



In occasione del monitoraggio di lungo periodo è stata rinvenuta sull'erba di uno dei parchi-gioco la quantità di 0,68 mg/kg di captano (vedi articolo). Un bambino con peso di 9 kg ne dovrebbe mangiare 400 g al giorno affinché la sua salute sia a rischio (vedi editoriale).

# Monitoraggio di lungo termine dei residui di fitosanitari rinvenuti in spazi verdi pubblici

Ulrich Prechsl, Martina Bonadio, Michael Oberhuber, Centro di Sperimentazione Laimburg, Lino Wegher, Dipartimento di Prevenzione, Azienda Sanitaria dell'Alto Adige

Sulla base di un monitoraggio dell'Azienda Sanitaria dell'Alto Adige, per valutare la presenza di residui di fitosanitari nel quadriennio 2018 - 2021 sono stati analizzati, in totale, 397 campioni di erba prelevati da 39 spazi verdi pubblici. I risultati confermano che le misure antideriva hanno ormai preso piede.

## Il rovescio della medaglia

Gli organismi dannosi – siano essi insetti, funghi o nematodi – rappresentano una grave minaccia per l'agricoltura e causano ogni anno una perdita di ca. il 40% della produzione agricola mondiale.

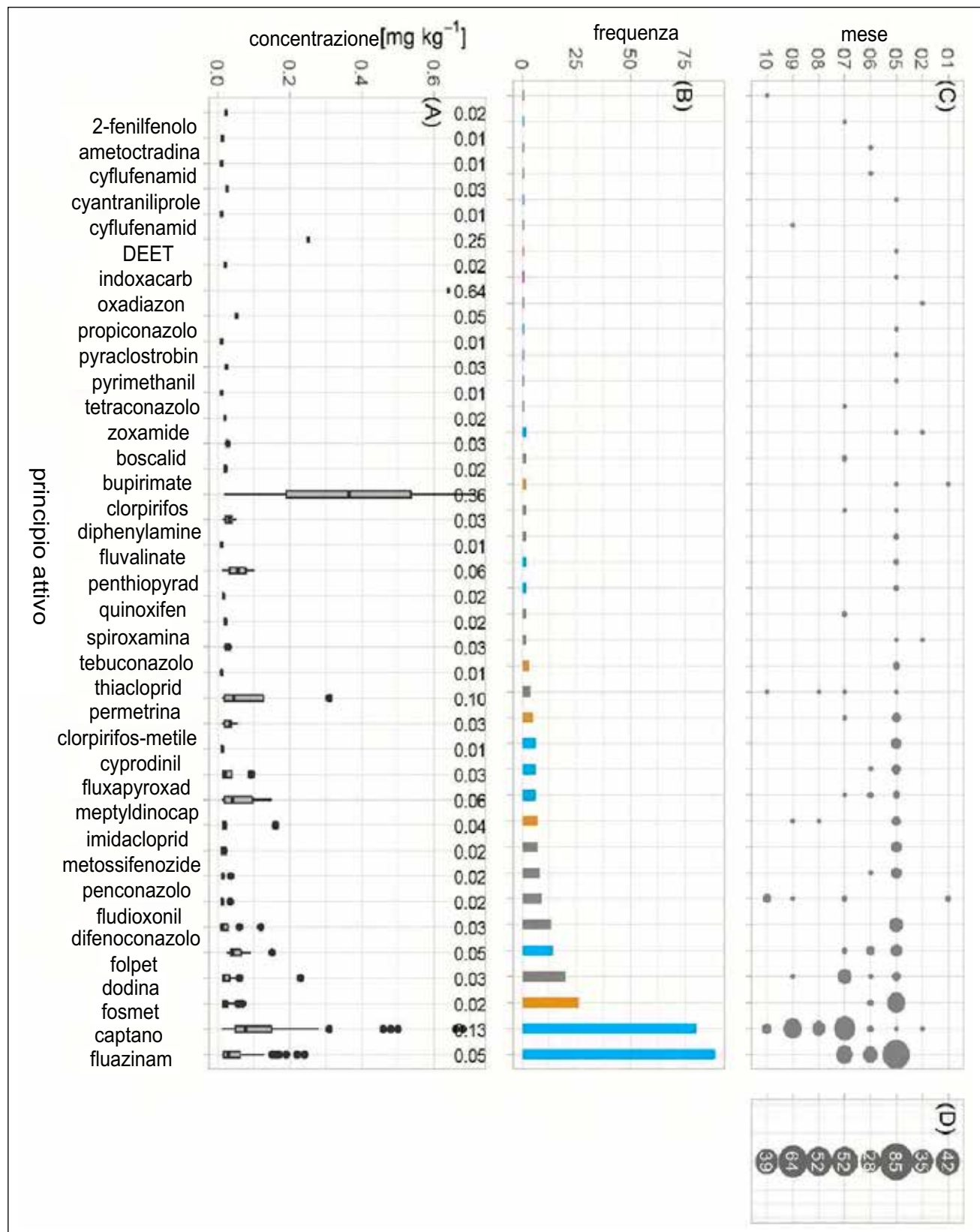
Per controllare questi organismi dannosi, l'agricoltura dipende strettamente dall'utilizzo dei "pesticidi". Il termine indica, in generale, le sostanze "che ostacolano l'attività di parassiti o la comparsa di malattie, ne annientano gli agenti o ne contengono la diffu-

sione e proteggono le piante o i loro prodotti durante la produzione, la conservazione e il trasporto", questa la definizione della Commissione Europea. Gran parte dei pesticidi o prodotti fitosanitari contiene sostanze attive di sintesi, che in tutto il mondo vengono utilizzate su larga scala per la loro elevata efficacia.

L'utilizzo di prodotti fitosanitari ha però un'altra faccia della medaglia, che è collegata a specifici rischi: molte sostanze attive possono risultare dannose o nocive per i cosiddetti "organismi non-bersaglio" e comportano rischi

per la salute umana, per il terreno, per le acque e per la biodiversità. I punti citati hanno condotto all'adozione di numerosi atti giuridici a livello di Unione Europea e dei Paesi membri, che prescrivono che l'impiego di prodotti fitosanitari in condizioni di buone pratiche agricole non debba e non possa essere causa di "effetti negativi sulla salute umana o animale né di effetti intollerabili sull'ambiente". Il dibattito scientifico e politico sull'impiego di prodotti fitosanitari rimane tuttavia un processo in continua evoluzione.

Grafico 1: prospetto delle concentrazioni (A) e della frequenza (B) di tutti i residui rinvenuti su 397 campioni di erba prelevati da 39 punti di campionamento tra il 2018 e il 2021. Le cifre (A) corrispondono alla concentrazione media di ciascuna sostanza attiva. Le colonne (B) blu rappresentano i fungicidi, le arancione gli insetticidi e le verdi gli erbicidi. I mesi (C) corrispondono ai mesi nei quali le sostanze attive sono state rinvenute (totale quadriennio 2018-2021) e il numero totale dei campioni (D) sono quelli prelevati in ogni singolo mese (totale quadriennio 2018-2021). Le dimensioni dei punti riflette la frequenza relativa del rinvenimento in ciascun mese. La concentrazione dei residui si riferisce al peso fresco dei campioni.



## La deriva

Per ridurre i prima citati rischi è importante comprendere in che modo i fitosanitari raggiungano altre zone, soprattutto se non-bersaglio, quali ad esempio riserve naturali, corsi d'acqua o zone abitate. Una delle vie più comuni è la deriva, cioè il trasporto aereo delle particelle di fitosanitari dalle superfici agricole bersaglio alle aree non-bersaglio. Sono numerosi i fattori che influenzano l'esistenza e l'entità della deriva. Le condizioni meteorologiche – soprattutto la turbolenza dell'aria e il vento – sono i fattori principali responsabili del trasporto delle particelle. Anche la tecnica di applicazione dei fitosanitari ha una grande influenza, così come il tipo e il sistema di allevamento della coltura. Le colture permanenti – come i frutteti – che non possono trarre vantaggio dall'avvicendamento colturale sono naturalmente le più esposte a una maggior pressio-

ne esercitata da parassiti e patogeni. Di regola, ciò comporta un regolare ricorso ai prodotti fitosanitari, che ha come conseguenza un maggior rischio di deriva. È noto che la melicoltura sia un significativo esempio di una simile coltura permanente. In Alto Adige, con quasi 18.000 ha a melo, il tema della deriva è diventato sempre più occasione e oggetto di attenzione e di discussione da parte dell'opinione pubblica. Tenendo conto della problematica, negli ultimi anni sono state adottate misure di contenimento della deriva. Dal 2020, l'utilizzo di ugelli a iniezione con caratteristiche antideriva è diventato obbligatorio per i fruttivicoltori altoatesini. In applicazione del Piano di Azione Nazionale (PAN) sono inoltre state individuate le cosiddette "zone sensibili", nell'immediata prossimità delle quali devono essere rispettate norme specifiche. Le zone sensibili comprendono parchi e giardini pubblici, campi sportivi e aree ricreative,

cortili e aree verdi all'interno di plessi scolastici, scuole dell'infanzia, superfici in prossimità di strutture sanitarie e parchi-gioco per l'infanzia.

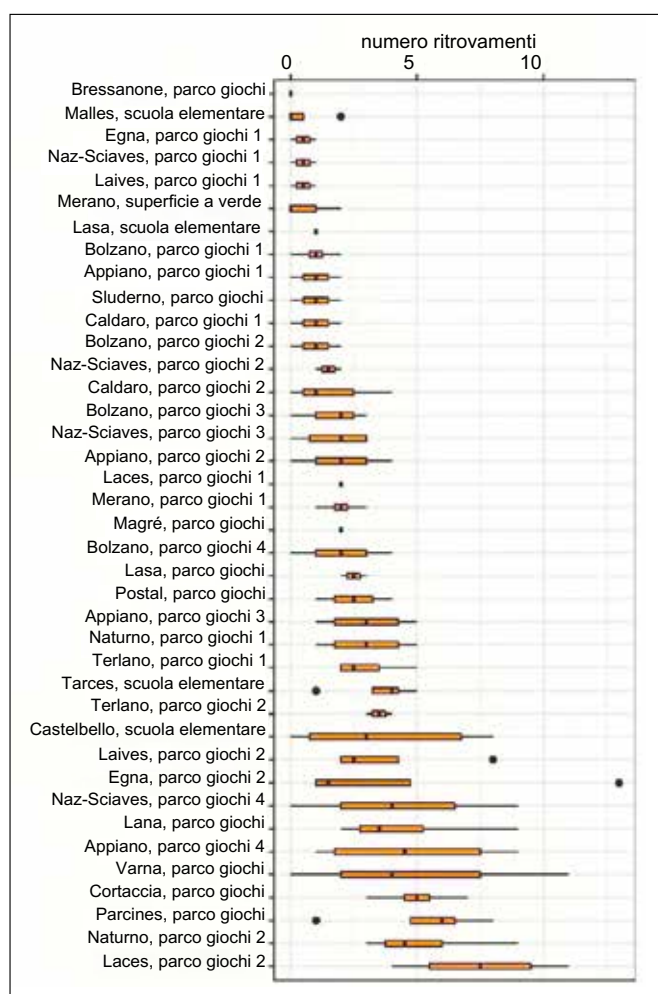
## Studi sulla deriva

Lo studio qui presentato si basa sui dati raccolti nel quadriennio 2018 - 2021 in 33 parchi-gioco, in 4 giardini di plessi scolastici, in un asilo-nido e in un'area verde pubblica allo scopo di rispondere ai seguenti quesiti:

1. È possibile dimostrare la presenza di residui di fitosanitari negli spazi verdi pubblici in Alto Adige e, se sì, in quale concentrazione?
2. La maggiore parte dei residui la cui presenza viene dimostrata derivano dal loro utilizzo in agricoltura o possono aver origine da altre fonti?
3. Si nota, negli ultimi anni, una qualche tendenza relativamente al numero e alla concentrazione dei residui la cui presenza è dimostrata, in particolare riguardo alle misure antideriva introdotte?

## Disegno sperimentale

Il monitoraggio si basa su un'indagine pilota svolta nel 2014. Al tempo, l'Azienda Sanitaria dell'Alto Adige aveva avviato un monitoraggio sulla deriva e in particolare sui residui di fitosanitari rilevati in determinate zone sensibili. Nel successivo programma di monitoraggio sono state prese in considerazione solo le superfici sulle quali era stata confermata la presenza di residui di fitosanitari. Lo studio qui presentato riflette quindi la situazione di superfici nelle quali la concentrazione dei residui risultava superiore alla media. Tutte le 39 aree coinvolte si trovano nel fondovalle altoatesino e nelle immediate vicinanze di aree produttive agricole. La distanza tra le aree-campione e il confine con un frutteto o un vigneto è compresa tra 0 e 450 m (parchi-gioco in centro città). Questa "immediata vicinanza" alle possibili fonti di contaminazione rappresenta un maggior potenziale, per la zona sensibile, di essere colpita da deriva. Spesso, nel



**Grafico 2:** numero di rinvenimenti per ogni zona nel periodo 2018-2021. La dispersione dei boxplots si basa sui rinvenimenti/anno.

corso dell'anno, in tutte le superfici interessate sono stati effettuati prelievi di erba che è stata poi analizzata in laboratorio per verificare la presenza e la concentrazione di residui di fitosanitari. La normativa UE definisce la concentrazione di 0,01 mg/kg (che corrisponde a 0,01 ppm) come il limite inferiore di concentrazione sotto il quale il campione non può essere quantificato con sufficiente probabilità statistica (limit of quantification=LOQ). In quest'ultimo caso, i residui vengono definiti come "non quantificabili" o "non rilevabili" (n.d. = non detectable). Tutte le concentrazioni maggiori di tale valore sono, per definizione, "dimostrazione di presenza".

### Sostanze attive, concentrazioni e frequenza

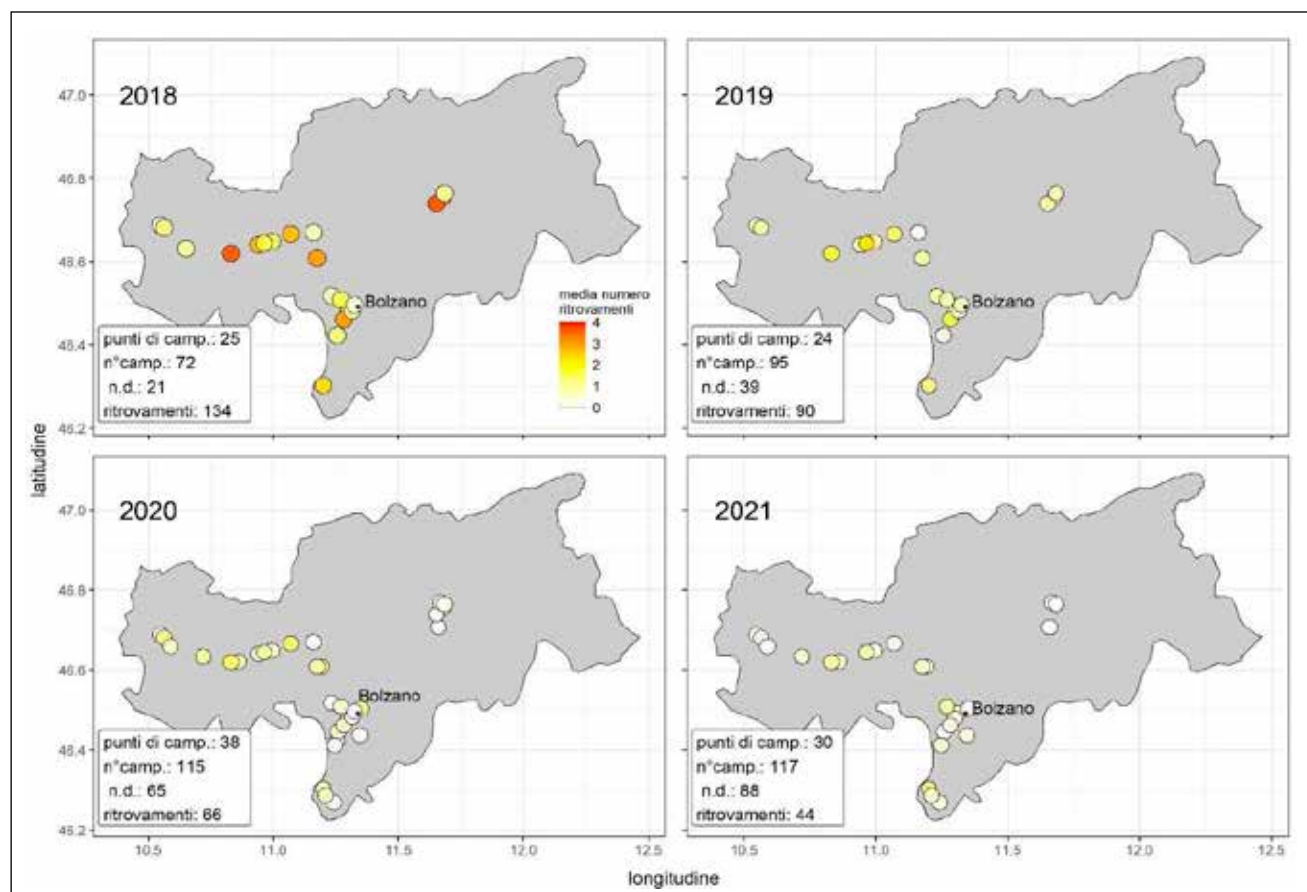
Uno degli scopi prioritari di questo stu-

dio consisteva nella rappresentazione esauriente, trasparente e tracciabile dei risultati. Il grafico 1 è un elemento centrale del nostro studio e riproduce tutte le sostanze attive rinvenute, le loro concentrazioni, la frequenza e i momenti (mesi) del rinvenimento. Per ogni sostanza attiva rinvenuta sono indicate le corrispondenti concentrazioni (parte A), la loro frequenza (parte B) e il momento (mese) del rinvenimento (parte C). La dimensione del punto indica la frequenza del corrispondente mese di rinvenimento. Per ogni mese è rappresentato il numero totale di campionamenti effettuati (totale 2018 - 2021 - parte D). In merito, un esempio: fluazinam è la sostanza attiva più frequentemente rilevata (89 volte, il 22% di tutti i campioni) e tale parametro è rappresentato dall'altezza della colonna (parte B). Il boxplot sottostante indica la distribuzione di

tutte le 89 concentrazioni rilevate. La concentrazione media è risultata pari a 0,05 mg/kg (cifre nella parte A). Fluazinam è stato rinvenuto nei mesi di maggio, giugno e luglio (parte C). Le sostanze attive sono inoltre ordinate dal basso in alto in base alla loro frequenza. È evidente che fluazinam e captano sono le sostanze attive più frequentemente rinvenute. Se si tiene conto della concentrazione, clorpirifos si distingue nettamente. Dei due rinvenimenti totali, uno ha mostrato la maggior concentrazione in questo studio (0,71 mg/kg), seguito dal captano (0,68 mg/kg). La concentrazione media di tutti i rinvenimenti è risultata pari a 0,0645 mg/kg (DS: ±0,1013 mg/kg).

Per quanto concerne la classificazione delle sostanze attive rinvenute, la maggior parte (> 90%) trova impiego in frutticoltura. Si tratta di 25 fungicidi, 10

**Grafico 3: andamento dei residui rinvenuti in ciascuna zona nel quadriennio 2018 - 2021. La sfumatura dei colori indica il numero medio di residui rinvenuti (numero di residui/prelievo). I risultati sono compresi tra nessun rinvenimento (n.d., bianco) e un massimo di 3,7 residui (rosso).**



insetticidi, 1 erbicida e 2 sostanze attive che vengono utilizzate per la difesa insetticida al di fuori della produzione agricola. Una delle due, DEET, è contenuta – ad esempio – nel formulato “Autan”, mentre la seconda (permetrina) è contenuta in diversi prodotti impiegati per la difesa da diversi parassiti (umani e animali) quali zecche e afidi. L’origine “agricola” delle sostanze attive rinvenute è confermata anche con dei periodi (mesi) di rinvenimento – i più intensi, dal punto di vista della difesa fitosanitaria. La presenza della maggior parte dei residui è stata riscontrata, rispettivamente, in maggio (48,5%), in luglio (24,3%), in giugno (9,0%) e in settembre (8,4%). Evidentemente, anche il comportamento residuale delle sostanze attive gioca un ruolo di grande importanza. Il tempo di dimezzamento (DT50 suolo), una misura del comportamento residuale, è pari – ad esempio – a 0,8 giorni per il captano e a 124 per fluazinam. Ciò potrebbe spiegare il motivo dell’elevata frequenza di rinvenimento di fluazinam.

## Schema regolare

Il numero medio di residui rinvenuti per zona e prelievo è risultato pari a 0,83 (DS:  $\pm 1,34$ ). Nelle diverse zone, però, sono state riscontrate notevoli

differenze riguardo al tipo e al numero dei residui rinvenuti. Considerando il numero di residui rinvenuti per anno si è ottenuto uno schema regolare: in alcune zone non sono stati rinvenuti residui o ne sono stati individuati solo pochi, mentre in altre il numero di residui è risultato elevato in occasione di tutti i campionamenti (grafico 2, pag. 7). La causa di questa situazione non è ancora stata chiaramente identificata. Fattori quali la topografia, la distanza tra parchi-gioco e impianti di melo o di vite, il microclima e la turbolenza dell’aria influenzano la dissipazione della nuvola di miscela fitosanitaria e quindi anche la quantità di residui. Poiché in Alto Adige la topografia e il microclima subiscono importanti variazioni entro spazi molto limitati si può supporre che anche le cause della deriva siano varie entro spazi molto contenuti. Ciò nonostante, si può ipotizzare che ciò che giustifica questo schema sia in primis l’utilizzo di prodotti fitosanitari.

## Netta diminuzione

Per verificare se nel corso degli anni siano subentrati cambiamenti è stato analizzato l’andamento del rinvenimento dei residui. Tra il 2018 e il 2021 il numero medio dei residui rinvenuti (totale/zona) è diminuito in misura si-

gnificativa da 5,36 (DS:  $\pm 3,35$ ) a 1,46 (DS:  $\pm 1,25$ ), pari al 72%. Analogamente, è sceso anche il numero di rinvenimenti/campione (da 1,86 nel 2018 a 0,38 nel 2021), a fronte di un aumento del numero di campionamenti/anno. Il grafico 3 riporta questa tendenza.

Anche le concentrazioni residue hanno seguito il medesimo schema. Dal 2018 al 2021 la concentrazione media è diminuita, in misura statisticamente significativa, del 78% (da 0,055 mg/kg – DS:  $\pm 0,10$  a 0,012 mg/kg – DS:  $\pm 0,03$ ). Nel 2021, quindi, il dato medio ha quasi raggiunto il limite di quantificazione (LOQ).

La riduzione del numero e della concentrazione dei residui nel quadriennio 2018 - 2021 indica il buon successo delle misure antideriva adottate. Sebbene dai dati disponibili non sia possibile comprendere l’efficienza della singola misura, un regresso di questa portata può essere spiegato solo con il notevole impegno complessivo profuso negli ultimi anni.

## Valutazione di possibili rischi per la salute

Un aspetto molto importante della contaminazione di superfici non-ber-saglio consiste nella possibilità che i residui rappresentino un rischio per la salute umana. In generale, per la valutazione del rischio è di sostanziale importanza il cosiddetto “rapporto concentrazione-efficacia”, che si rifà al medico e alchimista svizzero Paracelso. Nel XVI secolo egli affermò: “Tutto è veleno e nulla esiste senza veleno. Solo la dose fa in modo che il veleno non faccia effetto”. Questa dichiarazione viene spesso considerata la base della moderna tossicologia e quindi la concentrazione diventa decisiva per la valutazione del rischio delle sostanze attive.

Una valutazione completa del rischio prevede l’esecuzione di numerosi test e non è stata presa in considerazione nella stesura del presente articolo. Ciò nonostante, si può accennare a una stima approssimativa della rilevanza tossicologica delle concentrazioni dei



Nei dintorni dei parchi-gioco bisogna prestare particolare attenzione quando si effettuano trattamenti di difesa.

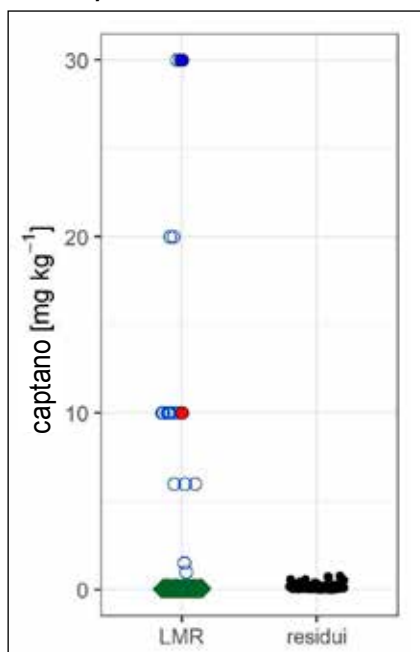
## Boxplot

Un boxplot è un diagramma con il quale si rappresenta la distribuzione di dati. Il box contiene il 50% dei data points, con l'estremità inferiore che ne contiene il 25% e quella superiore che ne contiene il 75%. La linea orizzontale rappresenta la mediana, cioè – per così dire – il valore medio dei dati. Sopra e sotto questa linea si trova il 50% dei dati. Le linee verticali (baffi), che dai box raggiungono i valori più alti e più bassi, descrivono i data points tra 0 e 25% e tra 75% e 100% (senza outlier). Un boxplot permette di individuare rapidamente la distribuzione dei dati, il valore medio, la simmetria e la presenza di possibili outlier. Questi ultimi sono rappresentati come punti e sono valori estremi la cui posizione è molto distante dai baffi.

residui rinvenuti confrontandoli con i limiti massimi ammessi di residui negli alimenti.

Per ogni sostanza attiva utilizzata per la difesa fitosanitaria sono stati fissati limiti massimi di residuo (LMR), la cui presenza è ammessa su e nei prodotti agricoli. Il LMR è sempre inferiore a specifici valori tossicologici, quali ad esempio la dose giornaliera ammissibile (DGA). Se il fitosanitario è registrato per l'impiego, per ogni sostanza at-

**Grafico 4: confronto tra LMR ammessi per 244 prodotti agricoli e i residui di captano (punti neri) individuati sui campioni di erba. I rombi verdi rappresentano i LMR dei prodotti agricoli sui quali non è autorizzato l'impiego di captano, i cerchietti vuoti rappresentano i LMR dei prodotti sui quali è ammesso l'utilizzo di captano. I punti rossi rappresentano i LMR su mela, i punti blu su mirtillo.**



tiva contenuta e per ciascun prodotto agricolo (alimento umano e animale) viene fissato un LMR. Per gli alimenti destinati all'uomo e agli animali sui e nei quali la sostanza attiva non deve essere presente, il LMR corrisponde al limite di quantificazione (LOQ - 0,01 mg/kg) e ciò significa che dal punto di vista analitico i prodotti devono essere esenti dalla sostanza in questione. In qualche caso, ciò vale anche per i fitosanitari registrati per l'impiego e dotati di una rapida degradazione chimica. Se il loro utilizzo avviene secondo le buone pratiche agricole (BPA), la loro degradazione dovrebbe essere completata entro la raccolta e le sostanze attive non dovrebbero più essere rilevabili. Affinché l'alimento possa essere messo in commercio (e quindi venduto) è necessario che tutti i residui risultino inferiori al LMR.

Dato che l'erba non è un alimento destinato all'uomo, non è stato fissato alcun LMR. Per stimare di quale ordine di grandezza si tratti, relativamente alle concentrazioni dei residui rinvenuti, si è proceduto a un confronto tra queste concentrazioni e i LMR di alcuni alimenti. A titolo esemplificativo per tutte le sostanze attive, nel grafico 4 è stata riportata la procedura seguita per il captano. I punti neri indicano le concentrazioni rinvenute sull'erba e di fronte sono riportati tutti i LMR dispo-

nibili (244 prodotti agricoli). I rombi verdi rappresentano i LMR di prodotti agricoli per i quali il captano non è registrato (es. lattuga). I cerchietti blu rappresentano i LMR di un prodotto per il quale è prevista la possibilità di utilizzo della sostanza attiva (nell'esempio, "mirtillo" – punto blu e "mela" – punto rosso). Il LMR di captano su mirtillo è di 30 mg/kg e su mela di 10 mg/kg. La concentrazione di captano sull'erba è risultata molto inferiore, prossima al limite di rilevazione. La medesima situazione è stata verificata anche per le restanti 38 sostanze attive. Se ne può dedurre che se le concentrazioni di residuo sull'erba e i LMR sono di un ordine di grandezza paragonabile tra loro è improbabile che esse possano causare effetti negativi sulla salute umana. L'erba, inoltre, non è parte integrante della dieta umana e l'assorbimento cutaneo di sostanze attive è generalmente molto inferiore rispetto all'assorbimento a livello digestivo (ca. 1/10).

## Conclusioni

La diminuzione di residui di fitosanitari nell'arco di pochi anni conferma l'efficacia delle misure antideriva adottate. Dalla variabilità dei residui rinvenuti nelle diverse zone si può dedurre quanto sia importante ricorrere a queste misure in modo professionale. Questo è un fattore decisivo, che mostra ulteriori margini di miglioramento. Di qui la proposta di elaborare e sviluppare nuove misure antideriva per ridurre al minimo la contaminazione di zone non-bersaglio. Infine, lo sviluppo e l'attuazione di misure integrate e preventive per la riduzione della quantità totale di fitosanitari distribuiti costituiscono una strategia irrinunciabile per un'agricoltura più sostenibile. 🍏 🍇

ulrich.prechsl@laimburg.it

Questo articolo è la versione semplificata e parziale di una pubblicazione scientifica apparsa nel mese di dicembre 2022 sulla rivista "Frontiers in Environmental Sciences". L'articolo originale "Long-term monitoring of pesticide residues on public sites: A regional approach to survey and reduce spray drift" può essere consultato cliccando sul seguente link: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.1062333/full>