



Progetto di ricerca e sperimentazione finalizzato allo sviluppo di una strategia di gestione integrata del bostrico tipografo *Ips typographus* nella Regione del Veneto

Proponenti

Regione Veneto – Unità Organizzativa Fitosanitario

Università di Padova - Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente

Agenzia regionale per l'Innovazione nel Settore Primario "Veneto Agricoltura"

Durata del progetto

36 mesi

1. Premesse

Successivamente agli eccezionali eventi meteo del 28, 29 e 30 ottobre 2018 che hanno provocato estesi e intensi schianti da vento al patrimonio forestale della Regione del Veneto, la questione fitosanitaria, in una prospettiva di medio termine, è diventata elemento di grande e cruciale importanza con particolare riferimento all'azione di contenimento e controllo di gravi attacchi parassitari attualmente in corso da parte di coleotteri scolitidi a carico dell'abete rosso, stante il pressoché totale interessamento di popolamenti a prevalente composizione monospecifica di questa specie.

Quanto in atto e potenzialmente in divenire è suffragato dalle esperienze pluriennali in ambito europeo che hanno accertato la comparsa di estese infestazioni di coleotteri scolitidi a carico di conifere schiantate a seguito di eventi meteorici eccezionali del recente passato quali "Gudrun" in Scandinavia (2008); "Vivian" e "Lothar" in Germania, Francia e Svizzera (2010).

Il rischio di pullulazioni di scolitidi per le Alpi meridionali è infatti elevato. In particolare si stanno verificando pullulazioni di bostrico tipografo, *Ips typographus*, sia inizialmente a carico dei tronchi di abete rosso a terra ancora vitali sia sulle piante rimaste in piedi presenti nei pressi delle aree di schianto. Tale valutazione si basa anche sul fatto che le popolazioni di scolitidi nelle Alpi meridionali compiono più generazioni all'anno a differenza delle popolazioni dell'Europa centrale e settentrionale. Recenti indagini portano a evidenziare una forte aggressività delle popolazioni di *Ips typographus* in Alto Adige (2016), Trentino (2017) e Friuli VG (2018).

2. Biologia ed ecologia del bostrico tipografo *Ips typographus*

Il bostrico tipografo, o bostrico dell'abete rosso (*Ips typographus* L.) è un insetto dell'ordine dei coleotteri, famiglia dei curculionidi. L'adulto ha un corpo breve (da 4,2 a 5,5 mm), di forma cilindrica, di colorazione bruno-nerastra con sfumature giallastre per la presenza di peluria concentrata sul corpo. Gli adulti sono in grado di spostarsi in volo nella ricerca delle piante ospiti adatte alla riproduzione. Determinante a tal fine è l'apporto dato dal vento che può diffondere anche a grandi distanze il bostrico, trasportato passivamente.

Le larve sono biancastre con capo arancione, prive di zampe, lunghe circa 5 mm prima dell'impupamento; le pupe sono di colore bianco ceruleo, di lunghezza prossima ai 4 mm.

In genere il ciclo riproduttivo inizia in primavera avanzata (T media 18°C) in relazione all'andamento climatico locale. I maschi realizzano una "camera nuziale" sotto la corteccia degli alberi ospiti, nella quale



mediante la emissione di feromoni attraggono più di una femmina; queste ultime a loro volta scavano gallerie floematiche longitudinali che dipartono dalla camera nuziale e in ciascuna delle quali vengono deposte una cinquantina di uova. La fase di deposizione delle uova può richiedere anche tre settimane di tempo. Le larve si nutrono del floema, scavando ulteriori gallerie (sempre sotto la corteccia) che si diramano ortogonalmente da quella materna di partenza, dando origine ai caratteristici sistemi che conferiscono al bostrico l'appellativo di tipografo.

Giunta a maturazione la larva si impupa al termine della galleria larvale. I giovani adulti, una volta sfarfallati, continuano a nutrirsi del floema per un certo tempo al fine di raggiungere la maturazione sessuale, fuoriuscendo dalla corteccia attraverso dei fori di sfarfallamento di circa 2 mm. Nell'Europa centro-settentrionale si registra usualmente una generazione all'anno, mentre alle nostre latitudini e a quote inferiori a 1400 m sono frequenti almeno due generazioni all'anno. Se la seconda generazione non riesce a maturare prima dell'arrivo dell'inverno, può terminare il processo la primavera seguente; anche gli adulti svernano sotto la loro corteccia.

Il bostrico predilige l'abete rosso per i cui popolamenti costituisce uno dei principali pericoli. Gli aghi delle piante colpite, iniziando dai cimari, si seccano progressivamente diventando giallognoli e quindi rossiccio-marroncini, per poi cadere nel giro di alcune settimane, conferendo alle porzioni di bosco attaccate dal parassita una connotazione facilmente distinguibile a colpo d'occhio. La presenza del bostrico tipografo può inoltre essere rivelata da rosura rossastra depositata negli interstizi corticali ovvero dalla presenza dei fori di sfarfallamento sulla pianta ospite.

Normalmente, il bostrico tipografo attacca e si riproduce in alberi indeboliti o già morti, tipicamente in alberi schiantati, ceppi o tronchi tagliati ma con corteccia ancora fresca. Nel corso di importanti infestazioni possono essere colpiti anche gli alberi sani e nei casi più gravi, o in concomitanza con altri tipi di disturbi subiti dai boschi, quali schianti da vento o da neve, siccità prolungate, l'insetto può portare a morte intere foreste.

Dal punto di vista commerciale, la perdita di valore del legname colpito, ancorché interessato dall'azione del bostrico limitatamente alla parte corticale, è dovuta dalla colorazione bluastra che il legno assume in corrispondenza dell'alburno a causa della presenza di funghi simbiotici dell'insetto (del genere *Ophiostoma*) che, diffusi all'interno delle gallerie, penetrano nel legno causandone la caratteristica colorazione e il conseguente deprezzamento. Questi funghi hanno un'azione fitopatogena e concorrono a portare a morte l'albero facilitando la colonizzazione dell'insetto.

La misura più efficace per combattere le infestazioni del bostrico tipografo è la rimozione o scortecciatura degli alberi colpiti e di tutto il potenziale materiale riproduttivo (alberi deboli, schianti) prima che la nuova generazione di adulti sfarfalli.

Il bostrico dell'abete rosso è spesso accompagnato da specie satellite come *Pityogenes chalcographus* che presenta una biologia simile e può causare danni significativi mentre lo scolitide lignicolo *Trypodendron lineatum* causa danni tecnologici al legname.

A seguito di schianti da vento di notevole estensione avvenuti in Europa, la mancata rimozione del materiale a terra ha causato un attacco di alberi sani nelle zone circostanti per un fattore che varia da 0,4 a 5,3 volte il numero degli alberi abbattuti dal vento (Schroeder e Lindelow, 2002). Le cause dell'ampiezza dell'intervallo sono da cercarsi nelle condizioni fisiologiche delle piante in piedi e nel potenziale aggressivo delle popolazioni di scolitidi. Lo sviluppo dell'attacco degli alberi in piedi che si sta verificando è risultato



inevitabile, come atteso dalle indagini in corso già dall'anno seguente (2019) alla tempesta Vaia condotte tramite un monitoraggio con trappole a feromoni, rivelatosi crescente nei numeri anno dopo anno, ma sulla dimensione ed evoluzione dello stesso è presente un forte livello di incertezza. È da sottolineare che le infestazioni di bostrico su piante in piedi si avviano sempre con almeno un anno di ritardo rispetto all'evento calamitoso (nel caso in oggetto il fenomeno è comparso tra il 2020 e il 2021 in relazione al fatto che il materiale a terra ha rappresentato un substrato di sviluppo idoneo per almeno due anni in quanto molte piante non asportate presentavano radici ancora attive e floema adatto alla colonizzazione) e perdurano per almeno 5-6 anni.

Obiettivi

I dati raccolti nel corso delle attività di monitoraggio hanno evidenziato la necessità di approfondire le conoscenze di alcuni fattori/aspetti della biologia del bostrico dell'abete rosso (*Ips typographus*), della sua interazione con la pianta e con alcuni fattori limitanti sia biotici che abiotici.

In particolare si ravvisa l'opportunità di mettere a disposizione le informazioni georeferenziate sulle dinamiche di espansione del Bostrico e l'elaborazione di scenari di rischio, unitamente a indicazioni su come intervenire; queste informazioni forniranno utili strumenti a professionisti, gestori e operatori forestali ponendoli in condizioni di intervenire al meglio per contrastare il fenomeno.

Quanto sopra è perseguibile tramite i seguenti obiettivi.

1. Approfondire le conoscenze sull'associazione delle popolazioni di bostrico tipografo con i microrganismi simbiotici, e analizzare l'influenza che quest'ultimi hanno sulla biologia del coleottero. Questi microrganismi (batteri, funghi, nematodi) possono influenzare in modo significativo l'aggressività degli insetti, in quanto aiutano a superare le difese degli alberi o sono coinvolti nella produzione di feromoni per infestazioni di massa. L'obiettivo specifico è l'analisi dettagliata delle comunità microbiche del coleottero in diversi stadi di sviluppo, in diverse generazioni e in diverse fasi fenologiche (ovvero durante l'estate e l'inverno). I risultati potranno fornire spunti per la gestione dei fattori di limitazione naturale delle popolazioni, in particolare l'individuazione dei microrganismi in grado di contenere la crescita demografica del bostrico.

2. Analisi dettagliata del comportamento stagionale del bostrico tipografo e della sua fenologia a diverse quote ed esposizioni in aree rappresentative delle foreste di abete rosso del Veneto da individuarsi lungo gradienti di altitudine e di latitudine. La diapausa del bostrico influenza non solo la capacità di sopravvivere alle basse temperature, ma anche lo sviluppo delle popolazioni, come la stagionalità e il numero di potenziali generazioni annuali. Attraverso test dettagliati in laboratorio e in campo, si acquisirà una conoscenza approfondita dello sviluppo, della sopravvivenza e delle dinamiche della popolazione del bostrico tipografo. Questa parte del progetto ha lo scopo di fornire importanti informazioni sul ciclo di vita di questo coleottero lungo gradienti climatici e produrre dati per previsioni mirate sulle dinamiche di diffusione future dovute ai cambiamenti climatici. Questa parte del progetto utilizzerà modelli messi a punto presso l'Università BOKU di Vienna per il versante settentrionale delle Alpi, con gli opportuni adattamenti per il versante meridionale.

3. Analisi della dinamica spaziale delle infestazioni di bostrico tipografo partendo dall'individuazione e valutazione delle aree danneggiate nelle foreste di abete rosso disponibile presso il Geoportale della



Regione del Veneto, utilizzando tecniche di rilievi a terra e immagini da satellite. L'analisi dei dati verrà eseguita mediante un approccio di paesaggio, tenendo in considerazione le variabili che possono influenzare la distribuzione spaziale degli attacchi, la loro entità e il decorso epidemiologico. La disponibilità di una estesa mole di dati relativa al monitoraggio con le trappole a feromoni, i rilievi dei nuclei di attacco e le immagini satellitari potrà consentire l'individuazione dei fattori chiave che spiegano le infestazioni, in primo luogo il ruolo del materiale legnoso abbattuto dalla tempesta Vaia. Le conoscenze acquisite verranno utilizzate inoltre per individuare le aree dove intervenire con gli strumenti di bonifica a disposizione. I metodi potranno essere integrati in via sperimentale con l'utilizzo di droni che si stanno rilevando promettenti per l'individuazione degli alberi nelle primissime fasi della colonizzazione da parte del bostrico.

3. Durata prevista per il progetto:

Dal 01.01.2022 al 31.12.2024 (3 anni)

4. Azioni

AZIONE 1	
<i>Titolo dell'azione</i>	Indagine del microbioma associato al bostrico tipografo e individuazione al suo interno dei fattori di regolazione biologica delle popolazioni
<i>Stima dei costi dell'azione</i>	Totale 2022: € 30.000,00 Totale 2023: € 30.000,00 Totale 2024: € 30.000,00
<i>Soggetti attuatori</i>	Università di Padova (Dafnae)
<i>Coordinamento</i>	U.O. Fitosanitario



<p><i>Descrizione dell'attività</i></p>	<p>In ciascuna delle principali aree colpite da Vaia e dal bostrico, si procederà con l'individuazione dei gradienti ecologici e climatici lungo i quali prelevare i campioni da sottoporre all'analisi del microbioma (batteri, funghi, nematodi) associato al bostrico. Si effettuerà un prelievo da aprile a settembre di larve e adulti di bostrico per ciascuna generazione.</p> <p>Ciascun campione di 15-10 individui verrà utilizzato per lo studio del microbioma utilizzando la tecnica del metabarcoding basato su 16S, seguito da analisi bioinformatica per l'identificazione dei microrganismi associati, secondo lo schema messo a punto in collaborazione con la Libera Università di Bolzano e l'Università BOKU di Vienna.</p> <p>Parallelamente all'analisi del microbioma, verranno individuati e isolati in laboratorio i principali antagonisti naturali microbici (batteri, funghi, nematodi) per procedere alla loro caratterizzazione morfologica e funzionale.</p> <p>La conoscenza degli antagonisti consentirà di verificare la loro presenza lungo i gradienti ecologici sopra ricordati e di porla in relazione a tipi di gestione forestale. Si prevede infatti il campionamento in zone soggette a interventi intensivi di rimozione delle piante attaccate rispetto a zone dove, per vari motivi, il materiale legnoso colpito non è stato asportato.</p>
<p><i>Output</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Approfondimento delle conoscenze sull'associazione delle popolazioni di bostrico tipografo con i microrganismi simbiotici • Analisi dell'influenza che quest'ultimi hanno sulla biologia del coleottero, in particolare sulla sua aggressività (potenziale riproduttivo e fitness), in quanto aiutano a superare le difese degli alberi o sono coinvolti nella produzione di feromoni per infestazioni di massa • Analisi dettagliata delle comunità microbiche del coleottero in diversi stadi di sviluppo, in diverse generazioni e in diverse fasi fenologiche (ovvero durante l'estate e l'inverno) • Individuazione di microrganismi di rilevante importanza come fattori di controllo e potenzialmente utilizzabili nella lotta biologica.



	<ul style="list-style-type: none"> • Indicazioni circa la gestione forestale che ottimizzi l'azione di regolazione naturale delle popolazioni da parte degli antagonisti di vari livelli trofici.
--	--

AZIONE 2	
<i>Titolo dell'azione</i>	Analisi dello sviluppo fenologico di <i>Ips typographus</i>
<i>Stima dei costi dell'azione</i>	Totale 2022: € 45.000,00 Totale 2023: € 45.000,00 Totale 2024: € 45.000,00
<i>Soggetti attuatori</i>	Università di Padova - Dafnae, Agenzia regionale per l'Innovazione nel Settore Primario "Veneto Agricoltura"
<i>Coordinamento</i>	U.O. Fitosanitario
<i>Descrizione dell'attività</i>	<p>La verifica della colonizzazione del materiale a terra e in piedi verrà eseguita in ciascuna delle principali aree colpite (30) entro la fine di luglio per l'individuazione delle piante colpite dalla prima generazione e durante l'autunno per l'individuazione delle piante colpite dalle generazioni successive.</p> <p>In ogni area verranno esaminati 30 alberi scelti a caso, per ciascuno dei quali verrà rimossa la corteccia in un rettangolo di cm 30x50 e verranno contati i sistemi di sviluppo di <i>Ips typographus</i> e di altre specie presenti.</p> <p>Tale valutazione, assieme ai dati ottenuti dalle trappole a feromoni, fornirà una stima della densità di popolazione attese per la primavera, dalle quali dipenderà la sorte delle piante in piedi nelle stagioni successive e la scelta dei relativi interventi di contenimento.</p> <p>Questa parte del progetto utilizzerà modelli messi a punto presso l'Università BOKU di Vienna per il versante settentrionale delle Alpi, con gli opportuni adattamenti per il versante meridionale.</p>
<i>Output</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi dettagliata del comportamento invernale del bostrico tipografo e della sua fenologia a diverse quote ed esposizioni, lungo gradienti di altitudine e di latitudine



	<ul style="list-style-type: none"> • Acquisizione di una conoscenza approfondita dello sviluppo, della sopravvivenza e delle dinamiche della popolazione del bostrico tipografo • Acquisizione di importanti informazioni sul ciclo di vita di questo coleottero lungo gradienti climatici e produrre dati per previsioni mirate sulle dinamiche di diffusione future dovute ai cambiamenti climatici
--	---

AZIONE 3	
<i>Titolo dell'azione</i>	Dinamiche degli attacchi in foresta
<i>Stima dei costi dell'azione</i>	Totale 2022: € 45.000,00 Totale 2023: € 45.000,00 Totale 2024: € 51.275,00
<i>Soggetti attuatori</i>	U.O. Selvicoltura e Foreste, Università di Padova - Dafnae, Agenzia regionale per l'Innovazione nel Settore Primario "Veneto Agricoltura"
<i>Coordinamento</i>	U.O. Fitosanitario
<i>Descrizione dell'attività</i>	<p>L'analisi dei fattori determinanti per lo sviluppo degli attacchi prenderà in considerazione, oltre alla dinamica generale delle popolazioni, le condizioni locali che possono giocare un ruolo decisivo. In particolare verranno analizzate le peccete secondarie (ad es., piantagioni e riforestazioni) fuori zona (clima troppo caldo) che saranno, con buona probabilità, quelle più colpite a parità di condizioni climatiche.</p> <p>In quest'ottica sarà utile individuare le macro-zone geografiche in cui l'abete rosso è maggiormente esposto a stress idrici sulla base di informazioni e delle elaborazioni della Regione Veneto – UO Foreste e Selvicoltura e di altri dati disponibili in ambiente GIS .</p> <p>L'analisi terrà conto della prossimità di zone colpite (0-3 km) e di ogni altro fattore ecologico rilevabile entro tali intervalli spaziali.</p> <p>Il modello di distribuzione degli attacchi, ricavato dalla interazione dei dati georiferiti delle aree colpite rilevate dal Satellite Sentinel 2 e dei dati</p>



	<p>delle trappole, verrà utilizzato per l'individuazione delle aree dove concentrare gli interventi di bonifica, sperimentalmente implementato con sistemi di identificazione degli alberi colpiti basati su diversi spettri di emissione della luce rilevati attraverso l'impiego di droni. Sarà così possibile un confronto di aree differenziate al fine di ottimizzare la collocazione di piante esca – a livello sperimentale - a differenti densità per unità di superficie, nel contenimento della popolazione di bostrico. I dati ricavati verranno pubblicati e resi disponibili.</p> <p>I costi saranno costituiti dall'analisi dei fattori ecologici e sistemi di gestione integrata tra cui:</p> <ul style="list-style-type: none">- sviluppo del modello statistico- verifiche in campo- utilizzo di droni
<i>Output</i>	<ul style="list-style-type: none">• Analisi e sistematizzazione della dinamica spaziale delle infestazioni di bostrico tipografo partendo dall'individuazione e valutazione delle aree danneggiate nelle foreste di abete rosso (Geoportale della Regione del Veneto), utilizzando tecniche di rilievi a terra e immagini da satellite• Analisi dei dati eseguita mediante un approccio di paesaggio, tenendo in considerazione le variabili che possono influenzare la distribuzione spaziale degli attacchi, la loro entità e il decorso epidemiologico• Individuazione aree dove intervenire con gli strumenti di bonifica a disposizione con integrazione ed utilizzo in via sperimentale di droni che si stanno rilevando promettenti per l'individuazione degli alberi nelle primissime fasi della colonizzazione da parte del bostrico• Pubblicazione strutturata coordinata e aggiornata delle rilevazioni nel Geoportale.• Verifica di efficacia a diversa densità/superficie di piante esca nel contenimento della popolazione di bostrico, in relazione al rischio previsto.



5. Risultati attesi

I tre punti focali del progetto forniranno importanti conoscenze per comprendere meglio la biologia, l'ecologia e il potenziale dannoso del bostrico tipografo nella Regione del Veneto, al fine di mettere a punto una più efficace strategia di gestione integrata. Il progetto mira, partendo dalla messa a punto di una solida base conoscitiva, a rendere disponibile un quadro predittivo per l'elaborazione di misure di protezione forestale efficaci per contrastare questo importante parassita delle foreste.

Costi per Azione

Soggetto attuatore	Azione 1.	Azione 2.	Azione 3.	Costi
Università degli Studi di Padova	Analisi molecolare e bioinformatica: - raccolta dei campioni - analisi di laboratorio - analisi delle sequenze	Rilievi in campo e modellistica: - monitoraggio - raccolta dei campioni - analisi di laboratorio - analisi statistica - cartografia	Analisi dei fattori ecologici e sistemi di gestione integrata: - sviluppo del modello statistico - verifiche in campo - utilizzo di droni	€ 240.000,00
Agenzia regionale per l'Innovazione nel Settore Primario "Veneto Agricoltura"		Personale per rilievi e acquisto trappole feromoni	Personale per rilievi. Divulgazione	€ 126.275,00
	€ 90.000,00	€ 135.000,00	€ 141,275,00	€ 366.275,00

Costi per istituzione

Istituzione	Università	Veneto Agricoltura
Personale	€ 136.000,00	€ 105.000,00
Materiale di consumo	€ 20.000,00	€ 15.000,00
Missioni	€ 20.000,00	
Servizi esterni	€ 40.000,00	Divulgazione € 6.275,00
Spese generali	€ 24.000,00	
Totale	€ 240.000,00	€ 126.275,00



Bibliografia

Annala E., 1969. Influence of the temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). *Ann Zool Fenn* 6: 161–207.

Arpav Centro Meteorologico di Teolo, 2018 - Maltempo in Veneto: pioggia e vento eccezionali. <https://www.arpa.veneto.it/arpav/temi-ambientali/meteo/riferimenti/documenti/documenti-meteo/Maltempo%20in%20Veneto%20x%20sito%20arpav.pdf>

Battisti A 2020. Il danno di domani: l'attacco degli insetti. *Atti Accademia Galileiana Padova* 2019: 83-92.

Battisti A et al. 2020. Vaia e il rischio bostrico. La situazione sulle Alpi centro orientali nel primo anno dai crolli. *Sherwood* 245: 17-21.

Bernardinelli I., 2018. Bausinve 2017 – Inventario Fitopatologico Forestale Regionale. Stato fitosanitario delle foreste del Friuli Venezia Giulia.

Chirici G. et al. 2019 - Stima dei danni della tempesta "Vaia" alle foreste in Italia. *Forest@* 16: 3-9.

Faccoli M. and Bernardinelli I., 2014: Composition and elevation of spruce forests affect susceptibility to bark beetle attacks: implications for forest management. *Forests*, 5: 88-102.

Faccoli M. e Bernardinelli I., 2011. Breeding performance of the second generation in some bivoltine populations of *Ips typographus* (Coleoptera Curculionidae) in the south-eastern Alps. *J. Pest Sci.*, 84: 15–23.

Faccoli M., 2009 - Effect of weather on *Ips typographus* (Coleoptera Curculionidae) phenology, voltinism, and associated spruce mortality in the Southeastern Alps. *Environmental Entomology* 38: 307-316.

Faccoli M., Stergulc F., 2004 - *Ips typographus* (L.) pheromone trapping in south Alps: spring catches determine damage thresholds. *Journal of Applied Entomology* 128: 307-311.

Faccoli M., Stergulc F., 2006 - A practical method for predicting the short-time trend of bivoltine populations of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology* 130: 61-66.

Gardiner B., Schuck A., Schelhaas M. J., Orazio C., Blennow K., Nicoli B., 2013 - Living with storm damage to forests: what science can tell us. European Forest Institute, EFI, Joensuu, Finland, 133 pp.

Grégoire J.-C., Raffa K.F., Lindgren B.F. (2015) Economics and politics of bark beetles. In Vega F.E., Hofstetter R.W. (eds) *Bark Beetles – Biology and ecology of invasive and native species*. Academic Press, Amsterdam, chapter 15: 585-613.

Harding S. e Ravn H. (1985) Seasonal activity of *Ips typographus* in Denmark. *Z. Ang. Entomol.*, 99: 123–131.

Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.-C., Evans H.F., 2004 - Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis. Kluwer, Dordrecht.

Lindelöw Å, Schroeder M., 2008. The Storm "Gudrun" and the Spruce Bark Beetle in Sweden. *Forstschutz Aktuell*, 44: 1-7.

Marini L. et al. 2017. Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. *Ecography* 40: 1426–1435.



Marini L., Ayres M.P., Battisti A., Faccoli M., 2012 - Climate affects severity and altitudinal distribution of outbreaks in an eruptive bark beetle. *Climatic Change* 115: 327-341.

Marini L., Lindelöw Å., Jönsson A.M., Wulff S., Schroeder M.L. (2013) Population dynamics of the spruce bark beetle: A long-term study. *Oikos* 122, 1768-1776.

Motta R., Ascoli D., Corona P., Marchetti M., Vacchiano G., 2018 - Selvicoltura e schianti da vento. Il caso della "tempesta Vaia". *Forest@* 15: 94-98.

Potterf M., Nikolov C., Kocicka E., Ferencik J., Mezei P., Jakus R. (2019) Landscape-level spread of beetle infestations from windthrown- and beetle-killed trees in the non-intervention zone of the Tatra National Park, Slovakia (Central Europe). *Forest Ecology and Management* 432: 489-500.

Provincia Autonoma di Bolzano 2016: Tutela boschiva - Stato di salute dei boschi della provincia di Bolzano - Alto Adige, 2016 (<http://www.provincia.bz.it/agricoltura-foreste/bosco-legno-malghe/difesa-boschiva/tutela-boschiva-2016.asp9>)

Provincia Autonoma di Trento, 2017: Servizio Foreste e Fauna - Relazione sull'attività svolta nel 2016. Trento, giugno 2017, 121 pp.

Scherstjanoi M., Gimmi U., Wolf A., Bugmann H. (2010). Windwurf und Borkenkäferepidemien im Alptal nach Vivian und Lothar. *Schweiz Z Forstwes*, 161: 36-44.

Schiebe C., Blaženec M., Jakuš R, Unelius CR, Schlyter F. (2011). Semiochemical diversity diverts bark beetle attacks from Norway spruce edges. *Journal of Applied Entomology*, 135, 726-737.

Schlyter, F. (2012). Semiochemical diversity in practice: Anti-attractant semiochemicals reduce bark beetle attacks on standing trees—a first meta-analysis. *Psyche: A Journal of Entomology*, doi:10.1155/2012/268621.

Schroeder, M.L., 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. *Agric. For. Entomol.* 4, 47-56.

Seybold, S. J., Bentz, B. J., Fettig, C. J., Lundquist, J. E., Progar, R. A., & Gillette, N. E. (2018). Management of western North American bark beetles with semiochemicals. *Annual review of entomology*, 63, 407-432.

Stadelmann G., 2013: Spatio-temporal infestation dynamics of the European spruce bark beetle in Switzerland: quantifying environmental drivers and effects of forest management. Ph.D. thesis in the Forest Ecology Group, ETH Zurich, 90 pp.

Wegensteiner R., Wermelinger B., and Herrmann M., 2015: Natural enemies of bark beetles: predators, parasitoids, pathogens, and nematodes. In Vega F.E., Hofstetter R.W. *Bark Beetles. Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Elsevier, Amsterdam.

