

Progetto: Risobiosystems - Progetto di ricerca, sviluppo e trasferimento a sostegno della risicoltura biologica - D.M. n. 67374 del 27/09/2018 contributi per progetti ricerca in agricoltura biologica MIPAAF.

Durata progetto: 36 mesi, 2017-2019.

Coordinatore di progetto: CREA-CI

Coltivazione del riso con il metodo biologico negli areali risicoli del Nord Italia

Analisi e valutazione dei dati analitici ambientali di contaminazione da fitofarmaci nelle aree a risicoltura intensiva

Prodotto finale di progetto: Documento unico racchiudente i risultati delle attività del WP4 "Analisi e valutazione dei dati analitici di contaminazione da fitofarmaci nelle aree a risicoltura intensiva"

Autori:

Università degli Studi di Torino: Francesco Vidotto, Lorenzo Patrucco

ENR: Marco Romani, Eleonora Miniotti, Stefano Afric

Sommario

Introduzione	3
1. Descrizione dell'areale risicolo piemontese e lombardo	5
2. Analisi di dati di monitoraggio provenienti da siti tematici istituzionali (Arpa Piemonte e Lombardia, Regione Piemonte e Lombardia, Geoportale).	7
2.1. Operazioni preliminari	8
2.2. Elaborazioni cartografiche mediante l'impiego di software GIS	10
2.3. Uso di indicatori relativi allo stato di contaminazione delle acque di superficie.....	13
2.4. Risultati ottenuti mediante le elaborazioni dei dati di contaminazione e cartografici	17
3. Analisi del rischio di trasferimento degli agrofarmaci veicolati dalle acque di irrigazione alle piante di riso.....	21
3.1 Obiettivi	21
3.2 Materiali e metodi	21
3.3 Risultati	23
4. Valutazioni sulla concentrazione dei residui nelle acque di sommersione e misure di mitigazione per la riduzione della contaminazione delle acque superficiali	32
5. Conclusioni	35
6. Bibliografia.....	36

Introduzione



Attività/Obiettivo:

Analisi e valutazione dei dati analitici ambientali di contaminazione da fitofarmaci nelle aree a risicoltura intensiva. Coordinato da UNITO, il WP4 ha previsto un'attività basata sull'analisi di dati territoriali già geo riferiti e disponibili sul WEB, al fine di valutare lo stato di contaminazione delle acque da prodotti fitosanitari utilizzati in risicoltura. L'analisi si è basata inoltre su dati bibliografici riferiti a sperimentazioni condotte nell'areale risicolo padano o in condizioni affini e volte ad approfondire l'influenza della dinamica di dissipazione dei prodotti fitosanitari usati in risicoltura convenzionale sulla qualità delle acque superficiali. In aggiunta a tale lavoro, è stata condotta un'attività sperimentale di monitoraggio, svolta in due camere di risaia biologiche dislocate in due punti diversi del territorio, dei livelli di contaminazione da agrofarmaci delle acque di irrigazione in ingresso al fine di comprenderne l'effetto sui residui degli stessi nella pianta e nella granello di riso, oltre che al fine di determinare i livelli di contaminazione delle acque compatibili con l'ingresso di residui provenienti da camere a monte.

Lo scopo del WP4 è stato quello di analizzare i dati già disponibili dai monitoraggi regionali sulle acque per effettuare una serie di valutazioni, riferite a precise zone dell'areale risicolo piemontese e lombardo, relative al grado di contaminazione delle acque superficiali da parte di prodotti fitosanitari; la zona dedicata alla risicoltura è infatti caratterizzata dal largo impiego di prodotti fitosanitari, erbicidi *in primis*, per controllare e limitare lo sviluppo di malerbe e patologie, in modo da consentire produzioni economicamente e qualitativamente soddisfacenti.

Il peculiare metodo di coltivazione del riso e l'uso promiscuo delle acque di irrigazione tra la risicoltura convenzionale e quella biologica determina, spesso, il trasferimento delle sostanze attive alle risaie bio per mezzo delle acque stesse, producendo un potenziale rischio di contaminazione del prodotto finale. Attraverso l'analisi dei dati dei monitoraggi regionali sono stati pertanto ottenuti risultati utili a fornire informazioni sulle concentrazioni nelle acque di alcune sostanze attive impiegate in risicoltura convenzionale e che possono essere riscontrate nelle acque di irrigazione utilizzate in risaie coltivate in biologico. I risultati delle attività sperimentali condotte in campo hanno

inoltre permesso di fornire prime indicazioni sulla possibilità di riscontrare la presenza di prodotti fitosanitari nei suoli in camere in conversione al biologico.

Nel report vengono presentati in modo integrato i risultati delle attività specifiche previste dal WP4, il quale è articolato nelle seguenti azioni:

4.1) raccolta ed analisi dei dati di campionamento georiferiti già disponibili ed integrazione con i risultati di attività sperimentali o pregresse effettuate nell'ambito del progetto. Nello studio è stata effettuata una valutazione generale a livello di area e di bacino idrografico dello stato di contaminazione delle acque superficiali in area risicola, mediante elaborazione di dati puntuali derivanti da campionamenti regionali (Arpa Piemonte, Arpa Lombardia). È stata inoltre condotta un'attività sperimentale in campo con l'obiettivo di comprendere l'effetto della contaminazione da agrofarmaci delle acque usate per l'irrigazione sulla presenza di residui degli stessi nella pianta e nella granella di riso.

4.2) analisi territoriale per l'individuazione di aree omogenee e range di contaminazione: questa attività, strettamente collegata all'attività 4.1, si è posta l'obiettivo di unificare i dati provenienti dai database regionali, mediante elaborazione GIS, per poter portare alla creazione di indicatori di contaminazione delle acque in zone geograficamente delimitate nell'areale di riferimento.

4.3) Identificazione di misure per la riduzione della contaminazione: l'obiettivo è stato definire semplici operazioni, facilmente implementabili dalle aziende risicole, che permettono di mitigare l'impatto ambientale dei trattamenti fitosanitari in risaia.

Il report è strutturato seguendo in parte l'articolazione delle azioni previste, rispetto alla quale si è preferito riportare i risultati secondo uno schema logico che tiene conto della variabilità di attività all'interno di ciascuna azione e delle affinità fra azioni diverse. Più nello specifico, le sezioni in cui è suddiviso il report sono le seguenti:

- Breve descrizione dell'areale risicolo piemontese e lombardo.

- Analisi dei dati di monitoraggio provenienti da siti tematici istituzionali (Arpa Piemonte e Lombardia, Regione Piemonte e Lombardia, Geoportale).
- Analisi del rischio di trasferimento degli agrofarmaci veicolati dalle acque di irrigazione alle piante di riso: casi studio nell'areale risicolo.
- Valutazioni sulla concentrazione dei residui nelle acque di sommersione e possibili misure di mitigazione per la riduzione della contaminazione delle acque superficiali



A corredo del report sono stati inseriti alcuni allegati contenenti la cartografia completa delle elaborazioni effettuate per il progetto. Nello specifico si tratta di carte volte a spiegare in modo più esauritivo le modalità di ottenimento ed elaborazione dei dati oltre che a fornire i risultati completi degli indici proposti relativi a tutte le molecole prese in considerazione, in quanto non integralmente inseribili all'interno del report.

1. Descrizione dell'areale risicolo piemontese e lombardo

L'areale di interesse risicolo piemontese e lombardo si estende nelle province di Alessandria, Biella, Cuneo, Novara, Torino e Vercelli per quanto riguarda il Piemonte e nelle province di Pavia, Milano, Lodi e Mantova per quanto riguarda la Lombardia (Figura 1); si tratta di un'area di circa 12.500 km², all'interno della quale è situata circa il 94% della superficie coltivata a riso in Italia; si tratta di un'areale prevalentemente pianeggiante, dove l'agricoltura ha influito enormemente sulla modellazione e l'alterazione del paesaggio, per via della realizzazione di apposite camere atte a contenere l'acqua necessaria per la coltivazione del riso, specie con peculiari esigenze idriche, anche con funzione di volano termico. Per permettere l'adacquamento sono state realizzate nel tempo una miriade di canali, grazie ai quali l'acqua, deviata dai numerosi fiumi e torrenti provenienti dalle Alpi, raggiunge capillarmente le camere, fluendo generalmente in modo continuo, spostandosi da una camera a monte a quelle successive poste a valle, prima di riversarsi nuovamente in un canale o in un corpo idrico naturale.

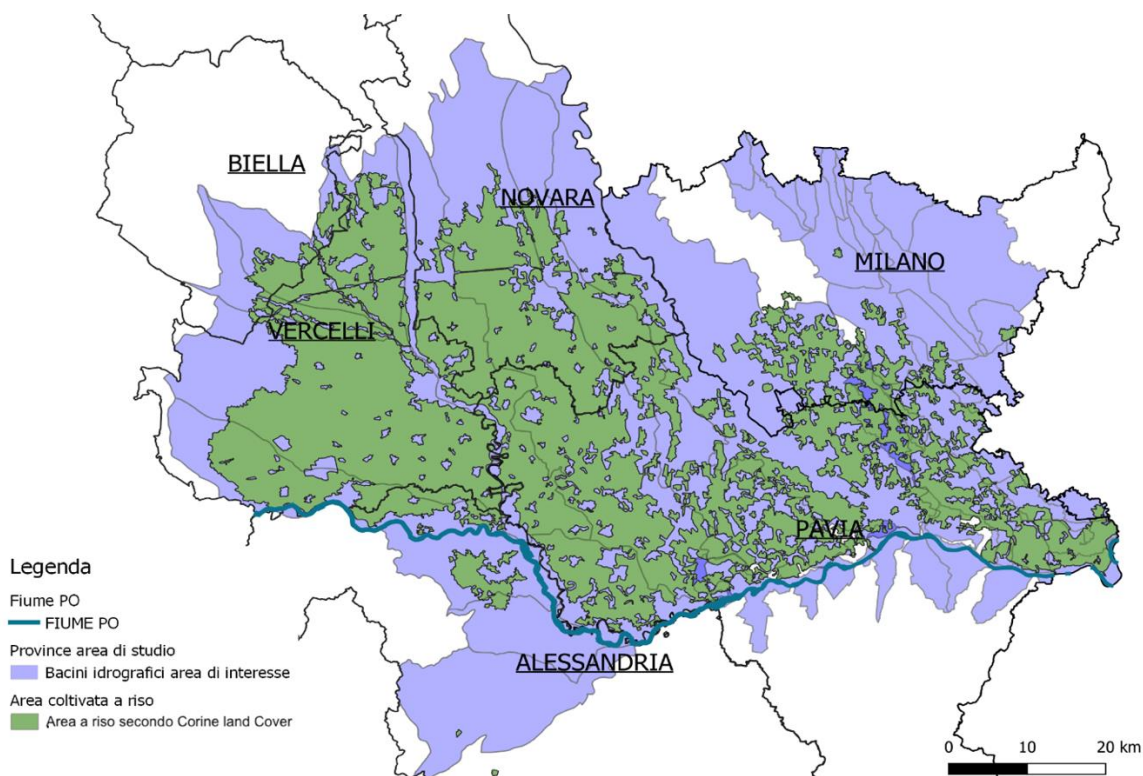


Figura 1. Circonscrizione dell'area risicola tramite layer Corine land Cover (verde) e bacini idrografici compresi nell'area.

La superficie coltivata a riso ricadente nelle Province di Piemonte e Lombardia supera i 200.000 ha (Dati ENR, 2019). Ai fini del presente lavoro sono state considerate le superfici a riso del 2016 (Tabella 1) in quanto al momento dell' inizio delle elaborazioni i dati consolidati più recenti relativi ai monitoraggi delle acque superficiali eseguiti dalle ARPA di Piemonte e Lombardia si riferivano a tale anno; successivamente, il database relativo ai valori di contaminazione delle acque è stato ampliato, includendo i dati degli anni 2017 e 2018, in cui le superfici dedicate a riso sono rimaste pressoché invariate.

Tabella 1. Superficie investita a riso per Provincia; dati relativi all'anno 2016, anno preso in considerazione per le successive elaborazioni.

Piemonte-Superficie a riso (ha)		Lombardia-Superficie a riso (ha)	
Torino	142	Milano	13.899
Vercelli	70.113	Pavia	84.243
Novara	33.614	Mantova	1.247
Cuneo	196	Lodi	2.302
Alessandria	8.333		
Biella	3.927		
Totale	116.325	Totale	101.691

In questo quadro la risicoltura biologica occupa circa il 7% della superficie coltivata, mentre la restante viene gestita in modo convenzionale. La coltivazione del riso risulta essere molto particolare rispetto alle altre colture di maggior interesse; le aziende risicole nella maggior parte dei casi sono fortemente specializzate nella coltivazione di questa specie, sia per la necessità di macchine ed attrezzature appositamente progettate, sia per la difficoltà di coltivazione di altre colture nei suoli dell'area, rendendo la monocoltura piuttosto diffusa. A causa della pressoché totale assenza di rotazione, in ambiente risicolo è possibile notare un'elevata specializzazione delle infestanti con insorgenza di fenomeni di resistenza e conseguente difficoltà nel loro controllo, soprattutto *Echinochloa crus-galli*, *Oryza sativa* (riso crodo), *Ciperacee* e *Heterantera* spp. Il controllo delle infestanti in risicoltura convenzionale avviene mediante l'impiego di prodotti fitosanitari i quali, a causa della particolare gestione idrica delle camere, vengono frequentemente ritrovati nelle acque dei corpi idrici superficiali, creando problemi concernenti la tutela della qualità degli stessi.

2. Analisi di dati di monitoraggio provenienti da siti tematici istituzionali (Arpa Piemonte e Lombardia, Regione Piemonte e Lombardia, Geoportale).

Questa attività, che è relativa alle azioni 4.1 e 4.2, è stata svolta partendo dai dati disponibili sui siti delle ARPA regionali, sui portali regionali e sui geo-portali ed ha avuto come finalità quella di

identificare e delimitare le zone dell'areale risicolo caratterizzate da una maggior contaminazione delle acque superficiali in modo da poter successivamente pianificare e proporre alcune misure di mitigazione volte a ridurre l'impatto derivante dall'uso di prodotti fitosanitari (4.3).

2.1. Operazioni preliminari

L'area di interesse è stata in primis delimitata impiegando i limiti amministrativi delle Province maggiormente interessate dalla risicoltura delle due Regioni, mettendo in evidenza un totale di 147 punti di campionamento, posizionati sia sui corpi idrici di maggior interesse, sia su canali, scolmatori ed altri corpi idrici minori, naturali o artificiali (Figura 2). In seguito, l'area di lavoro è stata perfezionata, suddividendo i limiti provinciali in bacini idrografici ed escludendo quelli la cui superficie non è interessata da risicoltura. In questo modo è stato possibile dimezzare la superficie presa in considerazione (7.000 km²) e concentrarsi maggiormente su circa 60 punti di campionamento, tutti in areale risicolo.

Le informazioni relative alle analisi multi residuali delle acque superficiali sono state elaborate mediante software di calcolo (Excel) in modo da disporre di dati tabellari omogenei consentendone l'inserimento all'interno di un software per l'elaborazione cartografica (Qgis), al fine di poter realizzare successivamente una serie di operazioni per individuare le aree caratterizzate da maggior contaminazione.

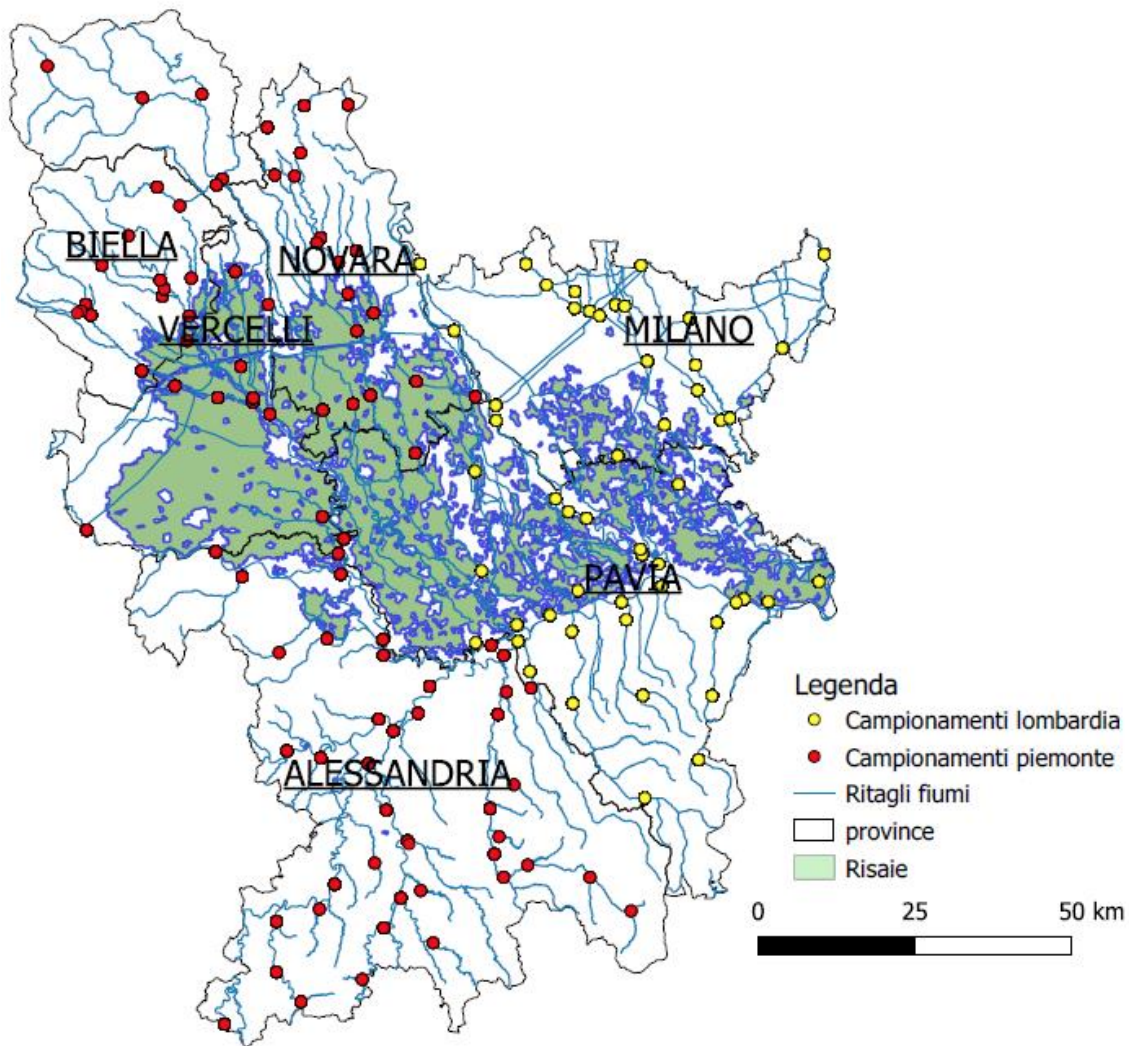


Figura 2. Punti di campionamento delle acque superficiali regioni Piemonte (punti in rosso) e Lombardia (punti in giallo) inerenti l'areale risicolo.

Ai dati relativi al grado di contaminazione delle acque ne sono stati aggiunti altri di carattere idrografico, topografico, agronomico e di copertura del suolo. Dai dati originari, operando sul software Qgis ed elaborando le informazioni mediante Excel è stato possibile sintetizzare ed esprimere graficamente numerose informazioni che hanno permesso di trarre conclusioni sui trend di contaminazione durante il periodo analizzato e di individuare le aree più vulnerabili.

2.2. Elaborazioni cartografiche mediante l'impiego di software GIS

I dati estrapolati dai database delle Arpa regionali, dai geoportali e da vari altri siti istituzionali sono stati inseriti sul software Qgis per poter sintetizzare le informazioni ottenute su carte geografiche interattive. Il lavoro di uniformazione e semplificazione dei dati ha consentito di ottenere database meno estesi rispetto a quelli provenienti dalle Arpa, nei quali sono state mantenute unicamente le informazioni relative ad una lista di prodotti fitosanitari “target”, il cui interesse in risicoltura è o è stato fino a pochi anni fa molto elevato; si sono inoltre scelte molecole problematiche dal punto di vista dei residui nelle acque superficiali, il cui ritrovamento negli anni è stato accompagnato da un frequente superamento degli Standard di Qualità Ambientale (SQA). Gli Standard di Qualità Ambientale costituiscono dei valori limite di contaminazione delle acque e fanno riferimento alla Direttiva europea 2000/60/CE. Il superamento degli SQA, per quanto riguarda i prodotti fitosanitari, nella maggior parte dei casi si ottiene con concentrazioni superiori a 0,1 µg/L per ogni singola molecola e 1 µg/L per la somma di tutte le sostanze presenti nel campione.

Nello specifico le molecole considerate nell'elaborazione sono state gli erbicidi oxadiazon, MCPA, quinclorac, cycloxdim, pretilachlor, glifosate (e relativo metabolita AMPA), bentazone, imazamox. Da segnalare che per bentazone ed MCPA il limite medio annuo di concentrazione previsto dagli SQA è di 0,5 µg/l, mentre per le altre molecole è di 0,1 µg/l.

Per ognuna di queste molecole si è proceduto alla produzione di carte contenenti i punti di monitoraggio e, per ognuno di essi, grazie all'impiego di regole, è stata attribuita una colorazione differente a seconda che l'esito del campionamento avesse rilevato inferiori o superiori a 0,1 µg/l o ancora sotto il limite di quantificazione (LOQ, Limit of Quantification al di sotto del quale il metodo analitico adottato non consente di quantificare la presenza della sostanza) (Figura 3).

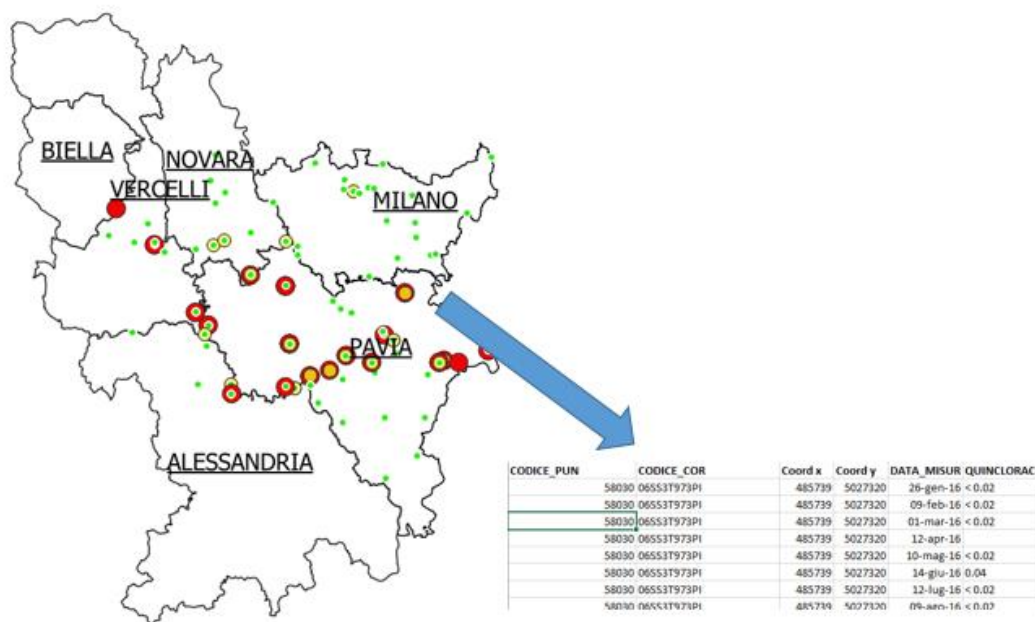


Figura 3. Rappresentazione grafica dei punti di campionamento categorizzati mediante l'impiego di GIS riferiti alla molecola Quinclorac. In rosso i punti in cui uno o più campioni hanno superato la concentrazione di 0,1 µg/l, in giallo quelli conformi ma con valore superiore a LOQ, in verde i punti con valori inferiori a LOQ.

Per evitare di considerare zone troppo ampie all'interno delle Province di interesse, alterando di conseguenza i risultati delle elaborazioni, come accennato in precedenza, si è deciso di suddividere le superfici provinciali in 16 bacini idrografici, bacini in cui idealmente l'acqua tende a convogliarsi in direzione di una sezione di chiusura, che consente lo scarico in un corpo idrico di dimensioni maggiori (Tabella 2).

Tabella 2. Elenco dei bacini idrografici delle regioni Piemonte e Lombardia ricadenti nell'area di interesse risicolo.

Bacino Idrografico	Superficie (ha)
LAMBRO – OLONA MERIDIONALE	161.738
ASTA PO 1	11.489
ASTA PO 2	27.533
TERDOPPIO	51.252
TICINO PIANURA	132.141
AGOGNA PIANURA	86.645
2*INT. SESIA PIANURA	68.004
5*INT. SX PO PIANURA	28.374
1*INT. SESIA PIANURA	39.447
6*INT. SX PO PIANURA	17.080
8*INT. DX PO PIANURA	13.503
7*INT. DX PO PIANURA	15.947
2*INT. TANARO PIANURA	28.782
CERVO PIANURA DX.	12.829
CERVO PIANURA SX.	22.781
ELVO PIANURA	9.757

Per ogni bacino idrografico, inoltre, è stata valutata la presenza di risicoltura e la percentuale di superficie dedicata a questa coltura, impiegando la carta Corine Land Cover relativa all'anno 2018 (Figura 4).

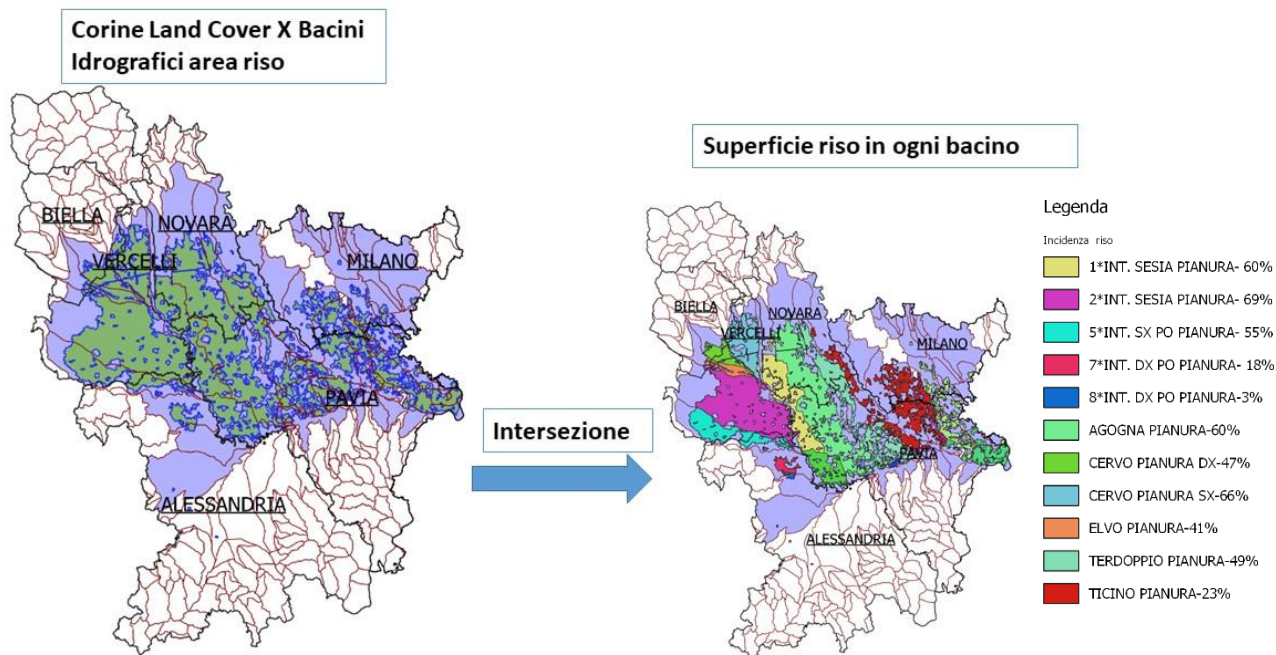


Figura 4. Divisione grafica delle aree amministrative provinciali in Bacini idrografici e sovrapposizione della carta Corine Land Cover al fine di determinare la percentuale di superficie investita a riso per ogni bacino.

2.3. Uso di indicatori relativi allo stato di contaminazione delle acque di superficie

I dati e le mappe ottenuti dalla prima fase di elaborazione e di analisi cartografica sono successivamente stati impiegati per la creazione di indicatori relativi allo stato di contaminazione delle acque dei bacini idrografici selezionati per l'analisi. L'intenzione del lavoro è stata quella di attribuire un valore di contaminazione, sebbene semplificato, ad ogni bacino idrografico, in funzione dei valori provenienti dai monitoraggi di ogni molecola. Per mettere in luce più possibili scenari di rischio, è stato deciso di eseguire le elaborazioni seguendo differenti metodologie:

- 1) Attribuzione del valore massimo di concentrazione riscontrato in un punto di monitoraggio all'intero bacino;
- 2) Attribuzione del valore massimo di concentrazione corretto per valore PNEC (predicted no effect concentration);
- 3) Produzione di carte con analisi dei trend medi mensili di concentrazione delle molecole (attività condotta solo sui dati di monitoraggio del 2016).

Nel primo caso la zonizzazione è stata basata sull'approccio *worst case scenario*; il risultato è stato quello di attribuire ai bacini compresi nell'area di studio il valore massimo di concentrazione riscontrato nell'anno per una determinata molecola, in modo da mettere in evidenza la condizione peggiore possibile da fronteggiare (Figura 5); il limite di concentrazione tra un bacino "non contaminato" ed uno "contaminato" è stato fissato a 0,1µg/l. Nel report è possibile trovare, nella sezione allegati, la cartografia completa elaborata su questo indicatore per tutte le molecole considerate nei 3 anni di studio

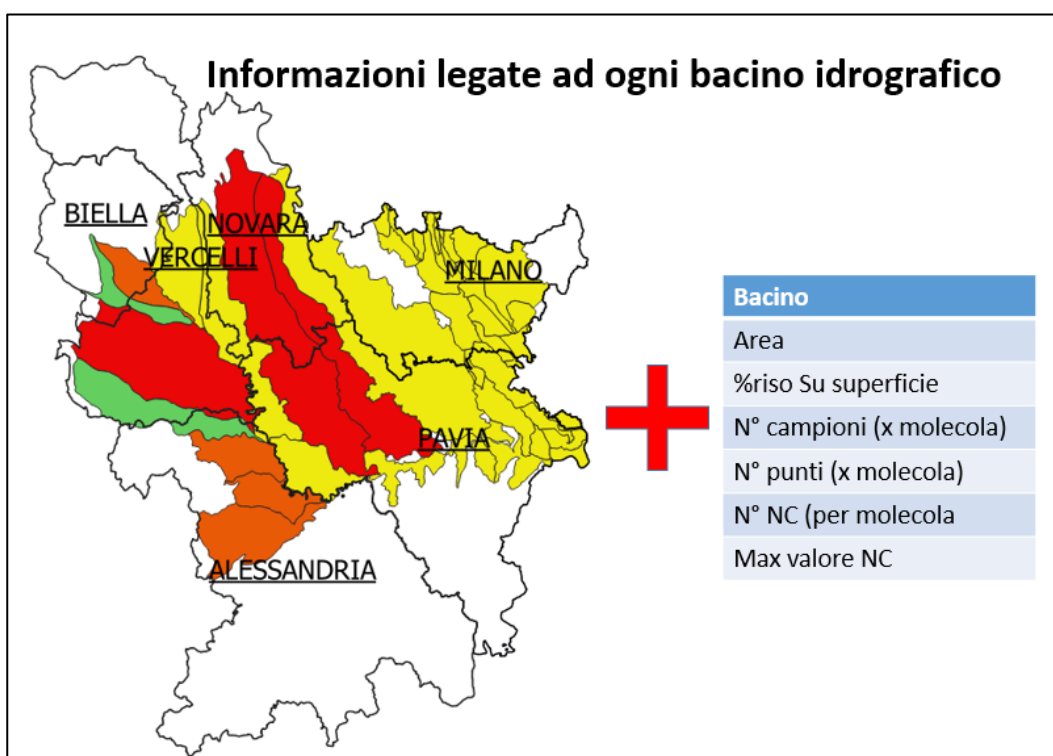


Figura 5. Esempio di zonizzazione mediante l'approccio *worst case scenario*. Ad ogni bacino viene attribuito il valore massimo riscontrato durante l'anno di campionamento.

La prosecuzione del lavoro ha portato a considerare non solo aspetti legati al quadro normativo nazionale ed europeo in materia di prodotti fitosanitari, ma anche a tentare di inserire nelle valutazioni alcuni aspetti legati all'ecotossicologia delle molecole dei prodotti fitosanitari considerati. Ogni molecola è infatti caratterizzata da una serie di parametri di tossicità per numerosi organismi e microorganismi terrestri o acquatici, contenuti nei review reports ed altri dossier presentati all'EFSA

per la valutazione delle molecole stesse. Utilizzando tali informazioni, unitamente ad elaborazioni proposte nella Deliberazione n. X/3233 del 6/3/2015 e nel D.g.r. 11 marzo 2019 n. XI/1376, contenenti le linee guida per l'applicazione in Lombardia del Piano di azione nazionale (PAN) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, sono stati ottenuti i valori di PNEC (*Predicted No Effect Concentration*), ovvero la massima concentrazione riscontrabile priva effetti negativi sull'ambiente, relativi alle molecole target in studio. I valori di PNEC sono inversamente proporzionali alla tossicità della molecola, di conseguenza una molecola con una tossicità elevata per un determinato organismo sarà caratterizzata da un valore di PNEC molto basso e viceversa.

Adottando lo stesso approccio proposto dalla Regione Lombardia nei documenti sopracitati, i valori di PNEC sono stati confrontati con le concentrazioni misurate nelle acque superficiali al fine di ottenere una valutazione di larga massima del rischio ecotossicologico, utilizzando la seguente formula:

$$RE = \frac{PEC}{PNEC}$$

In cui *RE* è il rischio ecotossicologico, *PEC* è la concentrazione ambientale prevista (*Predicted Environmental Concentration*) e *PNEC* la massima concentrazione riscontrabile priva effetti negativi sull'ambiente (*Predicted No Effect Concentration*). Come valori di PEC sono stati utilizzati, per ogni molecola in studio e per ogni bacino idrografico considerato, i valori massimi di concentrazione riscontrati nei database relativi agli anni di studio (2016, 2017 e 2018). Pur trattandosi di valori puntuali che potrebbero non essere rappresentativi di tutta l'area considerata come bacino idrografico, i dati di monitoraggio rappresentano comunque delle informazioni che consentono una prima valutazione del rischio ecotossicologico.

Secondo quanto proposto dalle linee guida per l'applicazione del PAN Lombardia, valori di *RE* inferiori a 1 costituirebbero una situazione sicura per le acque superficiali (Figura 6).

Nel lavoro svolto, ove possibile sono stati utilizzati i valori di PNEC reperibili nelle linee guida del PAN Regione Lombardia; per molecole dove questo valore non fosse già disponibile, invece, sono stati calcolati utilizzando la metodologia proposta dalla normativa REACH (*Registration, Evaluation, Authorization of Chemicals*; Tabella 3).

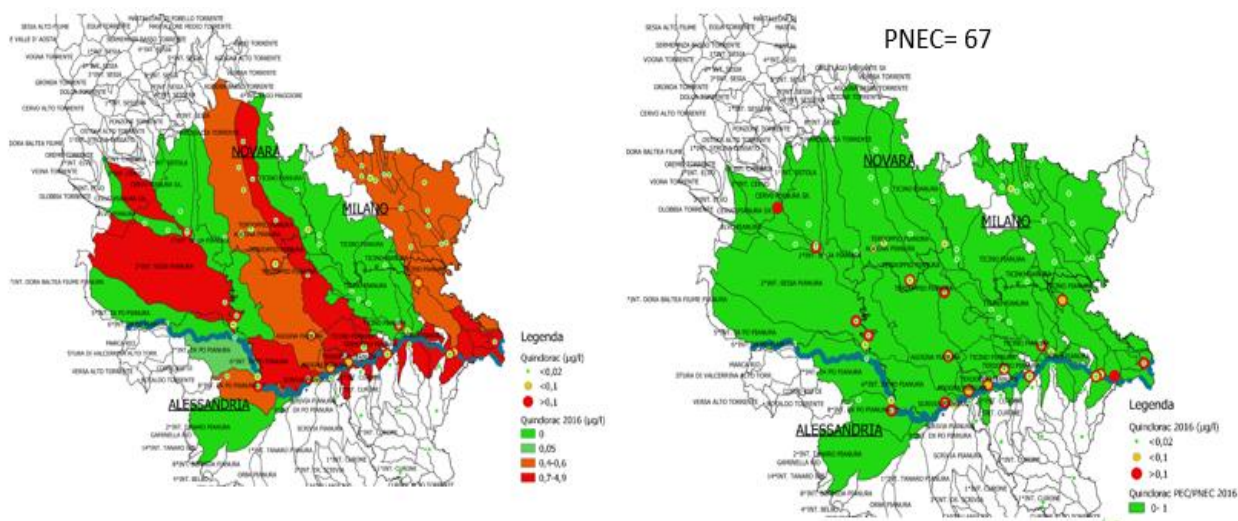


Figura 6. Esempio di zonizzazione eseguita mediante le due diverse metodologie proposte (valore massimo a sinistra e rapporto PEC/PNEC a destra). Dalle carte risulta subito chiara la differenza di rischio di contaminazione passando da un valore arbitrario di limite posto a 0,1 µg/litro ad un valore basato sulle caratteristiche ecotossicologiche della molecola. Dati riferiti alla molecola Quinclorac, PNEC: 67.

Tabella 3. Valori di PNEC (Predicted No Effect Concentration) per le molecole considerate.

Molecola	PNEC (µg/L)	Note
Oxadiazon	0,2	Sostanza revocata. Utilizzo consentito sino al 30 giugno 2020
Cycloxydim	1,6	Sostanza autorizzata su riso
Quinclorac	67	Sostanza revocata. Nel 2013, 2014, 2016, 2017 autorizzata per situazioni di emergenza su riso
MCPA	15	Sostanza autorizzata su riso.
AMPA	240	Metabolita del glifosate
Glifosate	112	Erbicida totale, impiegato in falsa semina, attualmente autorizzato.
Imazamox	72	Erbicida impiegato per varietà Clearfield
Pretilachlor	0,4	Sostanza revocata. Dal 2014 al 2017 autorizzata solo per situazioni di emergenza su riso

Anche in questo caso, come per il precedente indicatore, negli allegati è possibile reperire la cartografia integrale delle elaborazioni relative all'indicatore PEC/PNEC per i 3 anni di sperimentazione.

Come accennato precedentemente, il terzo indicatore proposto è stato realizzato utilizzando la media di concentrazione mensile tra i campioni prelevati nei punti di campionamento ricadenti all'interno dei bacini idrografici. Nel calcolo è stato adottato un approccio di tipo *medium-bound*: ai campioni

con concentrazioni al di sotto del limite di rilevabilità è stato attribuito un valore di concentrazione pari alla metà del limite di rilevabilità.

Il risultato dell'elaborazione, eseguita per l'anno 2016 e reperibile integralmente negli allegati, ha permesso di ottenere un dato di concentrazione media mensile in ogni bacino, successivamente tradotto graficamente in istogrammi. In questo modo, per ogni molecola presa in analisi, è stato possibile valutare in che mesi dell'anno si verificassero maggiormente superamenti dei limiti di concentrazione (Figura 7).

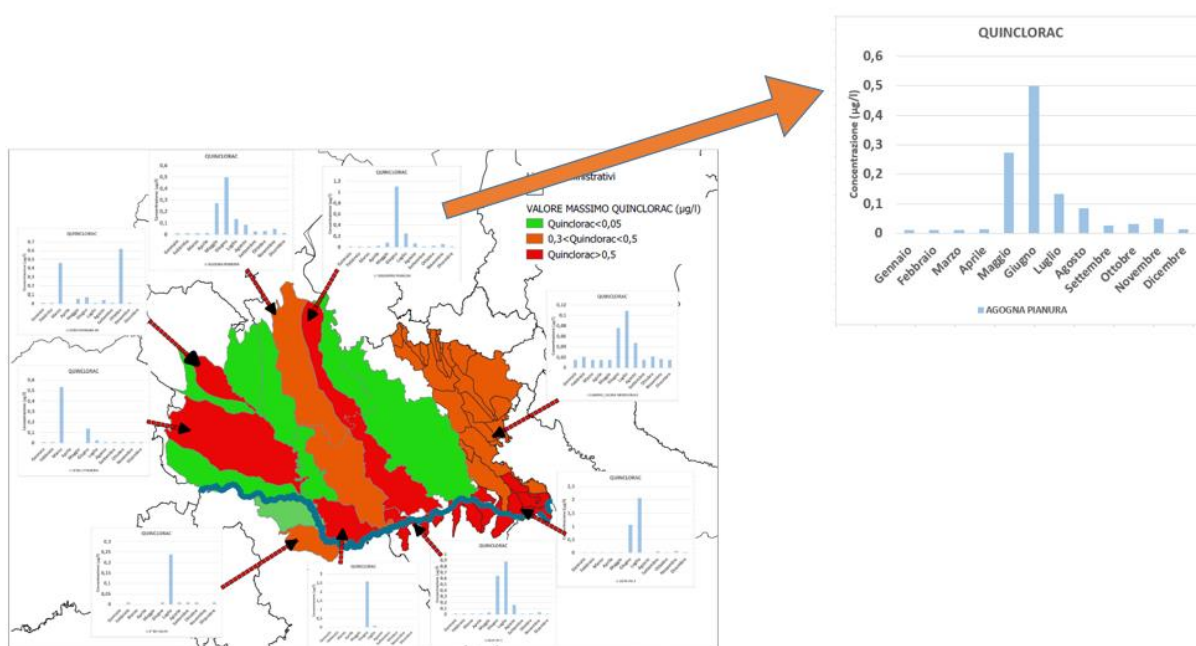


Figura 7. Rappresentazione grafica dell'elaborazione relativa ai valori medi mensili di contaminazione delle acque superficiali dei bacini presi in considerazione; esempio riportato relativo all'erbicida Quinclorac.

2.4. Risultati ottenuti mediante le elaborazioni dei dati di contaminazione e cartografici

Dai dati elaborati è stato possibile mettere in evidenza alcune criticità legate all'areale risicolo preso in considerazione; ogni tipo di elaborazione, inoltre, ha permesso di svolgere una serie di analisi e di confronti.

Come prima considerazione le molecole maggiormente riscontrate nei campionamenti presi in analisi, negli anni 2016, 2017 e 2018, sono state l'oxadiazon, il quinclorac e l'AMPA (metabolita del

glifosate). Erano presenti anche bentazone, MCPA e imazamox, sebbene con un andamento più variabile in funzione dell'anno di monitoraggio. La concentrazione massima riscontrata nei punti di campionamento, in alcuni casi, ha superato di almeno un ordine di grandezza il limite indicato dagli Standard di Qualità Ambientale (SQA), come riscontrabile in Tabella 4.

Tabella 4: Valori massimi di concentrazione riscontrati nei 3 anni di elaborazione e relativo bacino idrografico di rilevazione.

Molecola	2016		2017		2018	
	Bacino	µg/l	Bacino	µg/l	Bacino	µg/l
Glifosate	Asta PO 2	1,36	Lambro-Olona	2,35	Cervo DX	2,7
AMPA	Lambro-Olona	4,28	Lambro-Olona	13,7	Terdoppio	33
MCPA	Terdoppio	0,63	6° INT. SX PO	0,78	6° INT. SX PO	1,6
Cycloxiidim	Agogna	0,75	2° INT. SESIA	0,18	Cervo DX	1,7
Oxadiazon	Sesia	1,17	Cervo DX	2,29	Terdoppio	2,35
Pretilachlor	Cervo DX	1,33	6° INT. SX PO	1,14	Terdoppio	0,66
Quinclorac	Terdoppio	4,9	6° INT. SX PO	3,93	Cervo DX	1,62
Bentazone	NA	NA	Terdoppio	3,19	Agogna	6,35
Imazamox	8° INT DX PO	0,12	Cervo DX	0,91	Cervo DX	0,62

Relativamente al numero di rilevazioni superiori al limite di 0,1 µg/l, si evidenzia una maggior frequenza di superamento soprattutto per le molecole oxadiazon, quinclorac, AMPA e bentazone. Per quanto riguarda i bacini idrografici maggiormente contaminati dalle molecole prese in considerazione si evidenziano soprattutto quelli del torrente Cervo, del Sesia, dell'Agogna, Terdoppio e Lambro, nei quali si è potuto riscontrare uno o più superamenti della concentrazione di 0,1 µg/l durante l'anno, in almeno un punto di campionamento, per varie sostanze attive.

Tabella 5: Numero di campioni per i quali sono stati riscontrate concentrazioni superiori agli Standard di Qualità Ambientale.

Molecola	2016	2017	2018
Oxadiazon	64	60	64
Cicloxiidim	9	6	10
Imazamox	8	10	22

MCPA	14	6	20
Quinclorac	40	48	46
Glifosate	49	32	26
AMPA	93	140	180
Bentazone	105	117	48
Pretilachlor	7	20	20

La zonizzazione elaborata impiegando i dati di concentrazione massima annuale per bacino, sebbene influenzata da alcuni limiti di sovrastima del rischio, ha permesso di fornire un quadro generale sullo stato di contaminazione, e soprattutto di individuare le molecole maggiormente coinvolte. Va inoltre precisato che rispetto alla valutazione prevista attraverso l'applicazione degli SQA (standard di qualità ambientale), l'approccio utilizzato è senz'altro peggiorativo, in quanto il valore di riferimento per lo SQA (0,1 µg/l) viene calcolato come media annua delle concentrazioni.

La zonizzazione elaborata mediante l'impiego dei valori di PEC/PNEC ha permesso invece di fornire una rappresentazione nella quale il rischio viene valutato dando un peso adeguato alle caratteristiche di ecotossicità della molecola.

Dalle elaborazioni effettuate mediante questa metodologia, è emerso un rischio stimato per l'ecosistema decisamente più contenuto rispetto a quello derivante unicamente dall'applicazione della soglia di 0,1 µg/l. Le elaborazioni effettuate hanno infatti messo in evidenza valori del rapporto PEC/PNEC superiori ad 1 solamente per le sostanze attive oxadiazon e pretilachlor; nel primo caso relativamente ai bacini idrografici del Sesia, Cervo, Agogna, Terdoppio e di numerosi bacini idrografici del fiume Po; nel secondo caso invece la situazione è risultata problematica solo per il bacino idrografico del Cervo. Tale risultato è da ascrivere soprattutto al fatto che, come mostrato nella

Tabella 3, per gli erbicidi oxadiazon e pretilachlor, a causa delle loro caratteristiche ecotossicologiche, viene stimato un limite di PNEC più basso tra le molecole considerate (rispettivamente 0,2 e 0,4 µg/l).

Per quanto riguarda le elaborazioni mensili, condotte per il solo anno 2016, per effettuare un'analisi più dettagliata sull'andamento annuale di concentrazione delle molecole nei bacini idrografici, i dati analitici di monitoraggio regionale sono stati rielaborati, non più estraendo il valore massimo di concentrazione bensì effettuando una media di concentrazione mensile tra i punti ricadenti all'interno dei vari bacini idrografici; il risultato dell'elaborazione ha permesso di ottenere un dato di

concentrazione media mensile in ogni bacino, successivamente tradotto graficamente in istogrammi. In questo modo, per ogni molecola presa in analisi è stato possibile valutare in che mesi dell'anno si verificassero maggiormente superamenti dei limiti di concentrazione.

Per quanto riguarda il glifosate ed il suo metabolita AMPA, nel 2016, i picchi di concentrazione sono stati evidenziati soprattutto nel mese di marzo ed in quello di settembre. Per l'oxadiazon i valori sopra i limiti normativi sono emersi soprattutto nei mesi di maggio, giugno e luglio così come per il quinclorac, ritrovato nelle acque con valori elevati soprattutto nel mese di giugno e a volte in periodi non coincidenti con l'epoca di impiego del prodotto (ad esempio marzo e settembre). I trend messi in evidenza, ad eccezione di alcuni valori, sono in accordo con i periodi di maggior frequenza di distribuzione dei prodotti in risaia.

3. Analisi del rischio di trasferimento degli agrofarmaci veicolati dalle acque di irrigazione alle piante di riso: casi studio nell'areale risicolo

3.1 Obiettivi

Parallelamente al lavoro svolto su GIS nel corso del biennio 2017-18 sono state selezionate due camere di risaia localizzate, rispettivamente, presso il Centro Ricerche sul Riso di Ente Risi, a Castello d'Agogna (PV) e presso un'azienda biologica a Brusnengo (BI), ove indagare, a scala di campo, il potenziale rischio di contaminazione del riso biologico dovuto alle sostanze attive presenti nelle acque di irrigazione e derivanti dagli ordinari trattamenti applicati in agricoltura convenzionale.

3.2 Materiali e metodi

Le caratteristiche dei due appezzamenti sperimentali monitorati sono riassunti in Tabella 6.

Tabella 6. Caratteristiche dei siti sperimentali.

	Azienda	
	Centro Ricerche ENR	Baraggia ¹
Località	Castello d'Agogna (PV)	Brusnengo (BI)
Tessitura	Franco limoso	Franco limoso
Provenienza acque di irrigazione	Torrente Agogna e colature da campi a monte	Diga della Ravasanella
Modalità di semina	Interrata	In acqua
Varietà	S. Andrea	Rosa Marchetti
Ultimo anno di gestione convenzionale	2016	2015

¹ nome di fantasia per mantenere l'anonimato

Per raggiungere gli obiettivi della sperimentazione, in ciascun appezzamento sperimentale e in ogni anno di indagine, sono stati prelevati e sottoposti ad analisi multiresiduale per la ricerca di 50 s.a. e di 2 metaboliti, i seguenti campioni:

- 3 campioni di suolo all'inizio della stagione agraria, in 3 zone diverse del campo (Figura 8), in prossimità della bocchetta di entrata dell'acqua (a monte), al centro della camera,

verso la bocchetta di uscita (a valle), per comprendere le concentrazioni delle sostanze attive presenti prima della sommersione dell’appezzamento;

- 8 campioni di acqua, in altrettante epoche, prelevati all’interno della camera di risaia e composti ciascuno da 10 sub-campioni prelevati in diversi punti del campo;
- 18 campioni di pianta, relativamente alla parte epigea, derivanti da 6 campionamenti effettuati tra giugno e ottobre prelevando piante in 3 zone diverse del campo (Figura 8);
- 3 campioni di risone, prelevati in 3 diverse posizioni del campo (Figura 8) e, successivamente, in parte, sottoposti a lavorazione per ottenere 3 campioni di riso semigreggio e 3 campioni di riso bianco.

La scelta di prelevare campioni in diverse posizioni del campo è stata definita in modo da tener conto di eventuali gradienti di concentrazione di residui di agrofarmaci all’interno dello stesso appezzamento, come riportato da Ferrero *et al.* (2016).

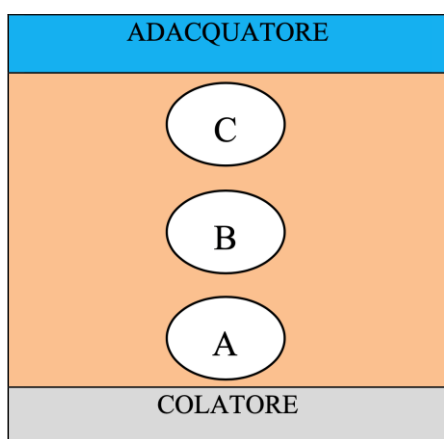


Figura 8. Rappresentazione schematica del campo sperimentale e dei punti di campionamento di suolo, piante e granella.

Le determinazioni analitiche sono state affidate al laboratorio ChemService - Controlli e Ricerche.

Le analisi multiresiduale state effettuate secondo i seguenti metodi:

- suolo: metodo interno PPA210 REV.0 2017 - LC-MS QQQ + GC-MS QQQ (tecnica QuEChERS, abbinata all’utilizzo di strumenti GC/MS e LC/MS);
- acqua: metodo interno PPA211 REV.0 2017 - LC-MS QQQ + GC-MS QQQ;

- piante e granelle di riso: metodo UNI EN 15662:2018 (tecnica QuEChERS, abbinata all'utilizzo di strumenti GC/MS e LC/MS).

Metodiche differenti sono state seguite per l'analisi di glifosate e del suo metabolita AMPA:

- suolo e pianta: metodo interno PPA231 REV.0 2018 - LC-MS QQQ;
- acqua: metodo interno PPA232 REV.0 2018 - LC-MS QQQ;
- granelle di riso: metodo interno PPA233 Rev. 0 2018 - LC-MS QQQ.

I risultati sono stati espressi sulla sostanza secca per le matrici suolo e pianta, mentre per le granelle di riso sono stati riferiti all'umidità commerciale del 13%.

3.3 Risultati

Suolo

Per via della rotazione colturale prevista nella coltivazione del riso con metodo biologico, in ciascuna azienda considerata, i campioni di suolo prelevati nel 2017 sono stati localizzati in una camera diversa da quella del 2018, quindi non direttamente comparabili in termini assoluti. Tuttavia, in termini generali, i risultati delle analisi forniscono un'importante informazione sul comportamento delle sostanze analizzate, tenuto conto che entrambe le camere hanno avuto una gestione convenzionale simile e un inizio comune del periodo di conversione.

I campioni di suolo del Centro Ricerche hanno mostrato, nel 2017, la presenza di oxadiazon in 2 dei 3 campioni analizzati, con concentrazioni comprese tra 0,01 e 0,02 mg/kg; di triciclazolo in 1 dei 3 campioni, alla concentrazione di 0,01 mg/kg; glifosate e AMPA in tutti i campioni analizzati, a concentrazioni, rispettivamente, variabili tra 1,15 e 1,51 mg/kg e tra 0,40 e 0,46 mg/kg (figura 9). Nel 2018, i campioni di suolo del Centro Ricerche hanno messo in evidenza la presenza di oxadiazon alla concentrazione di 0,01 mg/kg nei 3 campioni di suolo sottoposti ad analisi, di pendimetalin alla concentrazione di 0,01 mg/kg in 1 dei 3 suoli analizzati e di glifosate ed AMPA in tutti i suoli campionati con concentrazioni variabili tra 0,07 e 0,09 mg/kg per il primo e tra 0,20 e 0,22 mg/kg per il metabolita (Figura 9). Tutti gli agrofarmaci riscontrati sono stati utilizzati nel periodo pre-conversione.

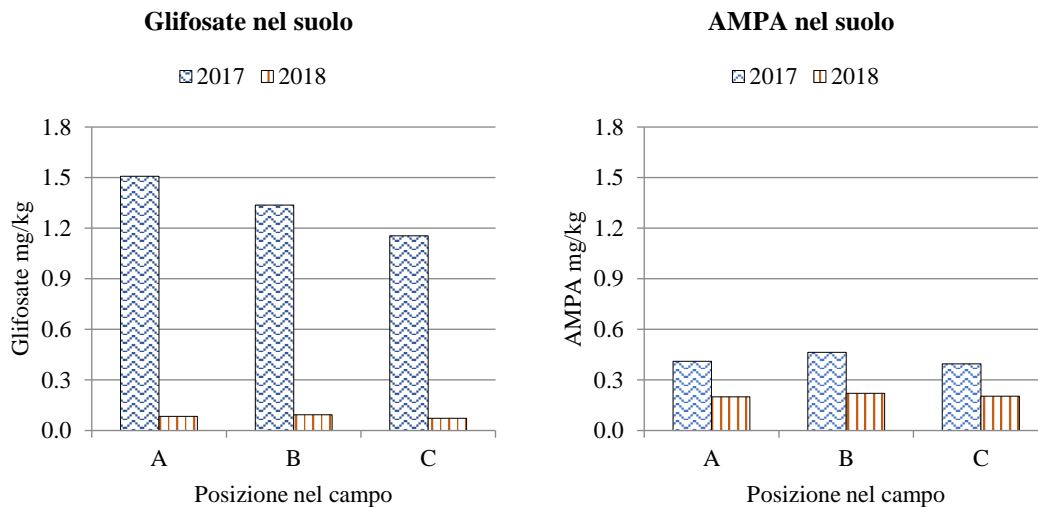


Figura 9. Concentrazioni di glifosate e AMPA riscontrate nei suoli del Centro Ricerche sul Riso-

Anche nell'azienda Baraggia, i campioni di suolo hanno mostrato nel 2017 residui di oxadiazon in 2 dei 3 suoli analizzati a concentrazioni variabili tra 0,01 e 0,02 mg/kg; glifosate ed AMPA sono stati riscontrati in tutti i suoli campionati a concentrazioni variabili tra 0,04 e 0,05 mg/kg per il parentale e tra 0,08 e 0,12 mg/kg per il metabolita (Figura 10). Nel 2018 sono stati rilevati residui di glifosate, in 2 dei 3 suoli, a concentrazioni di 0,05 e 0,06 mg/kg e di AMPA, in tutti e tre i suoli a concentrazioni variabili tra 0,10 e 0,13 mg/kg (Figura 10). Tutti gli agrofarmaci riscontrati sono stati utilizzati nel periodo pre-conversione.

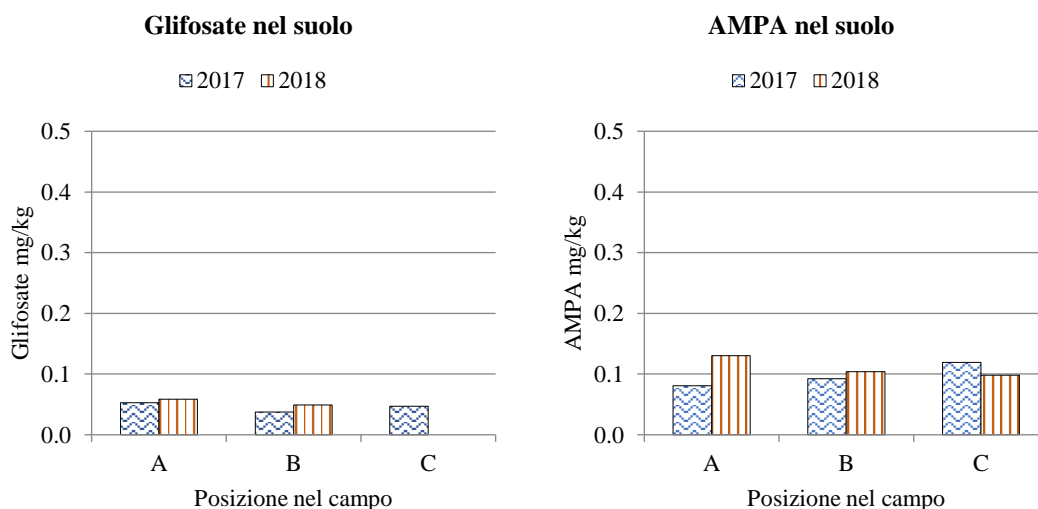


Figura 10. Concentrazioni di glifosate e AMPA riscontrate nei suoli della azienda Baraggia.

I risultati confermerebbero quanto riportato in bibliografia circa la persistenza di glifosate e AMPA nel suolo (EFSA, 2015; Bento et al., 2016), la quale può essere influenzata da numerosi fattori pedologici (Maggi et al., 2020). Va tuttavia specificato che, nelle condizioni di risaia, non è possibile distinguere tra gli apporti derivanti da precedenti applicazioni nel periodo pre-conversione e quelli provenienti dal trasporto per mezzo delle acque di irrigazione.

Acqua di risaia

In entrambi gli anni di monitoraggio è stato rilevato un maggior numero di sostanze attive nelle acque del Centro Ricerche rispetto a quello della azienda Baraggia. Tale risultato è giustificabile dalla localizzazione nella porzione medio-bassa del comprensorio risicolo del Centro Ricerche di ENR che pertanto riceve più colature dei campi a monte rispetto alla azienda Baraggia, situata, viceversa, nella porzione settentrionale del territorio risicolo.

Bentazone, MCPA, clomazone, imazamox, quinclorac, glifosate con AMPA, azoxystrobin sono risultate essere le sostanze attive rilevate a maggiori concentrazioni e/o con maggiore frequenza.

Scendendo più nel dettaglio, nel 2017, nelle acque del Centro Ricerche ENR, sono state riscontrate 17 sostanze attive tra le quali bentazone, clomazone, halosulfuron-methyl, imazamox e MCPA in concentrazioni superiori a 0,1 µg/L (Figura 11).

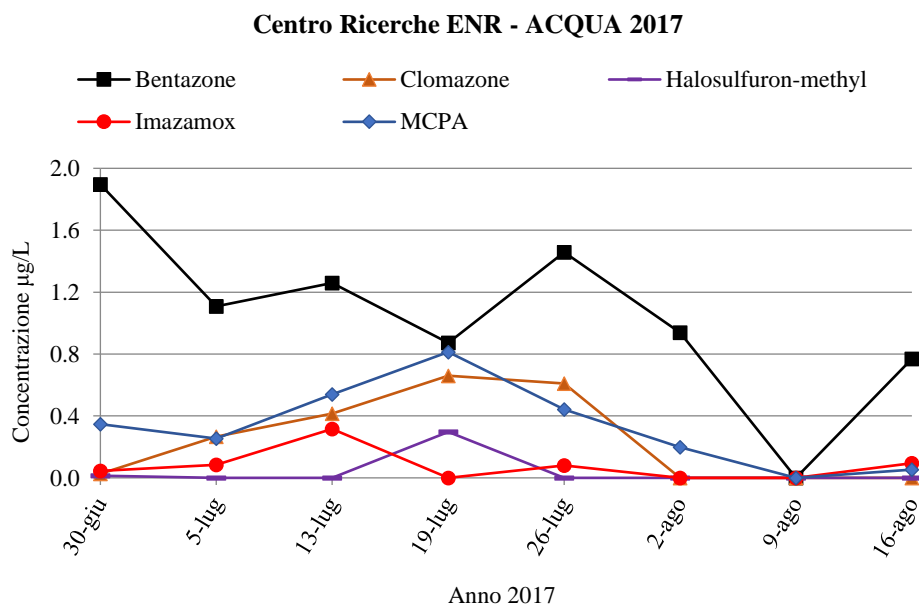


Figura 11. Concentrazioni delle principali s.a. rilevate nell'acqua del Centro Ricerche sul Riso, nel 2017.

L'agrofarmaco più riscontrato nelle acque di risaia è risultato essere il bentazone, un erbicida utilizzato su mais, soia e altre colture, ma non su riso, e che, nel rilievo del 30 giugno 2017, ha fatto registrare un picco di 1,90 µg/L. Il ritrovamento di questo erbicida in tale comparto ambientale potrebbe essere dovuto alla bassa capacità di adsorbimento al suolo e alla buona solubilità in acqua (López-Piñeiro et al., 2017). Un secondo contaminante di rilievo è risultato MCPA, soprattutto nel campionamento del 19 luglio 2017, in cui ha fatto rilevare un picco di concentrazione di 0,81 µg/L. La presenza di questo agrofarmaco è risultata in linea con il periodo di applicazione, previsto durante l'accestimento del riso, per il controllo delle infestanti dicotiledoni. Il clomazone ha presentato un picco di concentrazione pari a 0,66 µg/L nel campionamento effettuato il 19 luglio 2017. L'impiego di questo principio attivo è diffuso nella semina interrata del riso e la sua presenza è stata riscontrata ad una certa distanza di tempo rispetto dall'epoca di applicazione. Va tuttavia ricordato che questo erbicida è autorizzato anche per l'impiego su altre colture, tra cui mais e soia. Per quanto concerne i principi attivi imazamox e halosulfuron-metile, la presenza dei loro residui è risultata in linea con i trattamenti di post-emergenza del periodo. Tutti i restanti agrofarmaci sono stati riscontrati nelle acque a livelli di concentrazione inferiori a 0,1 µg/L.

Nel 2018, nelle acque del Centro Ricerche di ENR, sono state rilevate 19 s.a. e 1 metabolita di cui AMPA, azoxystrobin, bentazone, clomazone, glifosate, imazamox, MCPA, picoxystrobin e quinclorac a concentrazioni superiori a 0,1 µg/L (Figura 12).

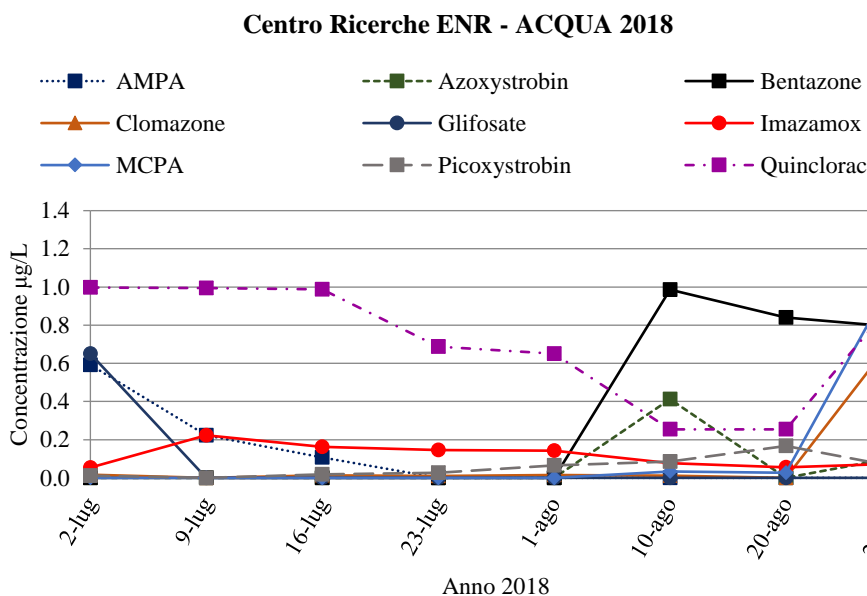


Figura 12. Concentrazioni delle principali s.a. rilevate nell'acqua del Centro Ricerche sul Riso, nel 2018.

In tale stagione colturale, la sostanza che ha fatto registrare la maggior presenza di residui nelle acque, con valori prossimi a 1 µg/L nei primi tre campionamenti, è risultata il quinclorac.

Nei primi campionamenti di acqua è stata inoltre rilevata la presenza di glifosate e del suo metabolita AMPA. Tale erbicida trova, nell'areale della Lomellina, ampia utilizzazione per la devitalizzazione delle malerbe al termine della falsa semina. I picchi di concentrazione dei fungicidi azoxystrobin e picoxystrobin, pari rispettivamente a 0,41 µg/L e 0,17 µg/L, sono risultati in linea con il periodo di applicazione. Anche l'erbicida imazamox ha mostrato andamenti in linea con le consuete finestre temporali di utilizzazione. Le elevate concentrazioni di bentazone, clomazone, MCPA, quinclorac rilevate il 28 agosto 2018 potrebbero essere dovute all'anticipata asciutta finale delle risaie a monte rispetto al campo monitorato.

A Brusnengo, nel 2017, sono state riscontrate 5 sostanze attive di cui 3 in concentrazioni degne di nota ossia bentazone (erbicida che su gran parte del territorio risicolo non è autorizzato su questa coltura), clomazone e MCPA (Figura 13).

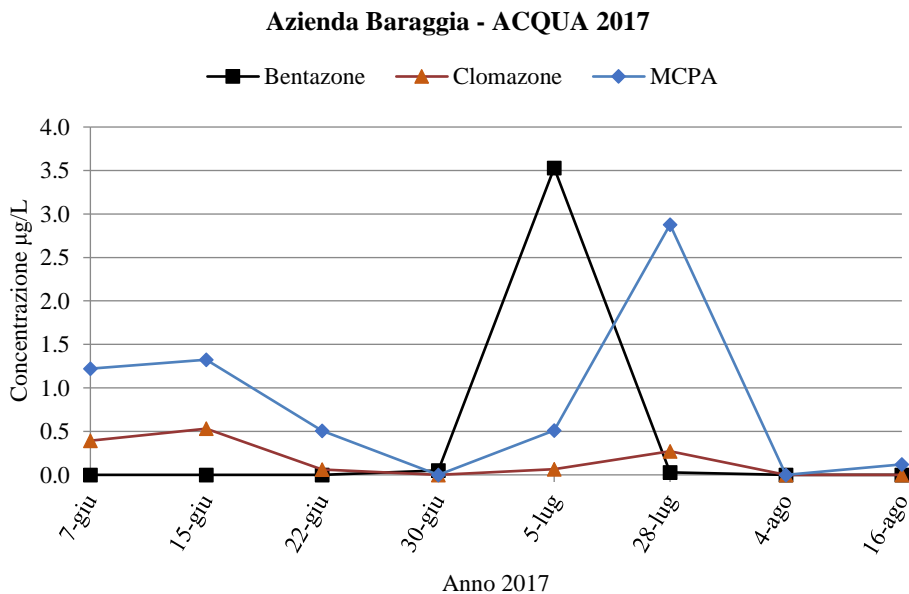


Figura 13. Concentrazioni delle principali s.a. rilevate nell'acqua della azienda Baraggia, nel 2017.

Anche in questa prova le sostanze attive che hanno fatto registrare i residui più elevati sono state il bentazone e l'MCPA, con concentrazione massime pari, rispettivamente, a 3,53 µg/L, il 5 luglio 2017 e a 2,87 µg/L, il 28 luglio 2017. Il picco di bentazone potrebbe essere dovuto ad utilizzi su altre colture, mentre quello di MCPA, posticipato rispetto al consueto periodo di applicazione, potrebbe essere legato ad un impiego tardivo del prodotto per interventi di soccorso nei campi a monte di quello monitorato.

Nel 2018, le acque della azienda Baraggia hanno mostrato la presenza di 14 s.a. e di 1 metabolita di cui solo glifosate e AMPA a concentrazioni superiori a 0,1 µg/L (Figura 14).

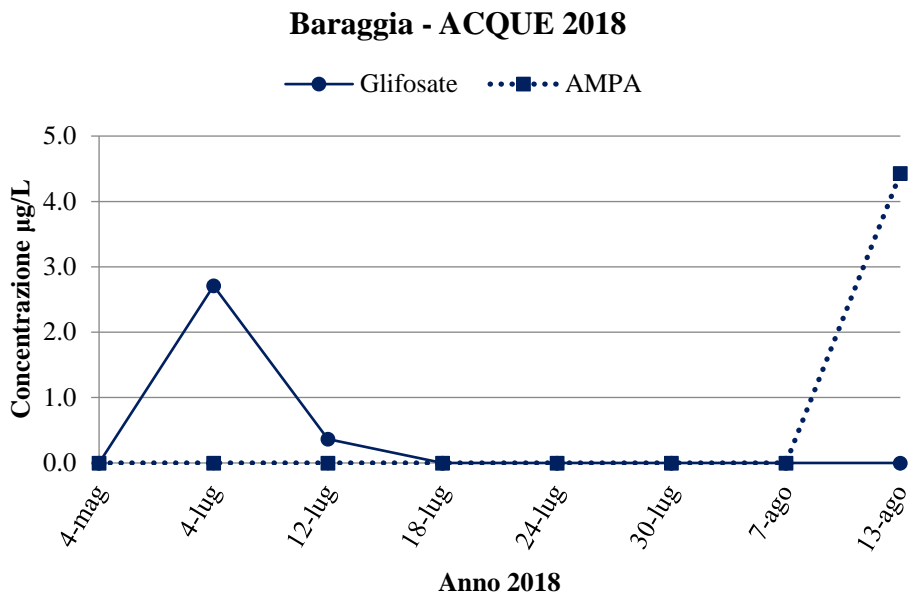


Figura 14. Concentrazioni delle principali s.a. rilevate nell'acqua della azienda Baraggia, nel 2018.

L'erbicida e il suo metabolita hanno fatto registrare un picco di concentrazione rispettivamente di 2,71 µg/L, il 4 luglio 2018 e di 4,43 µg/L, il 13 agosto 2018. Lo sfasamento di oltre un mese nei picchi massimi delle due molecole è, verosimilmente, da porre in relazione alla elevata solubilità e stabilità nell'acqua del parentale.

Campioni vegetali

Nel biennio di studio, nelle piante del Centro Ricerche, sono state riscontrate 3 sostanze attive (Tabella 7).

Tabella 7. Concentrazioni delle s.a. rilevate nelle piante di riso del Centro Ricerche sul Riso.

Anno	S.A.	Data	Pianta A mg/kg*	Pianta B mg/kg*	Pianta C mg/kg*
2017	Oxadiazon	30-giu	0,12	0,07	0,15
		22-giu		0,04	
2018	Azoxystrobin	1-ago	0,10	0,12	0,11
		20-ago	0,13		
		28-ago	0,06		
	Dicamba	5-ott		0,43	

*: in caso di assenza del valore, la concentrazione è da intendersi inferiore al limite di rilevabilità.

Nel 2017 sono stati riscontrati nelle piante di riso soltanto residui di oxadiazon alla prima epoca di campionamento, il 30 giugno 2017, presumibilmente dovuti alla presenza di questa molecola nel suolo, data l'assenza della stessa nell'acqua. Tale constatazione è in accordo con quanto riportato da Ishizuka et al. (1975) secondo cui l'erbicida può essere assorbito dalle radici e traslocato principalmente nelle foglie più vecchie di riso.

Nel 2018, azoxystrobin è risultata essere la s.a. riscontrata con più frequenza nelle piante di riso. Le positività concordano, tendenzialmente, con il periodo di applicazione del fungicida, ad eccezione del riscontro del 22 giugno 2017, non spiegabile con l'assunzione del prodotto dal suolo o dall'acqua, non essendo lo stesso stato rilevato nel terreno e non essendo ancora stata effettuata la sommersione del campo. È stata osservata, inoltre, una positività al dicamba, erbicida di post-emergenza usato in diverse colture, tra cui mais e frumento, ma non autorizzato su riso.

Nelle piante di riso della azienda Baraggia sono stati riscontrati residui di oxadiazon, azoxystrobin, MCPA, picoxystrobin e propanile (Tabella 8).

Tabella 8. Concentrazioni delle principali s.a. rilevate nelle piante di riso della azienda Baraggia.

Anno	S.A.	Data	Pianta A mg/kg*	Pianta B mg/kg*	Pianta C mg/kg*
2017	Oxadiazon	15-giu	0,08		
		12-lug		0,04	0,04
	Azoxystrobin	30-lug	0,09		
		13-ago			0,09
2018	MCPA	2-ott	2,24	1,23	
	Oxadiazon	15-giu		0,04	
	Picoxystrobin	13-ago	0,24		
	Propanile	15-giu	0,06	0,10	0,06

*: in caso di assenza del valore, la concentrazione è da intendersi inferiore al limite di rilevabilità.

L'oxadiazon è stato riscontrato nelle piante in entrambi gli anni di monitoraggio, esclusivamente alla prima epoca di campionamento. La stessa sostanza attiva è stata rilevata, nel primo anno, soltanto nel suolo, mentre, nel secondo, solo nell'acqua.

I riscontri analitici di azoxystrobin e picoxystrobin sono risultati ben correlati con i consueti periodi di applicazione dei fungicidi, ma mentre la prima s.a. è stata riscontrata nelle acque a concentrazioni vicine al limite di quantificazione, la seconda non è mai stata determinata. Il mancato ritrovamento nell'acqua, nel 2018, di picoxystrobin potrebbe essere legato alla frequenza dei campionamenti effettuati ad intervalli variabili in funzione del programma di gestione irrigua stabilito dall'azienda.

La presenza, nel 2018, nelle piante di riso di residui di MCPA, è da porre in relazione alle concentrazioni rinvenute nelle acque, data l'assenza di residui dell'erbicida nel suolo.

Il mancato ritrovamento di picoxystrobin e propanile nelle acque è verosimilmente da porre in relazione al programma dei campionamenti, non coincidente con l'epoca della loro presenza.

Granella

Nel biennio di studio, in entrambe le località di monitoraggio, non sono mai state riscontrate positività alle sostanze attive/metaboliti indagati nelle cariossidi di riso nelle differenti tipologie commerciali (risone, semigreggio e bianco).

4. Valutazioni sulla concentrazione dei residui nelle acque di sommersione e possibili misure di mitigazione per la riduzione della contaminazione delle acque superficiali

Nell'ambito del WP4, in seguito alle elaborazioni per l'individuazione delle zone maggiormente interessate dalla presenza di prodotti fitosanitari nelle acque superficiali si è proceduto ad analizzare ulteriormente i dati raccolti, comparandoli con risultati di studi precedentemente condotti nello stesso sistema risicolo, al fine di stimare possibili valori di presenza di residui nelle acque di irrigazione compatibili con quelli individuabili in risaie biologiche utilizzando acque provenienti dai canali di adacquamento promiscui; allo stesso tempo sono state individuate e proposte, analizzando la bibliografia disponibile, alcune misure che potrebbero essere adottate nelle aziende convenzionali per ridurre il rischio di contaminazione dei corpi idrici, massimizzando la degradazione delle sostanze attive all'interno delle camere di risaia.

Per quanto riguarda il primo punto, l'analisi dei dati ha messo in luce la presenza di concentrazioni, sebbene a volte superiori ai limiti previsti per gli SQA, nella maggior parte dei casi comprese tra 0,1 e 5 µg/L, fatta eccezione per alcuni saltuari valori superiori a 10 µg/L. Questi valori, in accordo con la letteratura in materia di dissipazione di prodotti fitosanitari all'interno delle camere di risaia, sono generalmente di circa un ordine di grandezza inferiori rispetto a quanto misurabile all'interno di una risaia nei primi giorni successivi a un intervento di diserbo (Ferrero et al., 2001; Milan et al., 2010; Milan et al., 2012; Milan et al., 2016; Milan et al., 2017). A seguito di interventi di diserbo eseguiti in risaia, infatti, le concentrazioni misurabili all'interno della camera, in funzione del prodotto impiegato, variano generalmente tra 10 e 50 µg/L nei giorni immediatamente seguenti all'intervento. Ne consegue che, nel caso di misurazioni di concentrazioni superiori a circa 10 µg/L all'interno di risaie gestite in biologico è ragionevole prevedere analisi ed indagini più approfondite, volte a valutare le cause della presenza di tali residui. Tale metodo di indagine può tuttavia essere valido solamente se il campionamento viene effettuato nei giorni immediatamente successivi ad un

eventuale trattamento fitosanitario, in quanto, come detto precedentemente la degradazione delle molecole avviene in genere in un tempo relativamente breve. Un ulteriore metro di valutazione per la presenza di incongruenze tra i residui riscontrati in risaia e la gestione biologica può essere quello di campionare nello stesso momento l'acqua presente nella camera e quella in ingresso, così da valutare se la presenza di residui sia attribuibile ad un inquinamento ambientale generalizzato. Anche questa metodologia può tuttavia prestarsi ad errori in quanto la presenza di contaminanti all'interno della camera di risaia potrebbe derivare da un ingresso avvenuto nei giorni precedenti, data la permanenza dell'acqua nella camera per un tempo variabile.

Per quanto riguarda la limitazione dell'ingresso di residui nelle acque dei corpi idrici superficiali, le misure di mitigazione proposte tengono conto di vari studi condotti nell'areale risicolo dal 1997 ad oggi, valutando il comportamento ambientale di diverse molecole erbicide impiegate nel diserbo del riso.

Tra le misure di mitigazione impiegate in agricoltura, quelle che meglio si adattano alla risicoltura senza richiedere la realizzazione di strutture specifiche riguardano, come prevedibile, le operazioni di gestione dell'acqua nelle fasi successive alla effettuazione di trattamenti con prodotti fitosanitari, oltre che il corretto utilizzo dei macchinari per le operazioni di diserbo e la corretta gestione della rete idrica di adacquamento e sgrondo.

Gestione dell'acqua prima e dopo gli interventi con prodotti fitosanitari

Dalle analisi dei dati disponibili in letteratura raccolti negli anni (in particolare in Ferrero et al., 2001; Milan et al., 2010; Milan et al., 2012; Milan et al., 2016; Milan et al., 2017), è emerso che il periodo critico in cui si registrano le concentrazioni più elevate di sostanze attive nelle camere è compreso in una finestra temporale di 7-10 giorni dal trattamento. Questo periodo è generalmente sufficiente a consentire una dissipazione quantitativamente importante delle molecole presenti. Ne consegue che per limitare il rischio di contaminazione delle acque del sistema risicolo, è di primaria importanza evitare l'apertura delle bocchette di uscita delle camere per almeno una settimana.

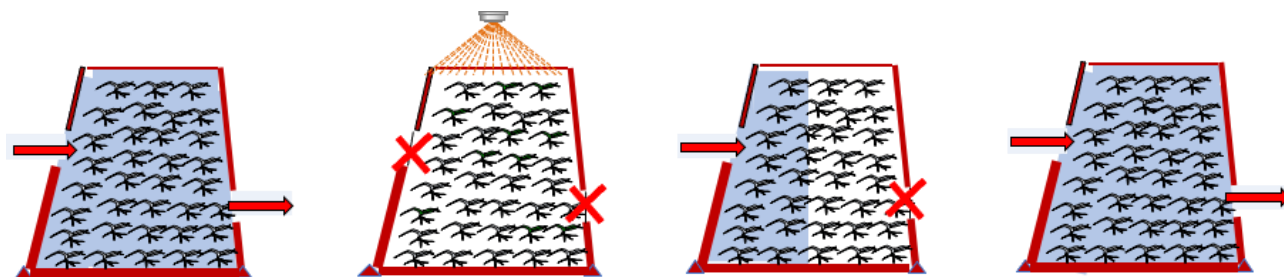


Figura 15. Procedimento di ripristino dell'acqua a seguito di un intervento fitosanitario per ridurre il rischio di perdite di prodotti per ruscellamento. Dopo il trattamento, il ripristino dell'acqua deve essere effettuato con bocchetta di scarico chiusa e deve essere il più lento possibile (almeno 4-5 giorni). Al raggiungimento del completo riempimento della camera sarà poi possibile aprire la bocchetta di scarico e permettere all'acqua di fluire.

Un ulteriore fattore di importanza rilevante per quanto riguarda la mitigazione dell'inquinamento idrico da parte di prodotti fitosanitari è relativo alla ri-sommersione della camera dopo la realizzazione di un intervento di diserbo con risaia sgrondata; in queste condizioni, infatti, il ripristino della sommersione, se effettuata in modo eccessivamente rapido, può determinare un gradiente di concentrazione delle molecole erbicide decisamente accentuato. In prossimità della bocchetta in ingresso la concentrazione sarà inferiore a causa della diluizione del prodotto da parte dell'acqua in ingresso, mentre nelle vicinanze di quella di uscita sarà possibile individuare una concentrazione superiore di diserbante, a seguito dell'accumulo. Per ridurre il rischio di aumento della concentrazione di residui di prodotti fitosanitari in prossimità delle bocchette di uscita, e quindi nella acque in uscita delle stesse, è fondamentale mantenere un adeguato livellamento del terreno, evitando un accumulo idrico nella parte bassa della camera e limitando la velocità di ri-sommersione della stessa. Nel caso di camere interconnesse, potrebbe essere inoltre utile prevedere dosaggi di prodotti fitosanitari via via minori a partire dalla camera posta a monte verso quelle a valle, sempre nel rispetto dei valori massimi e minimi riportati in etichetta.

Per limitare l'ingresso di sostanze attive nella rete irrigua è inoltre indispensabile ottimizzare la distribuzione dei prodotti fitosanitari, evitando il più possibile fenomeni di deriva. Le indicazioni da seguire riguardano la corretta calibrazione del macchinario da utilizzare, avendo cura di impostare correttamente la pressione di esercizio, il volume di distribuzione, l'altezza della barra irroratrice e la

velocità di avanzamento. Oltre a queste indicazioni è da privilegiare l'utilizzo di ugelli anti-deriva. Per limitare al massimo la contaminazione dei corpi idrici va inoltre prestata molta attenzione a mantenere le corrette distanze dai corpi idrici. Più in generale, si può fare riferimento alle misure di mitigazione della deriva proposte nell'ambito dei progetti TOPPS.

5. Conclusioni

Dai risultati dello studio in campo e dell'analisi di bacino si evidenzia la presenza nelle acque di irrigazione di residui di alcuni prodotti fitosanitari impiegati nell'agricoltura convenzionale. Tra le molecole maggiormente riscontrate in ambiente risicolo nel triennio di elaborazione, sono da evidenziare oxadiazon, il quinclorac, e glifosate, insieme al suo principale metabolita AMPA, molecole abitualmente utilizzate in risicoltura. Da segnalare la presenza di bentazone, prodotto invece non autorizzato su riso su gran parte dell'area risicola. Dalle elaborazioni territoriali, pressoché tutti i bacini idrografici presi in considerazione hanno messo in evidenza la presenza di casi in cui le concentrazioni massime annue dei residui di prodotti fitosanitari sono risultate eccedenti 0,1 µg/l; casi di superamento più frequenti e relativi a un maggior numero di molecole sono stati riscontrati nel bacino idrografico del Cervo, del Sesia, dell'Agogna, del Terdoppio e del Lambro, oltre che alcuni tratti dei bacini del fiume Po.

I valori di contaminazione delle acque, se valutati attraverso un approccio eco-tossicologico, basato quindi sulla tossicità intrinseca della singola molecola, risultano nettamente ridimensionati rispetto alla valutazione basata esclusivamente sul superamento di una soglia di concentrazione comune a tutte le molecole.

In linea generale, le molecole ritrovate nei campionamenti effettuati nelle singole risaie delle prove in campo trovano riscontro, con buona approssimazione, nei risultati dei monitoraggi condotti a livello di bacino idrografico. Di conseguenza, indicazioni circa lo stato generale di qualità delle acque che, attraverso la rete irrigua, possono giungere nelle risaie coltivate secondo il sistema di produzione biologica, possono essere ottenute facendo uso dei dati sui monitoraggi delle acque fruibili dai portali delle Arpa regionali.

Lo studio di campo ha evidenziato la presenza di residui di prodotti fitosanitari nei suoli di risaia precedentemente coltivati con il metodo convenzionale e successivamente convertiti al biologico. Le positività hanno riguardato le molecole impiegate in tali risaie nel periodo pre-conversione e hanno visto prevalere sostanze attive la cui persistenza è nota (es. oxadiazon, AMPA) o per le quali viene riportata una persistenza variabile in funzione di dispersi aspetti pedologici (es. glifosate).

Gli agrofarmaci riscontrati con maggiore frequenza a concentrazioni superiori a 0,1 µg/L nelle acque delle camere monitorate sono risultati essere bentazone, MCPA, clomazone, imazamox, quinclorac, glifosate con AMPA, azoxystrobin.

Le piante di riso hanno mostrato la presenza di sostanze attive quali oxadiazon, MCPA, azoxystrobin, picoxystrobin, propanile e dicamba da porre in relazione alla loro presenza nel suolo e/o nelle acque di irrigazione.

Va evidenziato, tuttavia, che nel biennio di monitoraggio e in entrambe le aziende considerate nello studio di campo, non sono mai stati riscontrati residui nelle granelle di riso nei diversi formati commerciali (risone, riso semigreggio e riso bianco).

Dal quadro complessivo si può ragionevolmente concludere che le attuali condizioni di uso promiscuo delle acque di irrigazione tra risicoltura biologica e convenzionale non determinano particolari rischi di contaminazione del prodotto riso biologico destinato al consumo.

6. Bibliografia

Bento C.P.M., Yang X., Gort G., Xue S., Van Dam R., Zomer P., Mol H.G.J., Ritsema C.J., Geissen V., 2016. Persistence of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in loess soil under different combinations of temperature, soil moisture and light/darkness. *Science of the Total Environment*, 572, 301-311.

EFSA, 2015. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. *EFSA Journal*, 13(11):4302.

Ferrero A., Vidotto F., Gennari M., Negre M. (2001). Behavior of cinosulfuron in paddy surface waters, sediments, and ground water. *Journal of environmental quality*, 30, (1), 131-40.

Ferrero A., Milan M., Fogliatto S., De Palo F., Vidotto F., 2016. Ruolo della gestione dell'acqua in risaia nella mitigazione del rischio di contaminazione delle acque superficiali da prodotti fitosanitari. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 37-46.

Ishizuka K., Hirata H., Fukunaga K., 1975. Adsorption, translocation and metabolism of 2-tert-Butyl-4-(2,4-dichloro-5-isopropoxyphenyl)-1,3,4-oxadiazolin-5-one (Oxadiazon) in Rice Plants. *Agricultural and Biological Chemistry*, 39(7), 1431-1446.

López-Piñero A., Peña D., Albarrán A., Sánchez-Llerena J., Rato-Nunes J. M., Rozas M.A., 2017. Behaviour of bentazon as influenced by water and tillage management in rice-growing conditions. *Pest Management Science*, 73, 1067-1075.

Maggi F., la Cecilia D., Tang F.H.M., McBratney A., 2020. The global environmental hazard of glyphosate use. *Science Of The Total Environment*, 717, 137167.

Milan M., Vidotto F., Negre M., Piano S., Ferrero A. (2010). Environmental fate of oxadiazon in paddy fields. *Proceedings of XV European Weed Research Society Symposium*, Kaposvar, Hungary.

Milan M., Vidotto F., Piano S., Negre M., Ferrero A. (2012). Dissipation of propanil and 3,4-dichloroaniline in three different rice management systems. *Journal of environmental quality*, 41, (5) 1487-1496.

Milan M., Vidotto F., Fogliatto S., Ferrero A., (2016). Water and soil dissipation of propanil, 3,4-dichloroaniline, DCNB, DCAB and TCAB in two different rice management systems. Unpublished data.

Milan M., Vidotto F., Fogliatto S., De Palo F., Ferrero A., (2017). Imazamox dissipation in two rice management systems. *Journal of agricultural science*, 155, (3) 431-445.