sull'impiego di 220-230 trappole Theysohn, innescate con feromoni di aggregazione sintetici specifici, per la cattura degli insetti in volo alla ricerca di alberi da colonizzare. Le informazioni ottenute su diffusione, voltinismo e fenologia permettono di monitorare l'evoluzione delle infestazioni, anche con un certo livello di previsione, e, in determinate situazioni, attuare tempestivamente eventuali misure di controllo. L'uso delle trappole per la cattura massale, invece, oltre a essere molto oneroso, non fornisce nel caso di infestazioni intense e diffuse risultati di efficacia sufficienti, non riuscendo ad abbassare significativamente l'entità delle popolazioni.

I risultati del monitoraggio nei quattro anni dopo Vaia sono presentati in Tabella I.

Nel 2019 le catture sono aumentate di poco rispetto alla situazione degli anni immediatamente precedenti Vaia, con un valore medio (3.333 individui/trappola) distante dalla soglia epidemica di 8.000 individui/trappola/anno. I livelli di popolazioni si sono alzati soprattutto nei settori meridionali della provincia, senza evidenti correlazioni con la distribuzione e

ATTI DAL CONVEGNO

Tabella 1 – Dati medi delle catture di *I. typographus* in Trentino nei quattro anni di monitoraggio dopo la tempesta Vaia (dato non definitivo, al 20.09.2022).

anno	catture medie/trap	catture max/trap	numero trappole	% trappole >8000	danni piante in piedi
2019	3383	52679	221	10%	irrilevanti
2020	26753	195923	228	79%	in progressivo aumento, a spot, vicino schianti sparsi, a bassa quota, aree meridionali
2021	22315	138181	229	77%	ingenti, diffusi, a quote più alte, aree "Vaia"
2022	26048*	175715	227	87%	diffusi su ampie aree anche "non Vaia", soprattutto a quote medio-alte e nella fascia settentrionale della provincia

l'entità degli schianti. Nel 2020 si è reso più manifesto l'«effetto Vaia», con un incremento significativo delle popolazioni in tutto il settore nord-orientale della provincia,

Nel 2020, caratterizzato da una primavera molto calda e seccitosa e da una stagione vegetativa particolarmente lunga, il monitoraggio ha evidenziato una densità di popolazione elevata in tutta la provincia, con catture medie (26.753 individui/trappola) maggiori di circa 8 volte di quelle del 2019 e superiori alla soglia di allerta di 8.000 insetti/trappola, indicante la transizione da una fase endemica a una epidemica. La soglia critica è stata superata in quasi l'80% dei siti controllati. Il forte incremento registrato tra il 2019 e il 2020 non è stato confermato nel 2021, dall'andamento meteorologico piuttosto fresco e umido, essendosi le catture medie attestata a 22.315 individui/trappola (17% in meno rispetto al 2020). Le trappole oltre la soglia "epidemica" di cattura, indice di popolazioni in fase di rapida crescita, sono state il 77%, confermando l'alta densità di popolazione dei siti di monitoraggio.

La comparsa di danni sulle piante in piedi superstiti ha seguito, peraltro, un andamento diverso. Praticamente irrilevanti nel 2019, i nuovi focolai hanno iniziato a palesarsi nella primavera 2020, aumentando progressivamente nel corso dell'estate, soprattutto a bassa quota e nelle aree più meridionali. È stato nel 2021,

tuttavia, che la moria di piante si è rivelata in tutta la sua gravità ed estensione, partendo spesso dai margini delle aree schiantate, ma interessando gradualmente porzioni sempre più ampie di superficie boscata. I focolai si sono moltiplicati raggiungendo quote sempre più alte, fino a 2000 m s.l.m., con un forte aumento dei danni nei settori nord-orientali più colpiti da Vaia. Le catture medie (26.048/trappola, dato non definitivo) nel 2022, annata record per quanto riguarda temperature e scarsità di precipitazioni, sono in linea con quelle del 2020, ma superiori dei circa il 18% a quelle registrate nel 2021. La densità di popolazione sull'intero territorio si è rivelata, rispetto agli anni passati, molto più omogenea, con un aumento significativo delle catture anche in aree poco colpite da Vaia o dove nel 2021 si era registrato un inizio di flessione delle curve, probabilmente a causa della forte aridità del periodo primaverile-estivo. La manifestazione dei danni, che ormai si estendono quasi su interi versanti (figura 1), ha a grandi linee seguito la distribuzione delle catture sul territorio. Per quanto riguarda la quantificazione delle perdite causate da bostrico, pur trattandosi di dati in parte stimati, si ritiene che dal 2019 siano stati colpiti due milioni di alberi, di cui 700.000 solo nel 2022, con un'area colpita di circa 10.000 ettari (WOLYNSKI, *com. pers.*).

Questi risultati confermano lo stato di

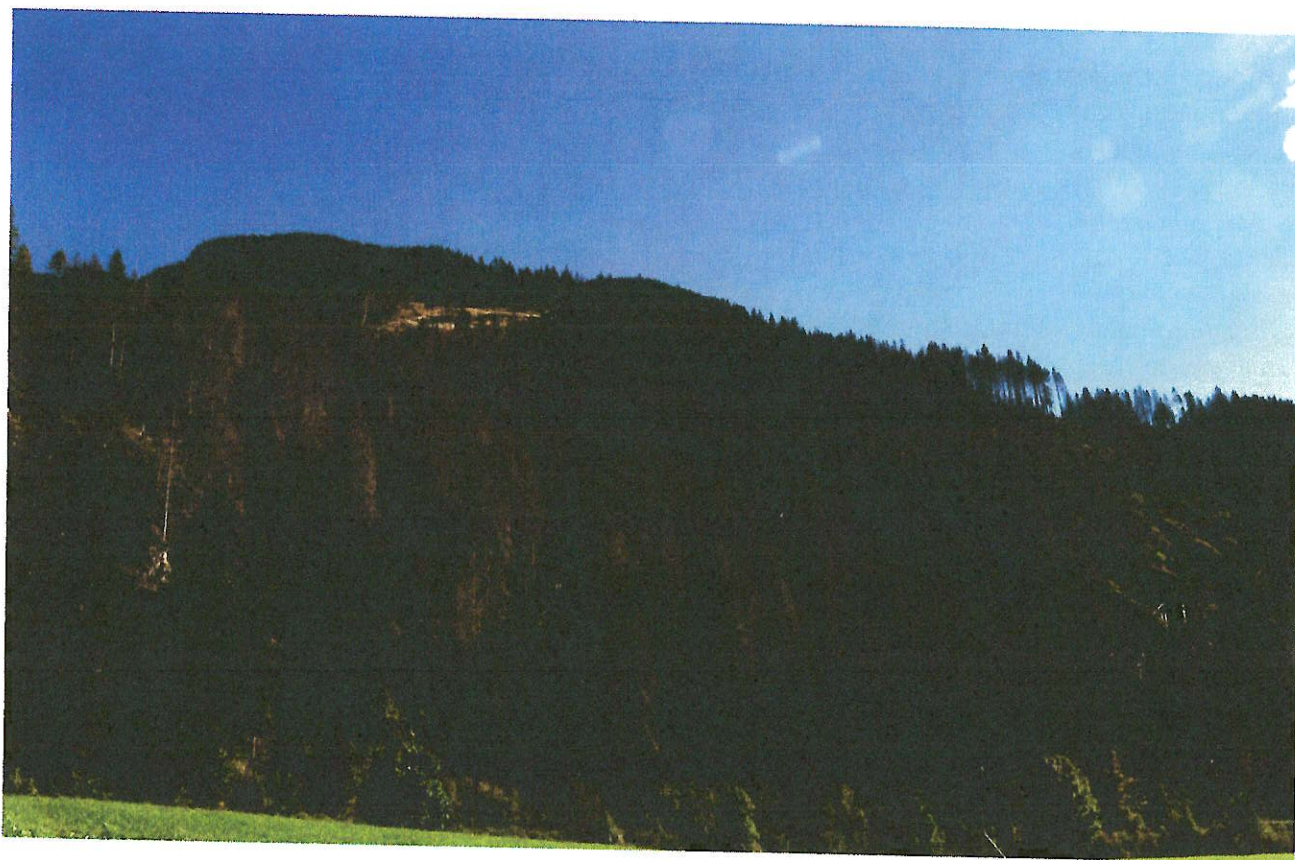


Figura 1 – Val di Fiemme (settembre 2022): versante quasi completamente attaccato da *Ips typographus*.

emergenza fitosanitaria relativo alle infestazioni da *I. typographus*. La stessa evoluzione è stata confermata anche nelle altre regioni interessate, pur con delle differenze più o meno marcate da un anno all'altro (FACCOLI *et al.*, 2022). L'eccezionalità meteorologica del 2022 ha invertito il trend laddove vi erano segni di miglioramento e ha aggravato la situazione nelle aree maggiormente compromesse. La durata dell'epidemia sarà con ogni probabilità aumentata a causa dello stress idrico subito dall'abete rosso, che avrà ripercussioni sulla fisiologia delle piante anche nei prossimi anni. In aggiunta, in entrambe le annate calde (2020 e 2022) le popolazioni hanno svolto due generazioni complete anche a quote alte e in diversi siti posti nella fascia collinare si è osservato il picco della terza generazione, confermando l'influenza delle temperature sul voltinismo della specie.

5. Il bostrico tipografo come opportunità

Allo stato endemico *I. typographus* svolge un importante ruolo ecologico all'interno degli ecosistemi forestali (MÜLLER *et al.*, 2008), in quanto selezionando gli alberi vecchi o deperenti attiva processi evolutivi all'interno dei soprassuoli. Il legno morto non asportato rappresenta un substrato di sviluppo per molti organismi degradatori e decompositori e offre riparo a molte specie, anche protette. L'apertura di buche nella copertura forestale permette la penetrazione della luce, favorisce la rinnovazione naturale, crea un mosaico di microambienti e nicchie ecologiche, indirizzando i popolamenti verso formazioni più complesse ed eterogenee (TUORN *et al.*, 2017). Le aree aperte fungono da ricoveri per diversi animali, tra cui molti uccelli (KAMP *et al.*, 2020), e in questi contesti è stato registrato un incremento della bio-

diversità (BEUDERT *et al.*, 2015), in particolare di alcuni gruppi artropodi, insetti saproxilici e predatori (WERMELINGER *et al.*, 2017). Crea habitat per molti altri organismi, tra i quali i suoi nemici naturali, e nelle sue gallerie abitano altri ospiti e commensali. Il bostrico stesso è fonte di cibo per uccelli e insetti predatori e per parassitoidi.

Il superamento delle soglie accettabili di danno rende le epidemie fenomeni difficili da accettare, anche a livello sociale, a causa del forte impatto economico, ecologico e paesaggistico. Tuttavia, la previsione del reiterarsi di epidemie di forte intensità pone nella necessità di individuare i risvolti positivi di questi eventi e di assecondare, o anche sfruttare, la spinta al cambiamento che essi imprimono. Residenti e turisti percepiscono tale cambiamento e richiedono chiarimenti e approfondimenti riguardo a ciò che si sta manifestando, mettendo in discussione molti assunti e certezze. Una comunicazione efficace potrà forse condurre a una maggior consapevolezza dei processi naturali e all'evoluzione del concetto di estetica forestale.

6. Conclusioni

Il verificarsi di eventi calamitosi, quali le forti tempeste di vento, aumenta i rischi per la salute della popolazione, residente e non, ma anche per la salvaguardia del patrimonio naturale e delle infrastrutture. Gli effetti provocati dal clima che muta richiedono risposte a diversi livelli: limitare i rischi naturali, gestire le situazioni di emergenza, adattarsi alle nuove condizioni ambientali, preparare al cambiamento climatico a lungo termine. Così come altri comparti (turismo, agricoltura) anche la selvicoltura dovrà sempre più fare i conti con stagioni torride e aride e con fenomeni improvvisi e devastanti quali tempeste e uragani.

Politici e tecnici del settore devono fin d'ora sviluppare strategie di adattamento delle foreste al cambiamento climatico, con valenza economica ed ecologica sufficientemente sicura. Sarebbe auspicabile che le scelte fos-

sero comunicate con chiarezza a tutti gli *stakeholder* e all'intera società, così da poter essere condivise o quantomeno accettate con la consapevolezza del processo in atto. Per facilitare questo servirà il contributo delle scienze forestali ed economiche, ma anche sociali. La percezione individuale e sociale dei rischi naturali e dei loro effetti secondari, quali le devastazioni operate dal bostrico tipografo, dovrà essere indagata e tenuta in giusta considerazione. Per le popolazioni alpine il bosco è identità collettiva, è paesaggio quotidiano, è elemento costante e duraturo che assicura stabilità. Per i turisti la foresta è contesto ricreativo, fonte di rigenerazione e di benessere psicofisico (silvoterapia, *forest bathing*). Una delle sfide future sarà riuscire a trasmettere a entrambe le categorie che il bosco rimane tale anche se sradicato dal vento o distrutto dal bostrico, se non viene destinato ad altro uso. In particolare se lasciato a evoluzione naturale, esso sarà teatro in cui la natura, attraverso un processo di successioni, ripristinerà la copertura forestale col risultato di un bosco più adeguato alle caratteristiche stazionali e alle mutate condizioni climatiche.

Pianificazione territoriale, selvicoltura e turismo possono e devono adattarsi ai cambiamenti climatici e ai relativi effetti secondari. In ultima analisi si tratterà di "preparare" le foreste di abete rosso attraverso interventi selvicolturali volti ad aumentare la loro resilienza alla siccità, ossia la capacità di reazione e recupero dopo eventi siccitosi gravi (BOTTERO *et al.*, 2016). In tali circostanze la densità degli alberi aumenta la competizione per la risorsa idrica nel terreno, mentre le loro dimensioni sono direttamente correlate alla difficoltà di trasporto dell'acqua fino alla parte alta della chioma. Entrambi questi fattori possono essere modificati dal governo del bosco: tra gli approcci selvicolturali per ridurre la vulnerabilità dei soprassuoli allo stress idrico, oltre all'incentivazione di specie maggiormente tolleranti la siccità, saranno da considerare adeguati diradamenti in fase di crescita ed eventuale riduzione dei turni, per evitare alberi troppo grandi e vecchi.

RICOSTRUIRE IL TERRITORIO E IL PAESAGGIO DOPO LA TEMPESTA VAIA

In questo complesso contesto l'*I. typographus* svolge la sua funzione ecologica, eliminando gradualmente boschi poco adatti e adattabili alle nuove condizioni climatiche. Come tale è un *driver* potente di cambiamento ed evoluzione, che non può essere eliminato quale pericolo di perdite economiche, né quale rischio di danni ecologici, idrogeologici in particolare, e paesaggistici. La sua azione va seguita attraverso programmi di monitoraggio delle popolazioni e di sorveglianza dei territori, la sua bioecologia indagata localmente, anche per definire modelli fenologici efficaci nel prevedere con un certo anticipo numero di generazioni e periodi di sfarfallamento. Durante infestazioni epidemiche di ampia diffusione, come quella in atto sull'arco alpino orientale, è conveniente e utile applicare misure contenitive dirette (taglio forzoso delle piante ancora colonizzate dall'insetto) solo laddove vi siano reali vantaggi per la difesa fitosanitaria, seguendo comunque un principio di priorità spazio-temporale degli interventi. La scelta e la pianificazione delle strategie di contenimento possono essere condizionate anche da richieste e aspettative sociali, oltre che dal mercato del legname.

Basandosi su valutazioni oggettive della necessità d'intervento e sulle prospettive di efficacia di eventuali azioni, la decisione ponderata di "non intervenire" risulta un'opzione per affrontare il problema con validità pari a quella di qualunque altra misura.

La sfida per il futuro sarà prevenire nuove gravi infestazioni, attraverso percorsi di adattamento nella pianificazione e nella selvicoltura, indirizzando i boschi di sostituzione verso formazioni più strutturate e stabili e, di conseguenza, meno suscettibili agli attacchi di scolitidi.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il personale del Servizio Foreste e dell'Agenzia delle Foreste Demaniali della Provincia Autonoma di Trento, il personale di

Custodia Forestale e il gruppo Foreste-Monitoraggi della Fondazione E. Mach (Centro Trasferimento Tecnologico) per la collaborazione nelle attività di monitoraggio, sperimentazione e difesa svolte negli ultimi anni.

BIBLIOGRAFIA

- ANNILA, E., 1969 – *Influence of Temperature upon the Development and Voltinism of Ips typographus L. (Coleoptera, Scolytidae)*. *Annales Zoologici Fennici*, 6 (2): 161–208.
- BAIER, P., PENNERSTORFER, J., SCHIOPF, A., 2007 – *PHENIPS – A comprehensive phenology model of Ips typographus (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation*. *Forest Ecology and Management*, 249: 171–186.
- BEUDERT, B., BÄSSLER, C., THORN, S., NOSS, R., SCHRÖDER, B., DIEFFENBACH-FRIES, H., FOULLOIS, N., MÜLLER, J., 2015 – *Bark beetles increase biodiversity while maintaining drinking water quality*. *Conservation Letters*, 8: 272–281.
- BOPTERO, A., D'AMATO A., PALIK, B., BRADFORD, J., FRAVER, S., BATTAGLIA, M., ASHERIN, L., (2016) – *Density-dependent vulnerability of forest ecosystems to drought*. *Journal of Applied Ecology* 2017, 54: 1605–1614.
- ČADA, V., MORRISSEY, R.C., MICHALOVÁ, Z., BAČE, R., JANDA, P., SVOBODA, M., 2016 – *Frequent severe natural disturbances and non-equilibrium landscape dynamics shaped the mountain spruce forest in central Europe*. *Forest Ecology and Management*, 363: 169–178.
- BINAZZI, A., ROVERSI, P.F., PENNACCHIO, F., FRANCARDI, V., DE SILVA, J., MARZIALI, L., MARIANELLI, L., 2009 – *Interventi biotecnici realizzati in Italia in ambienti forestali*. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia*, Anno LVII: 117–128.
- BIRGERSSON, G., BERGSTRÖM, G., 1989 – *Volatiles released from individual spruce bark beetle entrance holes. Quantitative variations during the first week of attack*. *J. Chem. Ecol.*, 15 (10): 2465–83.
- CELEDON, J.M., BOHLMANN, J., 2019 – *Oleoresin defenses in conifers: chemical diversity, terpene synthases and limitations of oleoresin defense under climate change*. *New Phytol.*, 224: 1444–63.
- CHRISTIANSEN, E., BAKKE, A., 1988 – *The Spruce Bark Beetle of Eurasia*. In *Dynamics of Forest Insect Populations: Patterns, Causes, Implications*, ed. Alan A. Berryman, 479–503. *Population Ecology*. Springer, Boston, MA.
- CHRISTIANSEN, E., WARING, R.H., BERRYMAN, A.A., 1987 – *Resistance of Conifers to Bark Beetle Attack: Searching for General Relationships*. *Forest Ecology and Management*, 22 (1): 39–106.

ATTI DAL CONVEGNO

- FACCOLI, M., 1999 – *Bioecologia di coleotteri scolitidi, Ips typographus e specie di recente interesse per la selvicoltura italiana*, Tesi di dottorato, Università degli studi di Bologna.
- FACCOLI, M., STERGULC, F., 2006 – *A practical method for predicting the short-time trend of bivoltine populations of Ips typographus (L.) (Col., Scolytidae)*. J. Appl. Entomol., 130 (1): 61-66.
- FACCOLI, M., 2015 – *Scolitidi d'Europa: tipi, caratteristiche e riconoscimento dei sistemi riproduttivi*. 5th ed. Verona, Italy: WBA HANDBOOKS Project.
- FACCOLI, M., FINOZZI, V., ANDRIOLO, A., BERNARDINELLI, I., SALVADORI, C., DEGANUTTI, L., BATTISTI, A., 2022 – *Il bostrico tipografo sulle Alpi orientali. Evoluzione, gestione e prospettive future dopo Vaia*. Sherwood, 257: 23-26.
- GÖTHLIN, E., SCHROEDER, L.M., LINDELÖW, A., 2000 – *Attacks by Ips typographus and Pityogenes chalcographus on windthrown spruces (Picea abies) during the two years following a storm felling*. Scandinavian Journal of Forest Research, 15: 542-549.
- GRÉGOIRE, J.-C., EVANS, H.F., 2007 – *Damage and control of BAWBILT organisms an overview*. In: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Springer, Dordrecht, 19-37.
- GRÉGOIRE, J.-C., RAFFA, K.F., LINDGREN, B.S., 2015 – *Economics and politics of bark beetles*. In: *Bark Beetles*. Elsevier, Amsterdam, 585-613.
- HLÁSNY, T., KROKENE, P., LIEBHOLD, A., MONTAGNÉ-HUCK, C., MÜLLER, J., QIN, H., RAFFA, K., SCHELJAAS, M.-J., SEIDL, R., SVOBODA, M., VIIRI, H., 2019 – *Living with bark beetles: impacts, outlook and management options*. From Science to Policy 8. European Forest Institute.
- HLÁSNY, T., KÖNIG, L., KROKENE, P., LINDNER, M., MONTAGNÉ-HUCK, C., MÜLLER, J., QIN, H., RAFFA, K.F., SCHELJAAS, M.-J., SVOBODA, M., VIIRI, H., SEIDL, R., 2021 – *Bark beetle outbreaks in Europe: state of knowledge and ways forward for management*. Current Forestry Reports, 7: 138-165.
- JÖNSSON, A.M., HARDING, S., BÄRRING, L., RAVN, H.P., 2007 – *Impact of Climate Change on the Population Dynamics of Ips typographus in Southern Sweden*. Agricultural and Forest Meteorology, 146 (1): 70-81.
- KAMP, J., TRAPPE, J., DÜBBERS, L., FUNKE, S., 2020 – *Impacts of windstorm-induced forest loss and variable reforestation on bird communities*. Forest Ecology and Management, 478: 118504.
- KAUTZ, M., SCHOPF, R., IMRON, M.A., 2014 – *Individual Traits as Drivers of Spatial Dispersal and Infestation Patterns in a Host-Bark Beetle System*. Ecological Modelling, 273 (Feb.): 264-76.
- KUOSMANEN, N., ČADA, V., HALLSALL, K., CHIVERRELL, R.C., SCHAFSTALL, N., KUNEŠ, P., BOYLE, J.F., KNÍZEK, M., APPLEBY, P.G., SVOBODA, M., CLEAR, J.L., 2020 – *Integration of dendrochronological and palaeoecological disturbance reconstructions in temperate mountain forests*. Forest Ecology and Management, 475: 118413.
- LANGE, H., ØKLAND, B., KROKENE, P., 2006 – *Thresholds in the Life Cycle of the Spruce Bark Beetle under Climate Change*. Norwegian Forest and Landscape Institute. https://bjornokland.com/Lange_etal2006_Thresholds_sbb_climate.pdf.
- MARINI, L., ØKLAND, B., JÖNSSON, A.M., BENTZ, B., CARROLL, A., FORSTER, B., GRÉGOIRE, J.-C., HURLING, R., NAGELEISEN, L.M., NETHERER, S., RAVN, H.P., WEED, A., SCHROEDER, M., 2017 – *Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests*. Ecology, 40: 1426-1435.
- MÜLLER, J., BUSSLER, H., GOSSNER, M., RETTELBACH, T., DUELLI, P., 2008 – *The European spruce bark beetle Ips typographus in a national park: from pest to keystone species*. Biodiversity and Conservation, 17: 2979-3001.
- NETHERER, S., KANDASAMY, D., JIROSOVÁ, A., KALINOVÁ, B., SCHEBECK, M., SCHLYTER, F., 2021 – *Interactions among Norway spruce, the bark beetle Ips typographus and its fungal symbionts in times of drought*. Journal of Pest Science, 94: 591-614.
- NETHERER, S., SCHEBECK, M., MORGANTE, G., RENTSCH, V., KIRISITS, T., 2022 – *European Spruce Bark Beetle, Ips typographus (L.) Males Are Attracted to Bark Cores of Drought-Stressed Norway Spruce Trees with Impaired Defenses in Petri Dish Choice Experiments*. Forests, 13, 537.
- OECD, 2007 – *Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264031692-en>.
- ÖHRN, P., 2012 – *The Spruce Bark Beetle Ips typographus in a Changing Climate – Effects of Weather Condition on the Biology of Ips typographus*. Europe. 18 (Jan.): 1-27.
- RAFFA, K.F., AUKEMA, B.H., BENTZ, B.J., CARROLL, A.L., HICKE, J.A., TURNER, M.G., ROMME, W.H., 2008 – *Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions*. BioScience, 58 (6): 501-17.
- SCHRÖDER, L.M., LINDELÖW, Å., 2002 – *Attacks on living spruce trees by the bark beetle Ips typographus (Col. Scolytidae) following a storm-felling: A comparison between stands with and without removal of wind-felled trees*. Agricultural and Forest Entomology, 4: 47-56.
- SEIDL, R., SCHELJAAS, M.-J., RAMMER, W., VERKERK, P.J., 2014 – *Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage*. Nature Climate Change, Nature Publishing Group, 4: 806.
- SEIDL, R., THOM, D., KAUTZ, M., MARTIN-BENITO, D., PELTONIEMI, M., VACCIANO, G., WILD, J., ASCOLI, D., PETR, M., HONKANIEMI, J., LEXER, M.J., TROISIEK, V., MAIROTA, P., SVOBODA, M., FABRIKA, M., NAGEL, T.A., REYER, C.P.O., 2017 – *Forest disturbances under climate change*. Nature Climate Change 2017, 7: 395-402.
- THORN, S., BÄSSLER, C., BUSSLER, H., LINDENMAYER, D.B., SCHMIDT, S., SEIBOLD, S., WENDE, B., MÜLLER, J., 2016 – *Bark-scratching of storm-felled trees preserves biodiversity at lower economic costs compared to debarking*. Forest Ecology and Management, 364: 10-16.

RICOSTRUIRE IL TERRITORIO E IL PAESAGGIO DOPO LA TEMPESTA VAIA

THORN, S., BÄSSLER, C., Svobodac, M., MÜLLER, J., 2017 – *Effects of natural disturbances and salvage logging on biodiversity – Lessons from the Bohemian Forest*. Forest Ecology and Management, 388: 113-119.

WERMELINGER, B., MORETTI, M., DUELLI, P., LACHAT, T., PEZZATTI, G.B., OBRIST, M.K., 2017 – *Impact of windthrow and salvage-logging on taxonomic and functional diversity of forest arthropods*. Forest Ecology and Management, 391: 9-18.

WERMELINGER, B., SEIFERT, M., 1999 – *Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population growth*. Ecological Entomology, 24 (1): 103-110.

WOLYNSKI, A., CORREALE SANTACROCE, F., UNTERTHINER, G., COMINO, R., 2022 – *Tavola Rotonda: Azioni di contenimento del bostrico*. Sherwood, 257: 29-31.

Cristina Salvadori

E-mail: cristina.salvadori@fmach.it

Cell. 351 8622777

Fondazione Edmund Mach

Centro Trasferimento Tecnologico

Via E. Mach 1 – 38010 San Michele all'Adige (TN)

PAROLE CHIAVE: bostrico tipografo, infestazione, monitoraggio, cambiamento climatico

RIASSUNTO

Il bostrico tipografo, *Ips typographus* L., è ritenuto il principale agente di danno biotico per le foreste di abete rosso delle Alpi, così come di quelle centro-europee. Eventi perturbativi estesi, come schianti da vento o da neve o siccità prolungate, favoriscono la proliferazione delle popolazioni di bostrico grazie all'elevata disponibilità di piante indebolite adatte a essere colonizzate. Nell'autunno 2018 la tempesta Vaia ha colpito duramente le regioni del nord-est d'Italia, distruggendo decine di migliaia di ettari di pecceta e causando ingenti danni economici, ecologici e sociali. Nei tre anni successivi le popolazioni di bostrico sono sensibilmente aumentate raggiungendo livelli mai registrati nelle aree colpite. I volumi di massa legnosa infestata negli stessi anni ammontano a circa il 20% del legname schiantato a causa del vento. Tuttavia, la stagione vegetativa 2022, particolarmente calda e secca, ha indebolito le piante superstiti e favorito lo sviluppo dell'insetto, causando un ulteriore ingente aumento dei danni. Negli scenari futuri dettati dal cambiamento climatico le infestazioni da bostrico sono previste come eventi sempre più frequenti e diffusi. Nel presente lavoro esse sono considerate non solo come fattore di rischio per la sopravvivenza delle peccete e come causa di stati emergenziali che richiedono misure e investimenti di risorse straordinari, ma anche quale opportunità per conseguire la ricostituzione di boschi più eterogenei, in termini di composizione e struttura, e quindi più resilienti.

KEY WORDS: spruce bark beetle, outbreak, monitoring, climate change

ABSTRACT

Ips typographus L., the spruce bark beetle, is one of the most harmful pests in the Italian Alps, as in much of central Europe. Severe forest disturbances, including extensive snow- and windthrows and prolonged droughts, are drivers for population growth because of the high availability of suitable material for breeding. In October 2018, the windstorm "Vaia" destroyed tens of thousands of hectares of spruce forest in NE-Italy, with a high economic, ecological, and social impact. In the first three years after the storm, spruce bark beetle population density has reached the highest levels ever registered. The estimated volume of incidental felling caused by bark beetles in this period is about 20% of the total stormwood, but the hot and dry growing season of 2022 could determine a huge increase in timber losses. Bark beetle epidemic outbreaks will occur more frequently in the future because of climate change. In this paper, the role of spruce bark beetle epidemics following extreme climatic events is explored not only as a threat for the survival of spruce forests and as states of emergency requiring extraordinary measures, but also as chance of improving forest diversity and resilience.