

**Valutazione dell'impatto ambientale delle pratiche vivaistiche  
e studio della vulnerabilità intrinseca della falda nel territorio pistoiese**

Valutazione dell'impatto ambientale  
delle pratiche vivaistiche  
e studio della vulnerabilità intrinseca  
della falda nel territorio pistoiese



luglio 2001



# Valutazione dell'impatto ambientale delle pratiche vivaistiche e studio della vulnerabilità intrinseca della falda nel territorio pistoiese

## Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento a Maurizio Trevisani, ARPAT, Settore tecnico SIRA, per la consulenza tecnico-informatica.

© ARPAT 2001

Coordinamento editoriale e redazione: Silvia Angiolucci, ARPAT

Realizzazione editoriale e stampa: Litografia I.P., Firenze, luglio 2001

Copertina: Franco Signorini

## **AUTORI**

### **Autori parte prima**

**Claudio Coppi**

**Lucia Pagliai**

**Lidia Mancini**

**Paola Mancini**

**Serena Nesti**

*ARPAT, Dipartimento  
provinciale di Pistoia*

### **Autori parte seconda**

**Ferruccio Capecchi**

*GTI – Geologia Tecnica*

**Giovanni Pranzini**

*Docente di Idrogeologia,*

*Dipartimento di Scienze della terra,*

*Università degli Studi di Firenze*

Hanno collaborato:

Mariella Affuso

Fabio Boni

Nadia Filippelli

Manuela Marvardi

Paola Milaneschi

## INDICE

<b>Prefazione</b>	
<i>Alessandro Lippi</i>	<i>pag.</i> 9
<b>Premessa</b>	
<i>Giorgio Taffini</i>	11
<b>Parte prima</b>	
<b>Introduzione</b>	17
<b>1 Uso del suolo e principali tipologie culturali nel territorio del comune di Pistoia</b>	19
1.1 Sviluppo della produzione vivaistica	20
1.2 Il vivaismo oggi	22
1.3 Il mercato vivaistico	26
1.4 Caratteristiche del comprensorio vivaistico	26
<b>2 Studio delle pressioni ambientali</b>	29
2.1 Problematiche ambientali connesse all'attività vivaistica	29
2.2 Consumi idrici e sistemi di irrigazione	31
2.3 Valutazione dei carichi derivanti dall'impiego di prodotti fitosanitari	32
2.4 Modalità di utilizzo dei prodotti fitosanitari nelle pratiche vivaistiche	44
<b>3 Lo stato dell'ecosistema</b>	49
3.1 Qualità del suolo e suo ruolo nell'equilibrio ambientale	49
3.2 Qualità delle acque superficiali e profonde. Risultati del monitoraggio per la ricerca dei residui antiparassitari	60
<b>4 Destino e comportamento ambientale dei singoli principi attivi</b>	101
<b>Allegati parte prima</b>	
Allegato 1 - Distribuzione dei vivai nell'area di Pistoia	107
Allegato 2 - Elenco dei principi attivi ricercati nei campioni di terreno	108
Allegato 3 - Elenco dei principi attivi ricercati nelle acque	109

Allegato 4 - Andamento della concentrazione dell'erbicida oxadiazon lungo il Torrente Brana	110
Allegato 5 - Andamento della concentrazione dell'erbicida simazina lungo il Torrente Brana	111
Allegato 6 - Andamento della concentrazione dell'erbicida oxadiazon lungo il Torrente Stella	112
Allegato 7 - Andamento della concentrazione dell'erbicida oxadiazon lungo il Torrente Ombrone	113
<b>Bibliografia</b>	114
<b>Parte seconda – Carta della vulnerabilità all'inquinamento delle falde idriche della pianura pistoiese</b>	
<i>Relazione finale a cura del Comune di Pistoia</i>	
<b>Premessa</b>	119
<b>Valutazione della vulnerabilità intrinseca</b>	121
<b>Il metodo SINTACS</b>	122
I fattori di vulnerabilità	123
Valutazione dell'indice complessivo di vulnerabilità	133
<b>La Carta della vulnerabilità</b>	134
Procedure di elaborazione	134
La zonazione di vulnerabilità	137
<b>Alcuni criteri per l'utilizzazione della Carta</b>	140
<b>Il problema dei teli per vasetteria</b>	141
<b>Bibliografia</b>	144
<b>Allegati parte seconda</b>	
Allegato 1 - Tematismi utilizzati per la redazione della Carta della vulnerabilità intrinseca (metodo S.I.N.T.A.C.S.)	146
Allegato 2 - Carta della vulnerabilità intrinseca della pianura pistoiese	150

## PREFAZIONE

Nel febbraio '96, a due mesi di vita dell' Agenzia, il Comune di Pistoia e ARPAT proposero di realizzare insieme il *Progetto per lo studio dell' impatto ambientale del vivaismo e per la valutazione della vulnerabilità della falda*.

Quel progetto, fin dalla sua ideazione e presentazione, voleva distinguersi dalle attività di studio e controllo fino ad allora effettuate per la sua impostazione tesa a sostituire la logica del “mero” controllo con quella del dialogo collaborativo, al fine di giungere ad una puntuale conoscenza delle attività produttive sul territorio, delle loro necessità e di quelle del “territorio” stesso, e cioè la possibilità di seguire uno sviluppo economico non disgiunto, ma in armonia con la tutela delle risorse ambientali.

In particolare, si intendeva promuovere e potenziare, a fianco delle funzioni di studio e controllo, un ruolo di educazione, informazione e di supporto tecnico scientifico alle imprese: importante innovazione che la legge regionale 66/95 aveva introdotto fra i compiti dell' Agenzia (art. 8, quarto comma).

Si è così giunti alla redazione, divulgazione e discussione di rendiconti annuali delle attività e delle ricerche svolte le quali, con sempre maggiore definizione, hanno permesso di descrivere il “territorio pistoiese” fotografando puntualmente tutti gli aspetti peculiari della presenza in esso delle aziende agricole in generale e vivaistiche in particolare.

L'immagine che ne è scaturita è quella di un territorio nel quale l' impatto ambientale delle pratiche agricole risulta ben evidente e, sebbene non tale da destare particolari allarmi, meritevole di sollecitare l'adozione e realizzare idonee politiche e pratiche di protezione ambientale.

È con questa convinzione che oggi, grazie anche alla volontà dell' Osservatorio sul vivaismo del Comune di Pistoia, si procede alla pubblicazione dei risultati delle ricerche condotte nel quinquennio 1996-2000.

Lo studio sulla “valutazione dell' impatto ambientale delle pratiche vivaistiche” e la redazione della “carta della vulnerabilità all' inquinamento delle acque sotterranee della pianura pistoiese” concludono un importante lavoro, a cui il Dipartimento provinciale ARPAT di Pistoia ha dato un prezioso contributo, ed aprono nuove prospettive di indagine: da un lato, ritenendone

completata la conoscenza di massima, si può implementare la conoscenza territoriale specifica (su più vasta area e su diverse matrici) attraverso l'istituzione di una rete di monitoraggio definita che, nel tempo, mostri le variazioni del "sistema territorio"; dall'altro si possono proporre iniziative di formazione e informazione che guidino gli operatori verso l'accoglimento di processi sempre più impegnativi dal lato della protezione ambientale, magari con lo studio di meccanismi premianti per le imprese che hanno dato e danno prova concreta di gestire in modo corretto e condiviso la "risorsa ambientale" (acqua, suolo ecc.).

Ed è la volontà di operare in chiave ecocompatibile che ha spinto numerose aziende vivaistiche, sia di piccole che di grandi dimensioni, ad aderire al "Progetto CLOSED", mirato alla realizzazione di un sistema integrato per la gestione dei rifiuti, delle acque e dei trasporti nel "distretto industriale" del vivaismo pistoiese, insieme a quelli del cartario lucchese e del tessile pratese. Il monitoraggio delle acque superficiali e del suolo assume allora una valenza più ampia: non solo conoscitiva di una realtà territoriale, ma propeudeutica alla realizzazione di processi di gestione tendenti a minimizzare l'impatto ambientale dei processi produttivi.

L'apprezzamento per il valore tecnico-scientifico di questa pubblicazione ci auguriamo si congiunga, allora, con lo stimolo per aziende ed istituzioni ad operare per la valorizzazione delle produzioni vivaistiche pistoiesi nel rispetto dell'ambiente e del territorio, convinti che solo la condivisione degli obiettivi può riempire di contenuti le iniziative di sviluppo sostenibile che i cittadini reclamano con sempre maggiore consapevolezza e le aziende condividono con crescente convinzione.

ARPAT, da sempre impegnata nella sua missione di riorganizzazione dei controlli e di protezione ambientale, non può che accogliere con vivo compiacimento ogni iniziativa tesa a migliorare l'integrazione dei rapporti fra istituzioni, produttori e comunità; un ulteriore passo in tale direzione è rappresentato anche da questa pubblicazione.

*Alessandro Lippi*  
Direttore generale ARPAT

## PREMESSA

Il Comune di Pistoia, già dal precedente mandato amministrativo, si pose il problema di realizzare un intervento per contribuire, nell'interesse pubblico e dal versante della pubblica amministrazione, a rendere compatibile l'attività del vivaismo, così importante per la nostra economia, con l'ambiente.

La creazione di un Osservatorio rappresenta un'occasione per definire un sistema condiviso di regole, conoscenze e innovazione.

Con questa iniziativa si è avviata un'esperienza nuova e positiva; Amministrazione Comunale, associazioni imprenditoriali, associazioni ambientaliste ed enti preposti alla salvaguardia ambientale hanno raggiunto un punto di intesa sulle priorità di intervento in grado di salvaguardare i fattori produttivi del settore e perseguire una sempre più efficace politica di difesa e tutela ambientale.

In questi ultimi anni è già stato fatto molto, dal monitoraggio delle acque superficiali allo studio sulla vulnerabilità della falda; si è avviata una fase conoscitiva che consentirà di superare l'idea che l'impegno per l'ambiente e contro l'inquinamento sia da considerare un costoso lusso, per giungere alla consapevolezza che si tratta, al contrario, di una necessità ed una convenienza per un settore, come quello vivaistico, che deve assicurare la sua sostenibilità.

Con la pubblicazione degli ottimi lavori svolti da ARPAT e dallo Studio Pranzini, risultato di un lungo periodo di studio e monitoraggio, pensiamo di mettere a disposizione di quanti sono interessati un materiale prezioso, forse unico: è una risposta all'esigenza di spinta del settore verso un sistema di lavoro per l'ambiente.

Occorre rendere concreto il principio della responsabilità dell'impresa, una maggiore diffusione delle conoscenze e dei criteri produttivi.

Per contro, è richiesta alla pubblica amministrazione la capacità di pianificare gli interventi e concertare con i privati le azioni e i vincoli necessari per la tutela ambientale.

L'Osservatorio proseguirà il suo lavoro strutturandosi in modo funzionale in tre aree che si integreranno tra loro e che, insieme considerate, consentiranno un apprezzamento più approfondito, e al tempo stesso più articolato della materia.

### *L'area dei dati*

Rappresenta il versante oggettivo dell'Osservatorio, in quanto fondato sulla documentazione scientifica di ricerca, sull'uso del territorio e sui vincoli ambientali e urbanistici, sulla produzione legislativa e normativa.

### *L'area della contabilità ambientale*

L'obiettivo è la costruzione di un sistema di contabilità delle risorse ambientali presenti sul territorio in modo particolare sulla risorsa idrica.

### *L'area strumentale*

Tutto, in un osservatorio, è teso non a una conoscenza documentaria, bensì strumentale e finalizzata del fenomeno. Pertanto tra gli obiettivi non è mai incluso, in quanto implicito, quello di produrre analisi capaci di favorire e indirizzare proposte e programmi.

Uno degli aspetti principali è la raccolta, sistematizzazione e pubblicazione del materiale scientifico e normativo prodotto fino ad oggi in materia di impatto ambientale e territoriale del vivaismo.

Si ritiene necessario acquisire i dati relativi alla tipologia produttiva delle aziende agricole (superfici, investimenti, colture, addetti) da incrociare con i dati disponibili presso la Camera di Commercio, in modo da ottenere una mappatura dell'attività vivaistica utilizzabile anche a livello urbanistico, nonché un livello di conoscenza per valutare gli effetti ambientali ed economici del settore.

È in fase avanzata la discussione e la verifica sulle attuali normative, per determinare un insieme di regole condivise sull'utilizzo dei fitofarmaci, da inserire nel regolamento di igiene del Comune, e inoltre avviare un'azione nei confronti della Regione Toscana per il riconoscimento del periodo di monitoraggio già svolto e quindi inserire l'area dei vivai nei vincoli previsti dalla normativa regionale.

La conoscenza dei consumi di risorse e i costi per il rinnovo o la protezione di queste consente di definire i costi difensivi, ossia i costi che la comunità deve sostenere per non far venir meno la risorsa.

Un sistema di contabilità ambientale si ottiene incrementando l'attività di studi e ricerche nel settore, con un censimento dei consumi idrici e ambientali, con la stima delle quantità di prelievo dalla falda e dalle acque superficiali.

Si dovrà procedere alla verifica e all'aggiornamento, in particolare, dei progetti, esistenti o da individuare, finalizzati all'utilizzo delle acque reflue

dell'impianto di depurazione della città di Pistoia, e, in generale, della possibilità di usufruire di finanziamenti per realizzare sistemi di riciclaggio delle acque sulla base del piano di sviluppo della Regione Toscana.

È opportuno proseguire la sperimentazione in atto sull'uso delle acque del depuratore per valutare gli effetti nelle colture e sull'ambiente.

Analogamente si dovrà impostare un programma per l'utilizzo di fertilizzanti e ammendanti provenienti dalla raccolta differenziata, in modo da ridurre le importazioni dall'estero.

Per garantire un percorso adeguato deve essere assicurata in tutte le fasi della sperimentazione l'interazione tra economia, ambiente e cittadini, dando vita a strumenti di partecipazione e di controllo.

Ma la partecipazione è possibile solo se si mettono a disposizione di tutti gli elementi di conoscenza; diversamente, si potrà avere solo protesta e contestazione, mentre sarà allontanata la soluzione dei problemi.

*Giorgio Taffini*

Presidente Osservatorio sul Vivaismo

## Parte prima

## INTRODUZIONE

Tra uomo e ambiente esiste un legame inscindibile che deve essere considerato nello studio e nella gestione di ogni risorsa naturale. L'uomo modifica il territorio ma la qualità della sua vita dipende da quella del sistema ambientale con cui interagisce giornalmente (morfologia del paesaggio, tipologia di suolo, stato dell'atmosfera ecc.). Tra le attività umane quelle che impongono i costi maggiori in termini di qualità ambientale sono gli elementi produttivi come l'agricoltura, la zootecnia, l'industria, il turismo. La valutazione dei carichi inquinanti prodotti dalle diverse fonti di inquinamento e lo studio della loro distribuzione territoriale costituiscono, quindi, un presupposto indispensabile per progettare interventi mirati a ristabilire la compatibilità ambientale.

Al riguardo l'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economici) ha messo a punto un modello (PSR) secondo il quale le attività antropiche esercitano pressioni (P, pressioni) sull'ambiente inducendo modificazioni nella qualità e nella quantità delle risorse naturali (S, stato). La società risponde a tali cambiamenti attraverso generali e/o specifiche politiche ambientali (R, risposte). Il modello dell'OCSE è stato successivamente rivisto dalla AEA (Agenzia Europea dell'Ambiente) che ha introdotto altre due fasi (modello DPSIR): quella relativa alle cause generatrici delle modificazioni sull'ambiente (D, determinanti) e quella relativa alla valutazione degli impatti (I, impatti).

Di seguito viene riportato il modello DPSIR applicato in generale all'agricoltura e, in particolare, al vivaismo ornamentale che rappresenta il tema centrale del presente studio.

Uso del suolo  
 N° e dimensione delle aziende agricole  
 Superficie totale aziende agricole (ST)  
 Superficie agricola utilizzata (SAU)  
 Rapporto SAU/ST  
 N° addetti in agricoltura

Direttive sui nitrati  
 Riforma della PAC  
 Direttive sullo spandimento dei liquami  
 Sviluppo di politiche di protezione del suolo e delle acque.

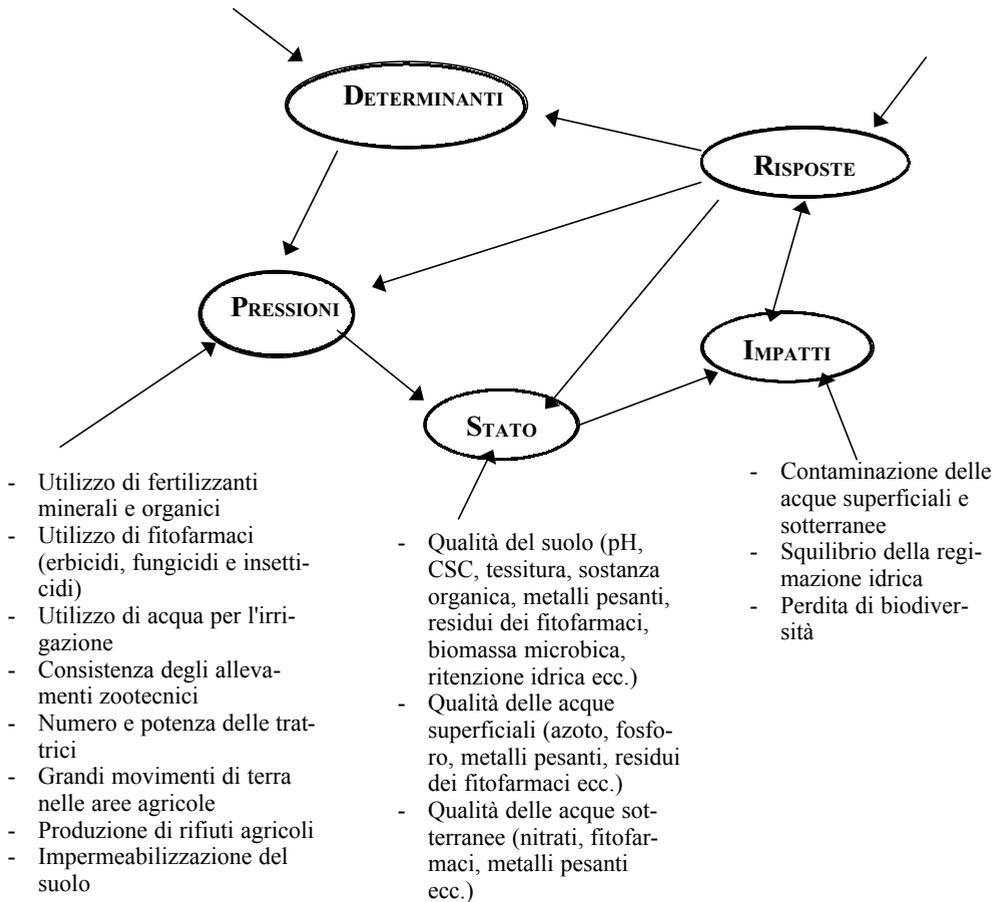


Figura 1 *Schema DPSIR applicato all'agricoltura e al vivaismo ornamentale*

## 1 USO DEL SUOLO E PRINCIPALI TIPOLOGIE COLTURALI NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI PISTOIA

Il comune di Pistoia occupa una superficie di 236,77 Km<sup>2</sup> pari al 24,5% dell'intera superficie provinciale. Il 66% della superficie comunale è costituito da aree collinari e montane, mentre la restante parte del territorio, pari a 82,44 Km<sup>2</sup>, è occupata dalla pianura dell'Ombrone pistoiese. La città occupa la zona nordoccidentale di questa pianura, immediatamente alla base dei rilievi montuosi dell'appennino tosco-emiliano. I 61 centri abitati del territorio comunale occupano complessivamente circa 20 Km<sup>2</sup> (8,7% della superficie totale).

Nel territorio del comune di Pistoia l'agricoltura rappresenta uno dei principali fattori produttivi in grado di determinare un carico ambientale significativo. La superficie agricola totale (SAT) rappresenta il 68% dell'intera superficie comunale, mentre la superficie agricola utilizzata (SAU) rappresenta il 47% della SAT, percentuale pari a quella dei boschi (Tabella 1B).

Fra le diverse tipologie delle coltivazioni permanenti le principali sono il vivaismo (circa il 32% della SAU), che occupa la pianura posta a sud della città, e quelle dell'olivo e della vite (complessivamente il 34% della SAU), che occupano prevalentemente le zone collinari. La zona di pianura è occupata anche dal mais (10% della SAU).

L'area a prevalente destinazione vivaistica, che è stata oggetto del presente studio, è evidenziata nella "Carta della distribuzione dei vivai nell'area di Pistoia" (Allegato 1). La carta è stata ottenuta utilizzando la cartografia di base, in particolare: la "Carta dell'Uso del suolo" (scala 1:25000, quadrante 105-I e 106-IV) e la "Carta del reticolo idrografico" (scala 1:25000, quadrante 105-I e 106-II).

Tabella 1A. Contributo % delle principali coltivazioni del Comune di Pistoia al totale della SAU

Cereali	10,21	Fruttiferi	0,48
Legumi	0,06	Melo	0,10
Patata	0,34	Pero	0,11
Pomodoro	0,03	Pesco	0,14
Girasole	0,79	Vivaio	32,38
Vite	6,33	Castagno	1,47
Olivo	27,36		

Tabella 1B *Superficie aziendale secondo l'utilizzazione dei terreni per comune (ha). Provincia di Pistoia*

COMUNE	Superficie agricola utilizzata			Totale	Boschi (a)	Altra superficie (b)	Superficie totale
	Seminativi	Coltivazioni permanenti	Prati permanenti e pascoli				
Abetone	13,4	1,6	352,0	367,0	2.106,3	155,2	2.628,4
Agliana	281,8	88,7	70,4	440,8	10,6	69,9	521,3
Buggiano	242,3	313,7	86,8	642,8	415,1	167,8	1.225,7
Chiesina Uz.se	648,2	38,7	1,8	688,7	1,8	55,2	745,7
Cutigliano	75,5	45,1	433,0	553,6	1.792,0	62,8	2.408,4
Lamporecchio	365,1	676,6	9,3	1.051,0	292,2	266,3	1.609,4
Larciano	664,5	470,0	22,3	1.156,8	285,6	370,8	1.813,2
Marliana	89,4	456,5	50,5	596,4	2.218,7	138,7	2.953,8
Massa e Cozzile	147,3	321,2	23,3	491,8	409,4	85,2	986,4
Monsummano T.	793,2	616,5	33,5	1.443,3	226,3	217,6	1.887,1
Montale	268,4	282,5	24,8	575,7	1.232,7	113,9	1.922,3
Montecatini T.	99,5	463,2	25,8	588,5	303,4	60,6	952,5
Pescia	618,7	1.232,8	139,1	1.990,6	2.041,0	391,0	4.422,6
Pieve a Nievole	632,2	165,2	50,5	847,9	76,3	85,5	1.009,7
Pistoia	1.547,9	5.138,6	830,0	7.516,5	7.612,2	949,6	16.078,3
Piteglio	22,1	53,3	59,6	135,0	1.768,2	147,9	2.051,1
Ponte Buggianese	1.197,8	36,9	77,7	1.312,4	87,0	284,3	1.683,7
Quarrata	744,2	1.018,1	370,6	2.132,9	675,4	298,5	3.106,8
Sambuca P.se	48,9	161,6	192,3	402,8	3.575,5	431,6	4.409,8
San Marcello P.se	252,6	101,5	1.827,2	2.181,3	10.127,4	749,6	13.058,2
Serravalle P.se	156,1	824,4	72,8	1.053,3	852,3	1.196,5	3.102,1
Uzzano	79,6	167,5	49,5	296,6	141,5	96,1	534,2
PROVINCIA	8988,38	12674,31	4802,68	26465,37	36250,77	6394,41	69110,55

(a) la categoria "boschi" comprende anche la superficie a pioppeta

(b) la categoria "altra superficie" comprende anche la superficie agricola non utilizzata

Fonte: 4° Censimento generale dell'Agricoltura (1990-1991)

### 1.1 Sviluppo della produzione vivaistica

Diversi autori sono concordi nell'individuare la data della nascita del vivaismo nel 1849, anno in cui iniziò la propria attività la ditta Antonio Bartolini, la prima azienda impegnata nella produzione di specie arboree

ornamentali. Si trattava per la maggior parte di terreni coltivati all'interno delle mura cittadine, utilizzati in precedenza per produzioni agricole diverse da quelle del vivaio. I prodotti agricoli principali erano infatti "cereali, foraggio, vino, foglia di gelso, canapa, olio, frutta, patata" [17].

Nel periodo compreso tra il 1901 e il 1920 i vivai si svilupparono fuori dalle mura urbane, soprattutto in direzione sud, con connotazioni avanzate per l'epoca: furono infatti applicate nuove tecniche di propagazione per innesto, si introdussero nuove varietà di piante, venne perfezionata la tecnica del trapianto degli alberi e iniziò il commercio, sia in Italia che all'estero. Nel 1915 il Ministro dell'Agricoltura prese provvedimenti a favore della frutticoltura a carattere industriale istituendo tre centri: uno per l'Italia meridionale, uno per l'Italia centrale, l'altro per l'Italia settentrionale. Per l'Italia centrale venne scelta proprio la Provincia di Pistoia. In rapporto alle altre colture agricole, la produzione di piante ornamentali continuò tuttavia a rappresentare una componente produttiva secondaria.

Il vivaismo pistoiese ha avuto uno dei momenti di maggiore sviluppo tra il 1920 e il 1950: è in quel periodo, infatti, che nascono istituzioni scientifiche per la viticoltura, la frutticoltura e il vivaismo, con un rilievo a carattere nazionale. Vengono introdotte nuove e più specifiche tecniche di propagazione (innesto a paraffina) e messa a punto la tecnica dell'incassettatura delle piante per il loro trapianto da vivaio, mentre l'interesse per le "novità" vegetali si fa sempre più forte.

Le maggiori aziende, circa una ventina, sono attrezzate commercialmente e tecnicamente: hanno personale molto competente, spesso laureato o diplomato in scienze agrarie. Una delle caratteristiche più importanti è la intensività delle colture, che permette, nell'unità di superficie, la produzione di un numero elevatissimo di piante con una minima percentuale di scarti.

Un altro periodo storico fondamentale per la crescita del vivaismo pistoiese è quello che va dal 1950 al 1970. Tale crescita ha interessato tutto il territorio della pianura dell'Ombrone compreso nel Comune di Pistoia e nei Comuni di Montale, Quarrata, Serravalle Pistoiese e Agliana mentre la superficie coltivata a vivai è passata dai 400 ha del 1950 ai 3000 del 1970. Questo notevole incremento ha determinato una profonda trasformazione del sistema produttivo e del sistema di conduzione delle aziende vivaistiche: si assiste infatti alla nascita di numerose aziende a conduzione familiare e al consolidamento dei grandi stabilimenti. In questo periodo si produce, su una superficie destinata a vivaio che è pari all'8,35% della superficie nazionale a

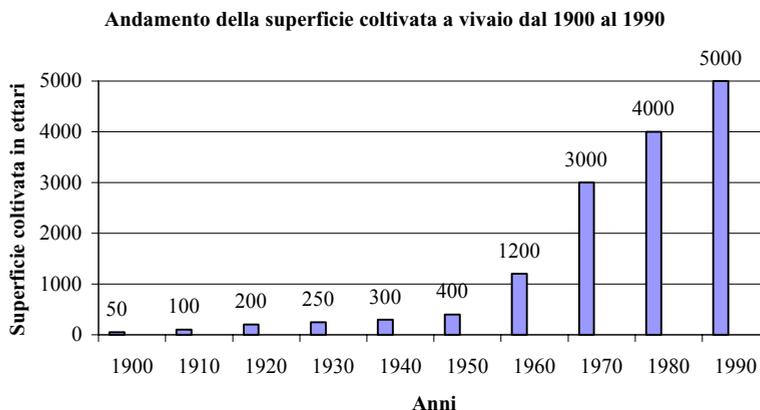
vivaio, circa il 45% della produzione nazionale di piante ornamentali, circa il 30% di piante da frutto e oltre il 50% di olivi: cifre rappresentative dell'elevata intensità ed efficienza delle colture vivaistiche pistoiesi.

Tra il 1958 e il 1965 si è avuto un incremento della meccanizzazione di oltre il 300%: le trattrici sono aumentate del 151% e i motori del 545% [18].

Dal 1970 al 1990 il vivaismo è al centro dell'interesse locale per il suo ruolo crescente nell'economia. Vengono installate serre in vetro e in plastica per far sì che le piante coltivate siano protette dalle avversità meteorologiche, soprattutto per le specie provenienti dalle zone caldo-temperate e subtropicali. Negli anni '80 si ha l'espansione delle coltivazioni in contenitore: si tratta di una forma di coltivazione che rimane, ancora oggi, assai diffusa e rappresentativa.

Negli ultimi anni l'interesse del vivaismo ha coinvolto anche aspetti meno correlati a problematiche agronomiche, con una crescente attenzione nei confronti dell'impatto, ambientale e sanitario, conseguente alla diffusione di queste pratiche agricole.

Grafico 1 *Sviluppo della superficie coltivata a vivaio*



### 1.2 Il vivaismo oggi

Secondo i dati dell'ultimo censimento dell'Agricoltura (1990-1991) [1], nella provincia di Pistoia il numero di aziende agricole per classe di superficie agricola utilizzata (SAU) è caratterizzato da una netta prevalenza di aziende con una superficie inferiore a 10 ettari (circa il 98%): di queste, circa il 61% con dimensioni inferiori ad un ettaro, il 33% da 1 a 5 ha e solo il 4% da 5 a 10 ha.

Le aziende vivaistiche pistoiesi rappresentano il 74% del totale regionale; circa il 90% di queste risulta localizzato nella pianura posta a sud del comune capoluogo. Nel 1994 la produzione lorda vendibile risultava intorno a 352 miliardi di lire con il 50% destinato all'esportazione.

Altra caratteristica del settore risulta la forma di conduzione aziendale: circa l'84% delle aziende vivaistiche a Pistoia è caratterizzato da una conduzione diretta del coltivatore, quasi esclusivamente con manodopera familiare.

Nella Tabella 2 si riporta la superficie agricola totale (SAT), la superficie agricola utilizzata (SAU) e la superficie a vivaio nei ventidue comuni della Provincia di Pistoia.

Valutando la percentuale della superficie investita a vivaio rispetto a quella agricola utilizzata è emerso come questa tipologia di coltivazione sia concentrata quasi esclusivamente nei comuni che occupano la pianura del Torrente Ombrone (Pistoia, Serravalle P.se, Agliana) e, in misura minore, Montale e Quarrata.

Tabella 2 *Superficie (ha) coltivata a vivaio nei Comuni della Provincia di Pistoia*

Comune	Vivaio	Valori assoluti 1990			
		Sup. agricola utilizzata (SAU)	Sup. agricola totale (SAT)	Vivaio/SAU (%)	Vivaio/SAT (%)
Pistoia	2.434,21	7.516,51	16.078,31	32,38	15,14
Serravalle P.se	210,25	1.053,25	3.102,05	19,96	6,78
Agliana	75,72	440,83	521,33	17,18	14,52
Marliana	58,77	596,39	2.953,79	9,85	1,99
Montale	56,04	575,69	1.922,29	9,73	2,92
Quarrata	169,04	2.132,93	3.106,83	7,93	5,44
Uzzano	12,09	296,56	534,16	4,08	2,26
Pescia	62,64	1.990,62	4.422,62	3,15	1,42
Monsummano	7,91	1.443,25	1.887,11	0,55	0,42
Pieve a Nievole	4,55	847,88	1.009,68	0,54	0,45
Massa e Cozzile	2,54	491,79	986,39	0,52	0,26
Ponte Buggianese	4,40	1.312,42	1.683,72	0,34	0,26
Buggiano	2,15	642,78	1.225,65	0,33	0,18
Sambuca P.se	1,23	402,76	4.409,83	0,31	0,03
Montecatini T.	1,05	588,48	952,48	0,18	0,11
Lamporecchio	1,24	1.050,98	1.609,39	0,12	0,08
Larciano	1,30	1.156,76	1.813,16	0,11	0,07
San Marcello P.se	2,27	2.181,31	13.058,22	0,10	0,02
Abetone	0,00	366,95	2.628,36	0,00	0,00
Chiesina Uzzanese	0,00	688,67	745,67	0,00	0,00
Cutigliano	0,00	553,58	2.408,43	0,00	0,00
Piteglio	0,00	134,98	2.051,08	0,00	0,00
Provincia	3.107,40	26465,37	69.110,55	11,74	4,50

I prodotti vivaistici possono essere raggruppati in tre classi merceologiche:

- piante coltivate in piena terra
- piante coltivate in contenitore
- giovani piante in vasetto e in piena terra.

Emerge una diffusione sempre più ampia delle produzioni *pronto effetto*, ovvero quelle piante che, per le loro dimensioni e per la loro preparazione al trapianto, consentono di realizzare un giardino dall'aspetto maturo.

La produzione è formata dai seguenti gruppi:

- conifere
- alberi e arbusti a foglia caduca
- alberi e arbusti sempreverdi
- arbusti rampicanti
- rosai
- piante erbacee perenni
- piante per tappeti erbosi
- palme e piante subtropicali e tropicali
- piante ornamentali varie.

Ogni specie e varietà è disponibile in diverse misure: si parte dalle piccole giovani piante fino ad arrivare alle piante di medie e grandi dimensioni.

Secondo alcune indagini effettuate dalla Provincia di Pistoia [2] le produzioni vivaistiche principali sono rappresentate per il 30% da alberi e arbusti sempreverdi, per il 28% da conifere, per il 27% da alberi ornamentali a foglia caduca, per il 5% da arbusti appartenenti alle caducifoglie, per il 5% da rampicanti e per il 4% da rose.

### *Giovani piante*

Sono piantine propagate con varie tecniche, che possono essere distinte in: piantine autoradicate, innestate, semenzali di uno o più anni. La loro propagazione avviene in particolari serre, che rappresentano dei veri e propri laboratori vegetali, dove in un limitato spazio si riescono a moltiplicare migliaia di piantine. Esse sono in parte coltivate in piena terra e in parte in vasetto.

### *Piante di medie dimensioni e piante pronto effetto*

Rappresentano la categoria più significativa in termini di produzione-commercializzazione che comprende:

- piante *in zolla*
- piante *a radice nuda*
- piante *in contenitore*

Fino a qualche anno fa si trovavano anche le piante *in cassa*, che oggi sono state sostituite da quelle in contenitore oppure da quelle con zolla rivestita di rete metallica (*retatura*). La rete metallica aderisce bene alla superficie esterna della zolla, mantenendone stabile la struttura, e lascia passare le nuove radici avventizie che si formano da quelle recise durante i lavori di trapianto, eseguito spesso meccanicamente. Le *piante retate* possono essere messe a dimora direttamente senza dover togliere la rete.

I trapianti *a radice nuda* sono utilizzati soprattutto per le piante da frutto, i rosai a cespuglio ed altre caducifoglie allo stadio giovanile.

Nel caso delle piante *in contenitore*, queste si spostano con relativa facilità, si possono porre a dimora in qualunque periodo dell'anno e se ne controlla molto bene lo sviluppo attraverso appropriate cure colturali.

Nei vivai pistoiesi le piante arboree ornamentali sono allevate secondo particolari tecniche di potatura, per cui i prodotti possono essere distinti, in base alla loro forma, in:

- a) piante allevate secondo la tipica forma delle varietà;
- b) piante allevate secondo una precisa forma: a cono, a palla, a spirale ed altre forme di fantasia (arte topiaria).

Questo ci fa capire come il vivaismo non sia solo una applicazione di tecniche produttive e commerciali ma anche un'attività che si presta all'inventiva e al senso artistico.

Per quanto riguarda la tecnica del "pronto effetto", questa viene applicata per la maggior parte alle latifoglie e alle ornamentali sempreverdi e in minima parte alle piante da frutto, che sono così in grado di produrre il frutto già lo stesso anno della messa a dimora nel giardino. Le specie di pronta fruttificazione più comunemente allevate sono: albicocchi, ciliegi, mandorli, meli, peri e susini, tutte specie coltivate per scopi ornamentali anche se, allo stesso tempo, producono frutta commestibile.

Di "pronto effetto" c'è anche il prato. In alcuni vivai vengono coltivate particolari specie erbacee che, raggiunta la completa formazione del tappeto erboso, sono prelevate con uno strato di terra sottostante (le cosiddette "piote" a forma quadrata o rettangolare) e sono poste in opera in modo da ottenere un prato completo.

### **1.3 Il mercato vivaistico**

Attualmente la domanda di “verde” è in crescita sia per soddisfare esigenze singole sia per soddisfare esigenze collettive, poiché rappresenta un fattore di miglioramento della qualità di vita dell'uomo.

L'uomo della società moderna è infatti alla ricerca di spazi verdi dove trascorrere il proprio tempo libero e godere dell'ambiente e del paesaggio: a questo proposito la Comunità Economica Europea prevede nei centri urbani almeno 18 m<sup>2</sup> di verde per abitante. Nelle città italiane tale parametro risulta mediamente intorno a 3 m<sup>2</sup>.

Il vivaismo pistoiese si inserisce in questa realtà perché rappresenta un punto di riferimento importante per la promozione del verde territoriale.

La produzione vivaistica pistoiese è in parte assorbita dal mercato interno ed in parte da quello estero. La produzione estera è stimata intorno al 40% dell'intera parte commerciale e i principali Paesi importatori sono: Francia, Germania, Svizzera, Inghilterra, Austria, Spagna, Olanda ed altri Paesi del Centro Europa e del Bacino del Mediterraneo.

Per allargare i mercati i vivaisti stanno migliorando la fase di produzione e quella di commercializzazione curando l'aspetto qualitativo del prodotto, l'aspetto promozionale e quello pubblicitario. Sfogliando, infatti, uno dei tanti cataloghi che i vivaisti inviano ai loro clienti, si nota la innumerevole variabilità delle misure delle piante offerte. Per esempio, per il Pino domestico si parte da piantine dell'altezza di 1,00-1,25 m e 8-10 cm di circonferenza fusto, fino ad arrivare a piante dell'altezza di 4,50-5,00 m con circonferenza di 50-55 cm.

### **1.4. Caratteristiche del comprensorio vivaistico**

È stato più volte detto e scritto che il vivaismo è una prerogativa pistoiese e che solo Pistoia poteva esserne la capitale. In effetti, la produzione vivaistica (soprattutto quella in pieno campo) trova a Pistoia condizioni eccezionalmente favorevoli sia per le caratteristiche climatiche che per il particolare tipo di suolo.

#### **1.4.1 Caratteristiche climatiche dell'area di studio**

La zona di interesse è caratterizzata da un clima temperato con medie annuali di 14,3°C con escursioni delle temperature medie mensili fra 9 e



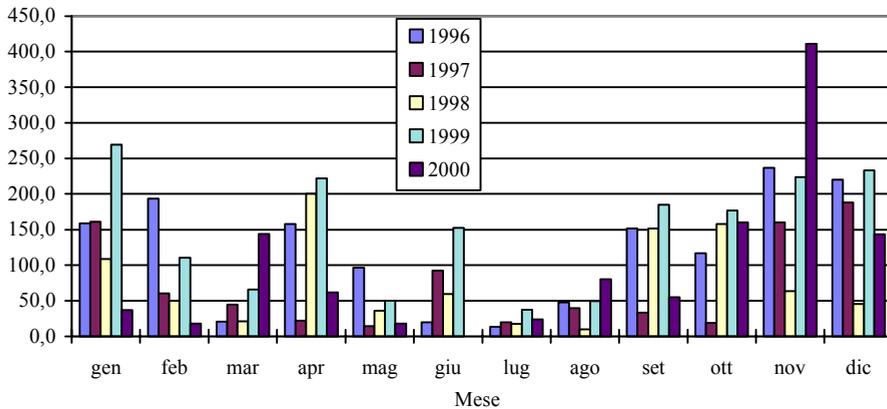
Figura 2 *Coltivazione in contenitore e relativo sistema di irrigazione*



Figura 3 *Coltivazione in pieno campo*

19,6 °C. Il livello delle precipitazioni umide indica una media annuale pari a 1.282,8 mm (elaborazione del Centro Sperimentale per il Vivaismo - CE.SPE.VI - dagli Annali Idrologici dell'Istituto Geografico Militare dal 1951 al 1988). Il mese meno piovoso risulta luglio, con una media mensile di 39,4 mm, seguito da giugno (55 mm) e da agosto (72 mm). Prendendo a riferimento il numero di giornate con precipitazioni, il mese più piovoso è novembre e quello meno piovoso è luglio.

Grafico 2. Precipitazioni mensili (mm) a Pistoia. Anni 1996-2000



#### 1.4.2 Caratteristiche dei suoli

Nel comprensorio pistoiese i terreni ove si producono le specie arboree ornamentali sono caratterizzati da alternanza di argille, limi, sabbie e ghiaia tipica dei terreni alluvionali. La composizione media è: circa il 65% sabbia, il 24% limo e l'11% argilla con pH vicino alla neutralità [20]. La peculiarità di questi terreni è quella di avere una struttura fisica che permette i trapianti delle piante arboree con il pane di terra, caratteristica indispensabile per la commercializzazione di piante prodotte in pieno campo.

## 2 STUDIO DELLE PRESSIONI AMBIENTALI

### *2.1 Problematiche ambientali connesse all'attività vivaistica*

L'attività vivaistica, che riveste un ruolo importante dal punto di vista economico, rappresenta per contro una fonte di rischio potenziale per l'ecosistema in quanto, come forma di agricoltura specializzata ed intensiva concentrata in un specifico territorio, implica l'esteso sfruttamento di risorse ambientali non facilmente reintegrabili (come le acque di falda) e la contaminazione delle acque superficiali e profonde a causa di un consistente impiego di fertilizzanti e di prodotti fitosanitari.

L'esteso utilizzo di sostanze chimiche come diserbanti, anticrittogamici e insetticidi non trova limitazione nelle forme di lotta integrata che hanno avuto recente sviluppo in altre tipologie agricole, in quanto la valenza principale del prodotto dell'attività vivaistica è rappresentata dall'aspetto estetico, dalle caratteristiche fenologiche (vigore e dimensioni) e dall'assenza di malattie e parassiti, come per altro imposto dal rispetto dei requisiti fitosanitari previsti dalla normativa sulla commercializzazione delle piante ornamentali.

Controversa l'importanza del recente sviluppo della vasetteria. Secondo stime fornite dall'Ufficio Agricoltura della Provincia di Pistoia, riferite al 1995, il 10-14% della superficie totale occupata da vivaio risulta interessata dalle coltivazioni in contenitore.

I vivai con produzione in contenitore utilizzano diverse forme di copertura del suolo per mezzo di teli impermeabili/semi-permeabili o piazzali a cemento che limitano fortemente o impediscono totalmente l'infiltrazione delle acque verso la falda. Questo fatto può produrre uno squilibrio nel ciclo di regimazione delle acque superficiali e di reintegro delle acque profonde e non esistono, ad oggi, studi che dimostrino con certezza se l'impiego di questi provvedimenti si manifesti con un maggiore o minore interessamento della falda da parte degli inquinanti.

Da una sperimentazione effettuata nel periodo Novembre 1997-Marzo 1998, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze, sono emersi risultati interessanti relativi al confronto tra le percentuali di acqua infiltrata nel terreno nelle diverse condizioni di copertura.

In particolare sono stati raffrontati i flussi netti cumulati di infiltrazione, a diverse profondità, su parcelle sperimentali distinte per tipologia di copertura: 1) terreno al naturale; 2) terreno coperto da telo semi-permeabile; 3) terreno coperto da telo impermeabile.

Nonostante la ridotta estensione dei teli (rispetto alla reale situazione d'uso), dai risultati si conferma una riduzione della quantità di acqua infiltrata passando dal terreno scoperto a quello con telo semipermeabile.

Come si può vedere dalla Tabella 3, è stata registrata una riduzione di infiltrazione pari a circa il 40% nel terreno coperto da telo semi-permeabile ed una pari al 60% nel terreno con telo impermeabile. Per contro, si osserva un aumento della percentuale di acqua infiltrata, rispetto alle condizioni naturali, andando in profondità sotto i teli; ciò può essere semplicemente spiegato con apporti laterali d'acqua nel terreno, dovuti essenzialmente alla limitata estensione dei teli. Il fatto che non si riscontri una sostanziale differenza di percentuale di infiltrazione tra il terreno con telo impermeabile e quello con telo semi-permeabile, può essere spiegato sia con la breve durata della sperimentazione che con la presenza di un elevato contenuto d'acqua nel suolo al momento della messa in posa dei teli.

Tabella 3 *Flussi netti cumulati di infiltrazione in parcelle sperimentali con diversa copertura (21 nov. 1997 - 12 mar. 1998)*

	Profondità (m)	Precipitazioni (mm)	Infiltrazione (mm)	% su precipitazioni	% su infiltrazione naturale
<b>TERRENO SCOPERTO</b>	0.30-0.60	399,4	74,38	18,62	
	0.60-1.20		44,50	11,14	
<b>TELO SEMIPERM.</b>	0.30-0.60	399,4	42,27	10,58	56,83
	0.60-1.20		32,80	8,21	73,71
<b>TELO IMPERM.</b>	0.30-0.60	399,4	30,40	7,61	40,87
	0.60-1.20		22,84	7,22	64,81

## **2.2 Consumi idrici e sistemi di irrigazione**

L'acqua rappresenta un elemento di fondamentale importanza nell'attività vivaistica in generale e nella coltivazione in contenitore in particolare. L'impianto di un vivaio a vasetteria presuppone la presenza di una adeguata quantità di acqua disponibile, soprattutto nel periodo estivo.

Generalmente, all'interno delle aziende vivaistiche pistoiesi, l'acqua di irrigazione viene raccolta in "bacini artificiali"; tali invasi vengono alimentati sia dalle acque sotterranee, attraverso l'utilizzo di pompe, sia dalle acque piovane. Alcuni impianti di irrigazione prevedono il recupero dell'acqua attraverso una rete di canali. Sono presenti sul territorio anche aziende che, data la loro posizione geografica, utilizzano in parte acqua prelevata direttamente dai vicini corsi d'acqua.

I sistemi di irrigazione maggiormente utilizzati sono quello a pioggia e quello a goccia.

L'irrigazione a pioggia può avvenire con barre oscillanti, barre statiche con ugelli o con irrigatori. Le barre oscillanti, formate da tubi che hanno la particolarità di ruotare, e le barre statiche sono utilizzate soprattutto per l'irrigazione delle piante giovani, che presentano la parte aerea ridotta; più difficilmente per le piante ad alto fusto. Il sistema più diffuso rimane comunque quello dell'irrigazione a pioggia con gli irrigatori.

L'irrigazione a goccia è di tipo localizzato e consente di apportare acqua alla pianta in modo da mantenere nel volume occupato dalle radici un livello idrico ottimale.

Sono stati sperimentati sistemi avanzati per il controllo dell'irrigazione che utilizzano sensori in grado di fornire acqua alla pianta solo quando è necessario, limitando lo spreco di acqua ed il dilavamento di elementi nutritivi al fine di ottimizzare i tempi e la qualità dell'accrescimento. Tali sistemi non hanno però ancora trovato applicazioni significative in ambito vivaistico.

Secondo un recente studio condotto dal Dipartimento di Ingegneria civile dell'Università di Firenze, l'approvvigionamento della risorsa idrica ad uso irriguo avviene per il 92% da pozzi e per il restante 8% da corsi d'acqua; l'apporto idrico medio giornaliero è di 16 mm e il consumo idrico annuo per le sole coltivazioni in contenitore è di 12.000.000 m<sup>3</sup>/anno (11.000.000 m<sup>3</sup> dalla falda e 1.000.000 m<sup>3</sup> dalle acque superficiali).

La prima elaborazione dei questionari, compilati dalle aziende vivaistiche che partecipano al Progetto Closed (studio sugli ecodistretti produttivi finan-

ziato dalla CE nell'ambito del LIFE II), ha permesso di stimare, relativamente ai dati del 1999, un consumo medio annuo per ettaro di superficie coltivata pari a 3.179 m<sup>3</sup> (valore che non tiene conto delle diverse esigenze della produzione in vasetteria ed il pieno campo) con grandi variabilità aziendali che mettono in evidenza consumi ridotti inferiori a 1000 m<sup>3</sup>/ha/anno, per aziende specializzate per il pieno campo, e consumi più consistenti, fino a 12.000 m<sup>3</sup>/ha/anno, per quelle che effettuano prevalentemente la coltivazione in contenitore.

Il consistente consumo di acqua di falda da parte dell'attività vivaistica nel comune di Pistoia riveste importanza anche in considerazione del fatto che questa risorsa contribuisce in maniera prevalente all'approvvigionamento a scopo idropotabile (85%).

La sostanziale stabilità dei livelli di falda, verificata nel corso degli ultimi anni, ha permesso di accertare come, su base annua, l'emungimento totale a scopo irriguo e a scopo potabile non ha ancora superato la capacità di ricarica naturale dell'acquifero.

D'altro canto il sensibile abbassamento della falda nel periodo estivo e l'aumento del numero di emungimenti suggeriscono la necessità di porsi l'obiettivo di razionalizzare l'uso della risorsa.

Nasce, quindi, l'esigenza di conoscere i reali consumi in relazione alle diverse necessità produttive sul territorio e alla disponibilità fisica-naturale al fine di garantire nel tempo un uso sostenibile della risorsa.

### ***2.3 Valutazione dei carichi derivanti dall'impiego di prodotti fitosanitari***

Il tema di studio dell'inquinamento da fonti diffuse riguarda diverse problematiche ambientali alcune delle quali, come l'arricchimento in contenuto di nitrati delle acque profonde, sono riconducibili anche a fattori antropici diversi dall'attività agricola (es. scarichi derivanti da insediamenti civili).

Il tema della contaminazione del suolo, delle acque superficiali e profonde dovuta ai prodotti fitosanitari, invece, rappresenta un inquinamento di tipo diffuso da ricondursi principalmente a fonti agricole; devono però essere citate anche le pratiche del diserbo di aree adiacenti a strade e ferrovie e, in generale, di aree/terreni ad uso extragricolo.

Nella zona della pianura pistoiese si ritiene che l'attività vivaistica rappresenti comunque la principale fonte di pressione specifica.

Le fonti da cui possono derivare le informazioni relative all'impiego dei prodotti fitosanitari sono numerose, ma non correlabili direttamente. In par-

ticolare sono disponibili:

- a) dati di vendita (e di consumo) relativi all'intera nazione. Questo dato è completo, poiché viene desunto dalle produzioni industriali, ma non risulta utile per un'indagine a scala minore;
- b) dati di vendita (e di consumo) su scala regionale e/o provinciale. L'informazione è in questo caso più dettagliata ma meno attendibile, dal momento che alcune rivendite operano sicuramente nell'ambito del territorio regionale e/o provinciale ma anche extraregionale e/o extraprovinciale. Le rivendite di prodotti chimici per l'agricoltura devono comunicare semestralmente, al Ministero delle Politiche Agricole e Forestali [7], i presidi sanitari da loro messi in commercio, indicando su appositi allegati ("Dichiarazione di vendita di Presidi Sanitari"):
  1. la ragione sociale dell'acquirente
  2. il tipo di prodotto commerciale venduto
  3. il numero di registrazione
  4. il quantitativo di prodotto commerciale venduto.

Queste comunicazioni vengono elaborate annualmente, su incarico del Ministero stesso, da alcune società quali la Finsiel.

### **2.3.1 Individuazione dei prodotti fitosanitari e dei principi attivi più utilizzati nel vivaismo del comprensorio pistoiese**

L'individuazione delle sostanze maggiormente utilizzate nelle pratiche vivaistiche del comprensorio pistoiese ha rappresentato una delle fasi principali del presente lavoro poiché dati specifici, riferibili alle quantità reali di principi attivi, non erano reperibili.

L'esame dei dati Finsiel relativi ai quantitativi annuali di prodotti fitosanitari venduti nelle province toscane nel triennio 1995-1997 (Grafico 3) indica, per la provincia di Pistoia, un valore che rappresenta il 10-15% del totale regionale. Mentre, per quantitativi assoluti di formulati venduti, la provincia di Pistoia viene superata ampiamente da Firenze, Arezzo e Grosseto, la stessa mostra il valore più elevato relativamente alle vendite di formulati per ettaro di superficie agricola utilizzata (SAU) che risulta di 26 kg/ha [23].

Questo indice, che nel 1997 supera di ben tre volte il dato di Firenze, rappresenta una misura di quanto il florovivaismo, che caratterizza il territorio provinciale, rappresenti una forma di produzione agricola intensiva e specializzata che deve essere considerata a parte anche per quanto riguarda i fattori di pressione ambientale rispetto all'agricoltura tradizionale.

Nel corso del 2000 sono stati raccolti dati presso un campione di 20 aziende vivaistiche corrispondente ad un totale di 683 ha di cui il 62% in pieno campo ed il 38% a vasetteria. Il campione risulta costituito da tre aziende con dimensioni <1 ha, sette con dimensioni fra 2 e 5 ha, tre con dimensioni fra 5 e 20 e sette con dimensioni > 30 ha. L'elaborazione dei dati raccolti ha messo in evidenza come i quantitativi di formulati utilizzati dalle singole aziende risultino molto variabili, da 2,5 a 111 Kg/ha/anno, con un valore medio di 27,6 Kg/ha/anno comparabile con quello provinciale relativo al 1997 di 26 Kg/ha/anno [23].

In particolare, per i diserbanti il carico di formulati varia da 1 a 70 Kg/ha/anno, con un valore medio pari a 17,5 Kg/ha/anno; per gli insetticidi il carico varia da 1 a 20 Kg/ha/anno, con un valore medio di 4 Kg/ha/anno; per i fungicidi e gli altri prodotti fitosanitari il carico risulta compreso tra 1 e 20 kg/ha/anno, con un valore medio di 6,6 Kg/ha/anno.

Il limite principale delle elaborazioni della Finsiel è che i dati sono su scala provinciale, e quindi si riferiscono sia al vivaismo ornamentale sia alla floricoltura. Quest'ultima ha un ruolo importante nella produzione agricola della provincia, ma non occupa geograficamente il territorio compreso nel bacino dell'Ombrone. I dati della Finsiel sono comunque risultati utili per verificare altre fonti non ufficiali su base locale.

Come fonti su base locale sono state scelte tre rivendite (Riv1, Riv2, Riv3), situate fisicamente nel comprensorio pistoiese, caratterizzate dai maggiori volumi di vendita e dalla maggiore specializzazione per il settore vivaistico.

Queste rivendite hanno messo a disposizione i loro dati, fornendoci copie delle "Dichiarazioni di vendita di Presidi Sanitari" da loro inviate al Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.

In particolare:

- la Riv1 ha reso disponibili i dati relativamente agli anni '95-'98;
- la Riv2 i dati relativi agli anni '95-'97;
- la Riv3 quelli dell'anno '97.

L'elaborazione di questi dati ha permesso di stimare la quantità (espressa in quintali) di formulati, a base di uno specifico principio attivo, venduti rispettivamente dalla Riv1, dalla Riv2 e dalla Riv3.

Il passo successivo è stato quello di mettere in relazione i dati Finsiel con i dati delle tre rivendite in modo da ottenere una stima dei principi attivi prevalentemente utilizzati nelle pratiche vivaistiche. Dai dati delle vendite a scala provinciale forniti dalla Finsiel sono stati esclusi tutti i principi attivi al

di sotto di una certa soglia di vendita che, per i diserbanti, corrisponde a 10 quintali, per i fungicidi a 25 quintali e per gli insetticidi a 20 quintali.

Successivamente, utilizzando i dati '95 della Riv1, i dati '95 della Riv2, i dati '97 della Riv3 e il dato Finsiel del '95 è stata ottenuta la Tabella 4. Le quantità riportate sono ancora espresse in quintali e rappresentano le quantità vendute di formulato a base dello specifico principio attivo, riportato nella prima colonna.

Della Riv3 sono stati utilizzati i dati del '97, perché mancavano quelli del '95. Il confronto dei dati è stato comunque ritenuto rappresentativo e utile poiché, confrontando i dati '95-'96 della Riv1 e i dati '95-'96-'97 della Riv2 è emerso che, pur esistendo una certa variabilità di vendita negli anni sia nella Riv1 che nella Riv2, le linee di tendenza delle vendite sono costanti. Si è ipotizzato che questa conclusione fosse valida anche per la Riv3 dal momento che opera nello stesso settore e che, quindi, i dati del '97 non fossero dimensionalmente diversi da quelli del '95.

Facendo il rapporto tra quantità totale venduta dalle tre rivendite e quantità totale provinciale (Finsiel) si è ottenuto il dato riportato nella settima colonna, che rappresenta la percentuale di formulato venduta dalle tre rivendite rispetto al dato provinciale.

L'elaborazione è stata eseguita anche per l'anno 1997 (Tabella 5). In questo caso le quantità relative ai formulati sono state convertite nelle quantità relative ai singoli principi attivi, tenendo conto delle percentuali con cui sono presenti nello specifico prodotto fitosanitario. Dall'analisi delle Tabelle 4 e 5 è risultato che:

1. alcuni principi attivi sono venduti e utilizzati per la maggior parte a Pistoia (>70%): oxadiazon, pendimethalin, MCPA, alachlor, simazina, propyzamide, glyphosate trimesium, dichlobenil, isoxaben;
2. altri sono venduti e utilizzati sia nel comprensorio pistoiese sia nel comprensorio pesciatino (30% < >70%): glyphosate, paraquat, diquat, 2,4-D, glufosinate di ammonio, ossicloruro di rame, zolfo, cymoxanil, metaxyl, ziram, zineb, methaldehyde, oxyfluorfen, chlorpyrifos, carbaryl, propoxur, mancozeb;
3. altri ancora sono venduti e utilizzati prevalentemente nel comprensorio pesciatino (<30%): terbutylazina, metolachlor, sodio clorato, metazachlor, solfato e calcio solfato, fosehyl-aluminium, triadimenol, propineb, methomyl, methiocarb, parathion methyl, dichlorvos, phorate.

Grafico 3 *Quantitativi di sostanze attive corrispondenti alle vendite annuali di formulati del triennio 1995-97 nella provincia di Pistoia.*

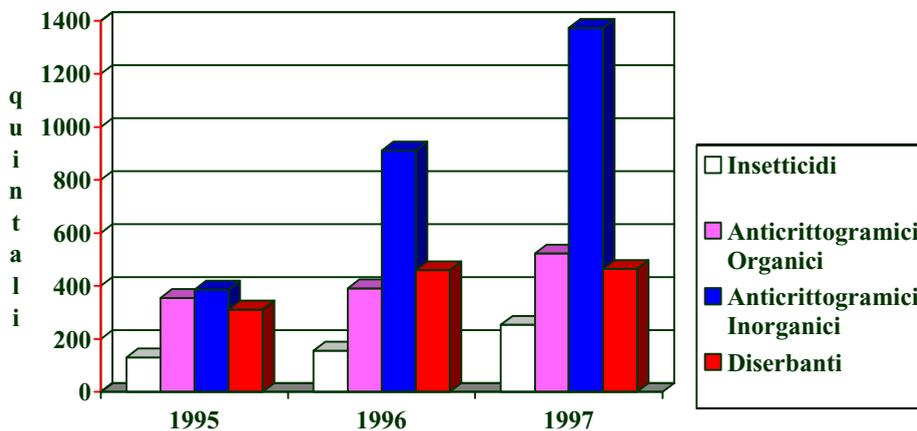


Tabella 4 *Quantità annuali (qli) di FORMULATI venduti riportati per singola sostanza attiva. Confronto fra i dati di tre rivendite specializzate per il settore vivaistico ed il dato provinciale (Finsiel). Peso (%) del totale per la zona vivaistica (Totale Riv 1/2/3) rispetto al dato provinciale (ultima colonna)*

<b>DISERBANTI</b>	Riv 1 (1995)	Riv 2 (1995)	Riv 3 (1997)	Totale Riv 1/2/3	Finsiel (1995)	%
Glyphosate	165,51	47,73	31,89	245,13	437,50	56,03
Oxadiazon	228,35	28,75	61,79	318,89	314,00	101,56
Pendimethalin	82,10	15,09	12,11	109,30	129,00	84,73
Terbutylazina	0,00	0,00	5,00	5,00	79,50	6,29
Mcpa	50,98	1,52	9,70	62,20	64,00	97,19
Alachlor	0,00	44,33	0,00	44,33	61,00	72,67
Paraquat	31,57	1,80	6,67	40,04	60,50	66,18
Simazina	10,11	17,80	2,95	30,86	35,50	86,93
Propyzamide	5,88	17,80	2,64	26,32	31,50	83,56
Metolachlor	0,00	0,00	0,06	0,06	29,00	0,21
Oxyfluorfen	11,22	8,17	2,38	21,77	28,00	77,75
Diquat	10,45	0,00	5,25	15,70	26,00	60,38
Glyphosate Trimesium	15,67	0,00	0,00	15,67	19,00	82,47
Sodio Clorato	0,00	0,00	0,00	0,00	17,50	0,00
2,4-D	3,49	1,65	0,35	5,49	14,00	39,21
Dichlobenil	3,25	5,36	0,00	8,61	12,00	71,75
Glufosinate Di Ammonio	4,29	1,22	0,02	5,53	12,00	46,08
Metazachlor	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00
<b>FUNGICIDI</b>						
Mancozeb	16,61	52,81	5,32	74,74	255,00	29,31
Solfato Di Rame	3,31	0,00	0,00	3,31	243,00	1,36
Ossicloruro Di Rame	15,15	62,25	0,00	77,40	204,00	37,94
Ossicloruro Tetramerico	0,00	0,00	0,00	0,00	204,00	0,00
Zolfo	44,19	0,00	1,09	45,28	125,50	36,08
Cymoxanil	5,47	56,59	0,65	62,71	122,00	51,40
Solfato E Calcio Solfato	0,00	0,00	0,00	0,00	114,00	0,00
Metalaxyl	14,14	1,80	0,54	16,48	40,00	41,20
Ziram	5,88	11,73	7,51	25,12	37,00	67,89
Zineb	0,25	17,87	0,00	18,12	27,00	67,11
fosetyl Aluminium	7,66	1,22	1,97	10,85	43,50	24,94
Triadimenol	4,50	0,00	0,07	4,57	26,50	17,25
Propineb	3,46	0,00	0,37	3,83	25,00	15,32
<b>INSETTICIDI</b>						
Methaldehyde	3,76	11,74	1,21	16,71	54,50	30,66
Methomyl	7,67	0,49	1,49	9,65	41,50	23,25
Olio Minerale	0,00	0,00	2,15	2,15	34,50	6,23
Chlorpyrifos	0,07	19,23	0,45	19,75	32,50	60,77
Carbaryl	1,31	13,84	0,20	15,35	27,00	56,85
Methiocarb	1,08	0,00	0,20	1,28	26,00	4,92
Parathion Methyl	0,53	0,62	0,00	1,15	24,50	4,69
Dichlorvos	3,06	0,16	0,24	3,46	22,50	15,38
Phorate	3,40	0,30	0,20	3,90	22,50	17,33
Propoxur	7,85	0,00	0,36	8,21	21,50	38,19

Tabella 5 *Quantità di SOSTANZE ATTIVE riferite alle vendite annuali di formulati delle tre rivendite specializzate per il settore vivaistico (totale Riv1/2/3). Confronto con il corrispondente dato provinciale Finsiel (q.li). Anno 1997*

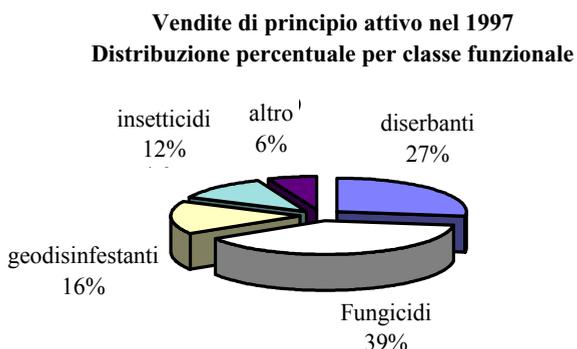
<b>DISERBANTI</b>	<b>Totale RIV 1/2/3</b>	<b>Finsiel</b>	<b>Totale/Finsiel %</b>
Glyphosate	68,28	210,83	32,38
Pendimethalin	37,12	49,98	74,27
Alachlor	24,74	35,30	70,08
Oxadiazon	11,93	14,57	81,85
Metolachlor	3,46	12,27	28,18
Chloridazon	0,04	10,08	0,39
Mcpa	7,02	10,05	69,80
Simazine	6,63	8,21	80,82
Paraquat Dichloride	4,45	8,12	54,83
Terbuthylazina	0,01	7,90	0,09
Oxyfluorfen	3,52	6,14	57,39
Propyzamide	4,17	5,80	71,90
Lenacil	0,02	4,72	0,34
Isoxaben	3,10	4,10	75,73
Diclofop Methyl	0,01	3,41	0,29
Chlorthal Dimethyl	0,14	3,38	4,00
2,4-D	2,27	3,18	71,33
<b>ANTICRITTOGAMICI</b>			
Zolfo	176,86	210,82	83,89
Mancozeb	38,34	161,38	23,75
Ossicloruri Di Rame	3,11	91,02	3,42
Ziram	8,39	22,07 3	8,03
Fosetyl Alluminium	9,46	20,74	45,60
Propamocarb Hydrochloride	0,35	16,63	2,12
Propineb	3,11	16,50	18,82
Iprodione	0,21	12,50	1,70
Captano	1,29	12,21	10,58
Carbendazim	4,64	10,41	44,59
Metiram	0,98	9,97	9,83
Tolchlofos Methyl	2,63	9,50	27,63
Folpet	1,65	8,52	19,34
Vinclozolin	0,11	6,87	1,53
Chlorothalonil	3,79	6,30	60,16
Thiram	0,20	5,73	3,53
Zineb	1,08	5,08	21,24
Metalaxyl	1,42	4,08	34,74
<b>INSETTICIDI</b>			
Olii Minerali	21,48	48,05	44,70
Methomyl	2,98	13,67	21,79
Methiocarb	0,18	13,10	1,40
Dichlorvos	1,38	12,37	11,12
Dimethoate	4,20	8,65	48,58
Propoxur	3,85	8,50	45,25
Azinphos Methyl	0,90	8,22	10,92
Propargite	0,11	8,21	1,30
Acephate	6,59	7,72	85,38
Benomyl	5,24	7,50	69,85

### 2.3.2 Trend delle vendite di sostanze attive nel triennio 1995-1997

Dall'elaborazione dei dati provinciali delle vendite relative ai formulati sono stati ricavati i dati in termini di sostanze attive per i diserbanti, gli insetticidi e i fungicidi. Da una prima elaborazione è risultato che la classe di prodotti fitosanitari maggiormente venduti è quella degli fungicidi, seguita dai diserbanti, dai geodisinfestanti (utilizzati soprattutto nella floricoltura per la disinfezione del terreno) e dagli insetticidi. Limitando l'interesse al settore vivaistico, non sono stati elaborati i dati di vendita relativi ai geodisinfestanti in quanto utilizzati esclusivamente in floricoltura.

Nei paragrafi successivi si descrivono gli andamenti nelle vendite di sostanze attive raggruppate per azione fitoiatrica nel triennio 1995-1997.

Grafico 4



#### *Diserbanti*

L'elaborazione per sostanza attiva con proprietà diserbanti nel triennio 1995-1997 indica un sensibile incremento delle vendite, che sono passate da 311,67 q.li nel 1995 a 464,42 q.li nel 1997.

L'informazione valida per l'attività agricola del comune di Pistoia è rappresentata dall'andamento delle vendite di quelle sostanze attive che sono risultate di maggiore uso nel vivaismo in base ai risultati del censimento, effettuato sui dati del 1995, nelle principali rivendite della zona di Pistoia (Tabella 4). Rispetto al dato 1995, nel 1997 si osservano:

- un incremento significativo nelle vendite di glyphosate (43%), alachlor (84%), pendimethalin (16%), metolachlor (57%), oxadiazon (8%) e MCPA (39%);
- una diminuzione delle vendite di simazina (-26%);
- una sostanziale costanza per le vendite di paraquat, oxyfluorfen, propyzamide e 2,4-D.

Appare opportuno sottolineare come, a livello provinciale, risultino aumentate in maniera consistente le vendite di sostanze attive quali: chloridazon (da 1,95 a 10,08 q.li), ethofumesate, metamitron, propachlor, isoxaben e metobromuron.

I grossi aumenti rilevati per i primi tre, che risultano corrispondenti a formulati autorizzati sulla barbabietola da zucchero e sul tabacco, sembrerebbero essere legati a vendite fuori provincia o comunque ad impieghi al di fuori del vivaismo.

Al contrario, l'isoxaben mostra un incremento nelle vendite che trova conferma nelle informazioni raccolte presso alcune aziende vivaistiche pistoiesi che hanno cominciato ad utilizzare tale sostanza per il diserbo in preemergenza al posto dell'oxadiazon.

Tabella 6 *Vendite provinciali (q.li) delle sostanze attive ad azione diserbante*

<b>Principio Attivo</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>
glyphosate	144,25	218,85	207,49
pendimethalin	42,61	46,15	49,38
alachlor	19,18	32,16	35,30
metamitron	1,40	9,45	15,05
oxadiazon	13,44	13,05	14,57
metolachlor	7,80	7,04	12,27
chloridazon	1,95	6,83	10,08
MCPA	7,21	12,71	10,05
ethofumesate	1,50	5,86	9,01
simazine	11,10	6,54	8,21
paraquat dichloride	8,95	8,45	8,12
terbuthylazina	4,07	7,73	7,90
propachlor	0,98	8,56	6,48
oxyfluorfen	6,61	7,79	6,14
propyzamide	6,60	5,40	5,80
lenacil	2,64	3,76	4,72
metobromuron	0,71	1,41	4,27
isoxaben	0,91	1,82	4,10
diclofop methyl	0,00	3,14	3,41
chlorthal dimethyl	2,63	4,50	3,38
desmedipham	0,00	2,98	3,30
2,4-D	2,28	5,96	3,18
glufosinate ammonium	1,25	2,49	2,72
metazachlor	4,31	0,86	2,59
trifluralin	1,88	0,92	2,04
diquat dibromide	1,63	1,36	2,01
dicamba	0,02	2,78	1,83
phenmediphan	0,38	1,48	1,74
sethoxydim	0,00	1,20	1,60
tribenuron methyl	0,00	2,25	1,50
clopyralid	0,00	2,60	1,36
glyphosate trimesium	3,70	14,36	1,18
fluroxypyr	0,00	0,77	1,12
tralkoxydim	0,00	1,35	0,68
<b>TOTALE</b>	<b>311,66</b>	<b>459,85</b>	<b>464,42</b>

### *Insetticidi*

Le vendite provinciali relative alle sostanze attive con azione insetticida indicano un incremento complessivo nel triennio considerato: da 130 q.li nel 1995 a 183 q.li nel 1997.

Per questa categoria di fitofarmaci il censimento presso le rivendite di Pistoia non ha consentito di individuare quali fossero le sostanze attive maggiormente impiegate nel settore vivaistico. Non è stato perciò possibile valutare il peso del vivaismo, sull'incremento delle vendite, rispetto al settore floricolo (Valdinievole). È comunque facile ipotizzare che il peso dei consumi in floricoltura sia prevalente.

Significativi appaiono gli incrementi nelle vendite di methiocarb, endosulfan, fenitrothion, azinphos methyl, methomyl e dichlorvos. Da segnalare invece una lieve diminuzione nelle vendite di propoxur, che sono passate da 10,02 a 8,50 q.li.

In generale per questa categoria di sostanze attive si assiste negli anni ad un incremento del numero e della tipologia di sostanze utilizzate per la difesa fitosanitaria.

### *Fungicidi*

L'incremento dei dati di vendita riferiti alle sostanze attive con azione fungicida dal 1995 al 1997 risulta prevalentemente da addebitarsi a quello fatto registrare dal solfato di rame.

In riferimento al settore vivaistico, risulta significativo l'incremento nelle vendite di metalaxyl, che è passato da 1,74 a 3,97 q.li. I consumi potrebbero essere ridimensionati dalla immissione sul mercato di una nuova serie di prodotti a base di metalaxyl che consentono di utilizzare quantitativi dimezzati di sostanza attiva garantendo lo stesso livello di efficacia. Questi prodotti di ultima generazione, realizzati grazie ai progressi effettuati nel campo della sintesi chimica, contengono l'isomero biologicamente attivo e non la miscela racemica (contenente il 50% dei due isomeri) che veniva utilizzata nei prodotti di vecchia generazione.

Tabella 7 *Vendite provinciali (q.li) delle sostanze attive ad azione insetticida*

<b>Principio Attivo</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>
olii minerali	27,27	32,05	40,45
methomyl	8,03	11,70	13,67
methiocarb	6,08	9,50	13,10
dichlorvos	10,19	10,78	12,37
dimethoate	8,12	6,41	8,65
propoxur	10,02	6,00	8,50
azinphos methyl	1,96	2,72	8,22
acephate	6,37	7,64	7,82
benomyl	5,75	6,50	7,50
carbaryl	7,38	5,63	5,61
fenitrothion	1,97	6,02	5,32
ethoprophos	0,00	4,94	5,14
chlorpyrifos methyl	1,40	2,17	4,80
endosulfan	2,86	2,48	4,18
parathion methyl	3,44	2,88	3,68
trichlorfon	4,92	3,28	2,52
chlorpyrifos	2,78	4,02	2,32
formothion	0,00	3,63	2,31
cyromazine	1,13	1,50	2,25
imidacloprid	0,00	0,00	1,96
monocrotophos	0,78	0,94	1,55
omethoate	1,75	1,50	1,50
amitraz	0,54	1,30	1,40
phoxim	0,63	1,15	1,39
benfuracarb	0,51	0,49	1,24
methamidophos	0,88	0,98	1,17
metaldehyde	2,82	1,27	1,17
methidathion	0,67	0,95	1,14
pirimicarb	0,53	0,88	1,14
parathion	0,54	1,13	1,13
phentoate	0,14	1,52	1,04
malathion	0,00	0,00	1,00
oxydemeton methyl	1,11	1,11	0,93
phosalone	2,01	1,74	0,91
diazinon	0,95	0,78	0,90
methyl parathion	0,67	0,19	0,57
<b>TOTALE</b>	<b>130,41</b>	<b>156,48</b>	<b>183,51</b>

Tabella 8 *Vendite provinciali (q.li) delle sostanze attive ad azione fungicida*

<b>Principio Attivo</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>
solfo	83,82	227,92	206,82
mancozeb	116,26	119,24	158,17
ossicloruri di rame	79,85	98,71	91,02
rameici	24,67	24,35	59,36
1,3-dichloropropene	24,46	48,43	40,35
ziram	22,18	17,79	22,07
fosetyl aluminium	16,66	17,75	20,74
metam sodium	26,49	20,27	19,95
propamocarb hydrochloride	2,66	7,98	16,63
propineb	17,15	17,80	16,50
iprodione	7,50	8,75	12,50
carbendazim	6,63	7,90	10,41
idrossido di rame	2,40	6,00	10,40
metiram	6,41	6,41	9,97
tolchlofos methyl	8,50	8,00	9,50
folpet	3,94	5,20	8,52
propargite	2,45	4,14	8,21
polisolfuro di bario	4,50	4,10	6,89
vinclozolin	3,45	1,41	6,87
chlorothalonil	3,60	2,85	6,30
alkyl phenol ethoxylate	5,40	5,04	6,12
thiram	3,37	3,83	5,73
zineb	2,03	0,87	5,08
metalaxyl	1,74	3,22	3,97
prochloraz	2,00	3,58	3,69
dinocap	0,92	0,79	3,62
bupirimate	1,15	3,84	3,58
cymoxanil	3,83	3,06	3,48
thiophanate methyl	2,06	1,45	3,13
procymidone	1,52	3,02	2,54
dicofol	1,95	1,97	2,47
benalaxyl	0,08	1,71	2,22
cyhexatin	0,40	0,60	2,15
etere arilalchilpoliglicole	0,00	0,00	2,00
fenpropimorph	1,59	1,80	1,80
dithianon	0,00	2,25	1,50
azocyclotin	1,50	1,25	1,50
cloruro di colina	1,15	0,58	1,44
fentin acetate	0,27	1,35	1,35
cyproconazole	1,46	1,54	1,15
pyrimethanil	0,00	0,00	1,12
dimethomorph	0,81	1,09	1,06
etridiazole	0,00	0,00	1,03
dichlofluanid	1,13	1,00	1,00
poliglicoletere	2,20	1,40	1,00
tetradifon	0,78	0,80	0,96
nonilfenolo condensato	1,10	1,10	0,80
bordeaux mixture	5,63	1,75	0,63
dodemorph	1,20	3,20	0,60
polisolfuro di calcio	1,38	0,00	0,35
<b>TOTALE</b>	<b>741,15</b>	<b>1301,29</b>	<b>1896,69</b>

## 2.4 Modalità di utilizzo dei prodotti fitosanitari nelle pratiche vivaistiche

È opportuno sottolineare come la pratica del diserbo sia quella che presenta maggiori implicazioni negative dal punto di vista ambientale, sia per l'impiego di quantitativi maggiori, sia per le modalità di utilizzo che implicano maggiori rischi di inquinamento delle acque.

Per la prevenzione dei danni provocati dalle erbe infestanti che tendono a sottrarre acqua, sostanze nutrienti e luce alle piante coltivate, il diserbo chimico ha preso il sopravvento sulle tecniche tradizionali, basate sulla lavorazione del terreno. Questo fatto è legato al risparmio di manodopera che la lotta chimica è in grado di garantire.

Nonostante ciò, la lavorazione manuale e meccanica ha ancora importanza e gli specialisti del settore suggeriscono un'integrazione dei due sistemi che può consentire di ottimizzare i risultati razionalizzando l'uso dei prodotti chimici.

Tra i metodi di lotta alle erbe infestanti possono essere annoverati:

1. scerbatura a mano
2. estirpazione o frantumazione per mezzo di *mezzi meccanici* (motofrese e motozappe)
3. disseccamento per mezzo della pacciamatura con *teli di polietilene nero*
4. disseccamento parziale o totale tramite *sostanze chimiche specifiche* (diserbanti chimici).

La *scerbatura* manuale è la tecnica più antica ed è limitata ai semenzai in pieno campo e a quei settori dove non è possibile intervenire con altri mezzi di lotta.

I *mezzi meccanici*, come estirpatori e fresatrici, agiscono smuovendo lo strato superficiale del terreno interessato dall'apparato radicale delle erbe infestanti o triturando la parte aerea delle malerbe, in modo da ridurre l'effetto negativo di queste sulla coltura senza modificare la struttura del terreno. Questo metodo è diffuso soprattutto nei vivai di piante ad alto fusto.

In alternativa alle lavorazioni meccaniche può essere effettuata una pacciamatura coprendo la fascia di terreno su cui viene a trovarsi il filare con *teli di polietilene nero*, i quali ostacolano fisicamente lo sviluppo delle erbe infestanti.

Nelle pratiche vivaistiche la *lotta chimica* è orientata verso l'uso di prodotti che agiscono:

- mediante *azione residuale o antigerminello*, in grado di colpire le malerbe al momento della germinazione e allo stadio di plantula, scarsamente efficaci sulle piante sviluppate;

- per *contatto* (cosiddetti dissecanti ad applicazione fogliare), efficaci solo sulle infestanti annuali;
- mediante *azione di traslocazione*, in seguito ad assorbimento fogliare o radicale, con effetto anche sulle infestanti perenni in quanto, muovendosi all'interno della pianta, agiscono sull'intera struttura vegetale.

Nella coltivazione in contenitore l'utilizzo di prodotti ad azione diserbante riveste un'importanza ancora maggiore che nel pieno campo a causa del maggior effetto negativo che le malerbe possono esercitare, dal momento che il terreno a disposizione della pianta è più limitato. I carichi di formulati particolarmente elevati (26 Kg/ha/anno nel 1997) sono da addebitarsi proprio a prodotti utilizzati nella vasetteria (forma granulare a lenta cessione), che possono incidere fino a 30-40 Kg/ha/anno.

Oltre a ciò è opportuno sottolineare che non esistono sistemi meccanici utili all'eliminazione delle infestanti applicabili nella normale struttura del vivaio. In alternativa all'utilizzo di prodotti chimici esiste solo l'estirpazione manuale.

Di seguito vengono riportati brevi schede informative relative ai principi attivi maggiormente utilizzati come diserbanti e ai prodotti ad azione diversa che vengono frequentemente ritrovati nelle acque, dato il loro diffuso utilizzo ed il loro comportamento ambientale.

#### 2.4.1 Oxadiazon

Si tratta di un erbicida ad ampio spettro d'azione e a lunga persistenza ad azione residuale. Viene utilizzato in forma granulare (Ronstar al 2% di sostanza attiva) in pre-emergenza sulle infestanti alla fine dell'inverno ed in forma liquida (Ronstar liquido al 34,1% di sostanza attiva) per il diserbo di vivai in pieno campo ed in vasetteria. Come antigerminante viene utilizzato in pre-emergenza ed agisce per contatto diretto sulle infestanti in germinazione attraverso uno strato sottile di sostanza attiva che si forma sulla superficie del suolo.

Attraverso il censimento effettuato nel 1997 presso le tre principali rivendite della zona è stato stimato un impiego di 1.193 Kg/anno di sostanza attiva corrispondente alla vendita di 403 q.li di formulati.

Nel vivaio in pieno campo i trattamenti vengono effettuati più volte all'anno, con sosta fra maggio e agosto, utilizzando ogni volta quantitativi massimi di 7-8 Kg/ha di prodotto. Può essere utilizzato con aggiunta di partners che permettono di ampliare lo spettro di azione.

Il carico totale su base annua stimabile dalle informazioni raccolte è di 10-20 Kg/ha di formulato.

Nei vivai a vasetteria il Ronstar granulare viene utilizzato al momento del rinvaso mescolato insieme al terriccio nella misura di 25 g/mq. Sulla base delle informazioni raccolte presso le aziende si ricavano impieghi del formulato intorno a 40 Kg/ha.

Il vivaio a vasetteria può comportare potenzialmente maggiori problemi di contaminazione delle acque superficiali in considerazione dell'utilizzo di forme di impermeabilizzazione del suolo che possono favorire, con l'irrigazione e le precipitazioni umide, fenomeni di trasporto della sostanza direttamente nei corsi d'acqua adiacenti per ruscellamento. Non è tra l'altro trascurabile il fatto che eventuali ordinanze, o leggi regionali, di limitazione dei trattamenti diserbanti nelle fasce di alcuni metri dai corsi d'acqua non avrebbero effetti sui trattamenti che utilizzano prodotto granulare.

Per contro il prodotto in granuli, essendo a rilascio lento, garantisce il massimo effetto durevole, limitando la necessità di trattamenti ripetuti che, con il prodotto liquido e su una superficie impermeabilizzata, porterebbero ad effetti di ruscellamento e quindi di spreco di prodotto di entità sicuramente superiore.

#### **2.4.2 Pendimethalin**

È un erbicida ad azione residuale che agisce per contatto. Viene utilizzato per il controllo delle infestanti graminacee e dicotiledoni annuali in numerose colture erbacee ed orticole. Il formulato maggiormente venduto è lo Stomp 330E (liquido emulsionabile al 31,7% di sostanza attiva) diffusamente utilizzato sia nella coltivazione in pieno campo sia nella vasetteria.

Nel comprensorio vivaistico pistoiese, secondo i dati del censimento del 1997, è stato stimato un utilizzo di 111 q.li/anno di formulato da cui deriva un utilizzo di 3.712 Kg/anno di sostanza attiva.

Da informazioni acquisite presso alcuni rivenditori ed aziende agricole della zona, questo formulato viene utilizzato in quantità pari a 3-5 Kg/ha nella vasetteria e nel pieno campo sia da solo che insieme ad altri prodotti (es. Roundup, Goal, Gramoxone, Basta). Possono essere effettuati da due a quattro trattamenti l'anno. Si stima quindi un carico annuale che varia da 3 a 20 Kg/ha di formulato.

#### **2.4.3 Isoxaben**

È un erbicida ad azione residuale che agisce principalmente per assorbimento radicale. Il formulato maggiormente venduto è il Gallery (45,5% di

sostanza attiva). Secondo i dati del censimento 1997 è stata stimata una vendita di formulato pari a 681 Kg/anno, corrispondente a circa 310 Kg/anno di sostanza attiva. È stato stimato un incremento del 78% nella vendita passando dal 1995 al 1997.

Dalle informazioni acquisite presso alcune aziende questo formulato viene applicato alla dose di 1 Kg/ha per una, due volte l'anno, sia nella coltivazione in pieno campo sia nella vasetteria.

#### **2.4.4 Glyphosate**

Si tratta dell'erbicida di gran lunga più utilizzato nella coltivazione in pieno campo. Agisce sulle infestanti per traslocazione e viene impiegato per i trattamenti in post-emergenza nei periodi primaverili ed estivi. In base alle infestanti e al loro grado di sviluppo viene applicato in quantità che variano da 3 a 12 Kg/ha. Viene spesso miscelato con altri prodotti ad azione residuale (Stomp 330E, Ronstar) in modo da ottenere un effetto combinato.

Dal censimento del 1997 risulta che sono stati venduti circa 210 q.li/anno di formulati (in particolare Roundup, Solado, Risolutiv, Punta) a base di glyphosate, corrispondenti a 66,79 q.li/anno di sostanza attiva. Si tratta di un principio che non viene ritrovato dalle tecniche analitiche utilizzate di routine.

#### **2.4.5 Paraquat**

È un erbicida dipiridinico che agisce per contatto sulle parti verdi delle infestanti. Agisce solo sulle infestanti annuali. Nonostante l'elevata tossicità ( $T^+$  = molto tossico) per l'uomo viene ancora utilizzato da solo o in miscela con prodotti ad azione residuale, sia nella vasetteria sia nel pieno campo. Può essere applicato in dosi pari a 3-5 Kg/ha in qualunque periodo dell'anno.

Nel 1997 sono stati venduti nel comprensorio pistoiese circa 30,81 q.li/anno di formulati (in particolare Gramoxone w, Gramixel, Seccatutto) a base di paraquat, corrispondenti a circa 445 Kg/anno di sostanza attiva.

#### **2.4.6 Simazina**

La simazina è un erbicida residuale classico che viene fortemente adsorbito dai colloidali minerali ed organici rimanendo localizzato nei primi strati del terreno. Agisce per assorbimento radicale sulle infestanti nelle fasi iniziali dello sviluppo.

L'impiego insieme alla propyzamide permette di ampliare il suo spettro d'azione verso alcune infestanti (graminacee ed alcune dicotiledoni) ridu-

cendo i rischi di fitotossicità dovuti ad eccessivi dosaggi di simazina.

Dai dati del censimento del 1997 si stima un utilizzo di 22,35 q.li/anno di formulato e quindi di 6,63 q.li/anno di sostanza attiva.

I formulati maggiormente venduti nel periodo d'indagine risultano il Siden (simazina al 30% + propyzamide al 20%), impiegato in vivaio a vasetteria una volta l'anno sulla ghiaia nel periodo fra ottobre e febbraio e saltuariamente nei vivai in pieno campo per le conifere, il Gesatop 50 (simazina al 50%) e Mazinam flow (simazina al 46,7%). Dalle informazioni acquisite presso le aziende vivaistiche il suo utilizzo sembra essere in diminuzione, come confermato anche dai dati di vendita nel triennio 1995-1997.

#### **2.4.7 Oxyfluorfen**

È un erbicida selettivo che agisce principalmente per contatto. Viene utilizzato nella quantità di 2-4 Kg/ha. Secondo il censimento del 1997 sono stati venduti circa 15 q.li/anno di formulati (soprattutto Goal) a base di oxyfluorfen, corrispondenti a circa 352 Kg/anno di sostanza attiva.

#### **2.4.8 Metalaxyl**

Si tratta di un fungicida sistemico che viene rapidamente assorbito dalle radici delle piante.

Il formulato che viene usato maggiormente è il Ridomil granulare, che contiene il 5% o 10% di sostanza attiva. Viene impiegato contro i marciumi radicali e per curare attacchi delle parti aeree da parte di ficomiceti.

Dal censimento effettuato nel 1997 sono stati venduti 142 Kg/anno di sostanza attiva, corrispondente a 2.227 Kg/anno di formulato.

Secondo indicazioni avute da alcuni rivenditori della zona, e da informazioni raccolte presso le aziende, viene usato sul terriccio per il rinvaso al momento del trapianto nelle quantità di 300-500 g/m<sup>3</sup>.

#### **2.4.9 Propoxur**

Si tratta di un insetticida carbammato utilizzato per la lotta contro afidi, cocciniglie e larve defogliatrici. Viene utilizzato per lo più da marzo a settembre nelle dosi di 100 g/quintale di acqua anche mediante trattamenti ripetuti nell'arco di pochi giorni. Il formulato maggiormente impiegato è l'Undene, una polvere bagnabile al 50% di sostanza attiva. Secondo il censimento del 1997 la vendita annua di sostanza attiva si aggira intorno a 385 Kg/anno, corrispondente a 769 Kg/anno di formulato.

### **3 LO STATO DELL'ECOSISTEMA**

Richiamando ancora lo schema DPSIR (cfr. Introduzione, Figura 1), dopo aver trattato dei fattori di pressione dobbiamo valutare lo stato dell'ecosistema che si viene a determinare in conseguenza e per effetto di tali fattori.

Nell'ambito dello studio del comprensorio vivaistico, dunque, è la qualità del suolo e delle acque che rappresenta la parte più rilevante dell'intera fase di valutazione ambientale.

Per quanto riguarda la ricerca dei residui antiparassitari nel terreno, il campionamento ha preso in considerazione lo strato superficiale (quello compreso tra 0 e 10 cm). I campioni, dopo essiccazione all'aria, sono stati setacciati (setaccio da 2 mm) e sottoposti ad estrazione con solvente (etile acetato) ed analizzati con tecnica gascromatografica con detector selettivi (ECD/NPD). Il metodo utilizzato riesce a determinare le sostanze elencate nell'Allegato 2, nel quale sono specificati anche i limiti di quantificazione espressi in ppb.

I metalli pesanti sono stati determinati mediante spettrometria ad assorbimento atomico.

Per la ricerca dei residui antiparassitari nelle acque superficiali e profonde è stato utilizzato un metodo [8] che consente l'estrazione delle sostanze attive mediante passaggio del campione da analizzare (1 litro), attraverso una colonnina di resina C-18 (1 g). La presenza dei composti viene confermata tramite tecnica GC-MS. Nell'Allegato 3 vengono elencati i 172 principi attivi che il metodo permette di determinare nelle acque con l'indicazione del limite di determinazione specifico espresso in ppb.

#### ***3.1 Qualità del suolo e suo ruolo nell'equilibrio ambientale***

Il ruolo della matrice ambientale “suolo” viene spesso trascurato, mentre rappresenta un elemento fondamentale per il mantenimento dell'equilibrio ambientale dell'ecosistema, in quanto è proprio attraverso di esso che le pressioni diffuse esercitate dall'attività agricola possono trasformarsi in impatti sulle altre matrici ambientali, principalmente le acque superficiali e profonde.

Per preservare la qualità del suolo, e quindi farne un uso sostenibile, è necessario comprendere che risulta essenziale il mantenimento delle caratte-

ristiche che lo rendono in grado di svolgere tutte le funzioni fondamentali nei riguardi di ogni utilizzatore potenziale.

Anche se la molteplicità delle funzioni del suolo è intuitiva, non è altrettanto frequente avere la reale percezione dell'importanza di ciascuna di esse e dell'ampiezza delle loro implicazioni economiche, sociali ed ecologiche.

Possono essere citate come funzioni del suolo:

- l'utilizzazione agricola, sia per la produzione di specie destinate all'alimentazione umana o animale, sia per la produzione di legname e la coltivazione di specie ornamentali;
- la protezione delle acque sotterranee attraverso la sua capacità di agire come filtro biologico e/o come tampone per il trattenimento e la degradazione di molte sostanze, di origine naturale o antropica, che su di esso vengono sversate;
- il supporto fisico per insediamenti civili o produttivi e per le infrastrutture;
- la fonte di approvvigionamento di materiali e materie prime;
- non ultima, la funzione ecologica di habitat per numerose specie viventi e sede di processi biologici fondamentali ecc.

Data la concentrazione di molte attività umane in uno stesso territorio, queste funzioni sono, per ovvi motivi, in competizione fra di loro.

Occorre quindi considerare il suolo non come un supporto inerte ma come una risorsa naturale del territorio, rinnovabile solo in tempi molto lunghi.

Un elemento importante per consentire un utilizzo razionale del suolo, anche se ovviamente non l'unico, è quello della conoscenza delle sue caratteristiche intrinseche e dei fenomeni di degrado che ne possono compromettere le funzioni, al fine di perseguire l'obiettivo di preservare le sue diverse funzioni evitando il più possibile i processi irreversibili.

D'altro canto, è facile rendersi conto di quanto diversi, e spesso difficili da integrare fra di loro, siano gli approcci a questo argomento da parte delle diverse discipline tecnico-scientifiche.

Per affrontare la matrice suolo il "Centro Tematico Nazionale Suolo e Siti Contaminati" [3] suggerisce di prendere in esame quattro tematiche:

- 1) Qualità dei suoli
- 2) Degradazione fisica e biologica del suolo
- 3) Contaminazione del suolo da fonti diffuse
- 4) Contaminazione del suolo e siti contaminati.

I primi tre temi offrono uno schema interpretativo completo in grado di prendere in considerazione tutte le principali problematiche ambientali con-

nesse all'attività vivaistica.

Per ciascuno dei temi possono essere definiti una serie di indicatori capaci di fornire elementi conoscitivi sullo stato della matrice suolo mettendo in relazione, nel territorio, le pressioni esercitate e le conoscenze disponibili sullo stato della matrice stessa (modello DPSIR, Figura 1).

### 3.1.1 Indicatori della qualità del suolo

La qualità del suolo può essere compromessa attraverso tre tipi di processi:

- la *degradazione chimica*, intesa come apporto di sostanze tossiche o comunque di carattere xenobiotico, che per qualità e quantità ne possono alterare l'equilibrio;
- la *degradazione fisica* (es.: compattazione, erosione), che appare poco significativa nel contesto di questo studio;
- la *degradazione biologica*, connessa alla diminuzione di sostanza organica. Tale tipo di degradazione ha come effetto una diminuzione di biodiversità che si ripercuote negativamente sulla fertilità del suolo e sulla sua capacità di agire come filtro, barriera protettiva nei confronti di quegli inquinanti organici, come i fitofarmaci, che possono raggiungere con maggior facilità le acque profonde attraverso infiltrazione verticale.

Volendo definire un gruppo di indicatori di qualità del suolo possiamo prendere in considerazione, tra quelli tipicamente utilizzati dalla chimica del terreno, alcuni parametri di base che hanno un peso importante nella valutazione degli aspetti ambientali legati all'uso del suolo ed ad alcune pratiche agricole e di riuso agronomico di fanghi, acque esauste dei frantoi oleari, compost ecc..

I primi quattro indicatori di stato considerati prioritari dall'ANPA [3] sono il pH, la capacità di scambio cationico (CSC), la tessitura e il contenuto di sostanza organica. Sono stati presi in considerazione anche indicatori di qualità del suolo che individuano il grado di contaminazione derivante da specie chimiche che possono essere presenti, ed eventualmente accumularsi nel terreno, a seguito di trattamenti antiparassitari e di applicazione di fertilizzanti.

Questi indicatori sono i residui di prodotti fitosanitari e di metalli pesanti, ad esempio, potenzialmente presenti come impurezze in alcuni concimi commerciali.

#### *Il pH del suolo*

Il pH condiziona i fenomeni di scambio, ritenzione ed accumulo che

avvengono nel terreno; rappresenta la concentrazione degli ioni  $H^+$  presenti nell'acqua circolante nel suolo e varia in genere da un minimo di 3.5 ad un massimo di 9.

Generalmente un pH acido è tipico di un terreno evoluto, ovvero lisciviato dalle basi.

Il terreno acido favorisce pertanto la migrazione di molecole positive ed è quindi un fattore sfavorevole all'attenuazione di inquinanti di segno positivo (esempio: i metalli pesanti).

I valori registrati nel corso di prelievi effettuati nella pianura pistoiese in aree a vivaio nel corso del 1996–2000 (60 campioni), per lo strato superficiale (0-30 cm di profondità) sono compresi fra 3,5 e 6,8 unità di pH [5].

La distribuzione percentuale indica il 10% di tali valori di pH minore di 4, il 55% compresi fra 4 e 5, il 17% compreso fra 5 e 6 ed il 17% superiore a 6 (determinazione potenziometrica su sospensione suolo-soluzione di sali neutri (KCl) Metodo Ufficiale N° 7 di analisi chimica dei suoli [4]).

Solo tre campioni hanno presentato valori di pH maggiori di 6,6, che corrisponde ad un buon grado di attenuazione nei confronti di metalli pesanti e di molecole cariche positivamente per l'area della pianura pistoiese.

Nell'area di studio siamo quindi di fronte ad uno stato del suolo con limitata capacità di attenuazione per questo tipo di inquinanti.

### *Capacità di scambio cationico (CSC)*

Rappresenta una misura della quantità di ioni positivi (cationi) che possono essere trattiene dal suolo, ovvero l'attività elettrostatica dei colloidi inorganici ed organici del suolo aventi carica negativa (argille e sostanze organiche).

I valori di CSC per la pianura di Pistoia ricavabili da dati storici risultano medio-bassi, accordandosi anche con l'esiguo contenuto di sostanza organica e di minerali argillosi, e si attestano tra 5 e 12 meq/100g [5].

### *Tessitura del suolo*

Individua la composizione percentuale nelle diverse classi dimensionali delle particelle elementari (ghiaia, sabbia, limo e argilla). La tessitura incide sulla ritenzione, la percolazione ed il drenaggio.

Grazie al contributo di un lavoro di tesi in Scienze geologiche nel 1998 [5] è stato svolto uno studio per la caratterizzazione della zona non satura in un'area di 12 Km<sup>2</sup> nella zona di Chiazzano. In tale area sono state individua-

te cinque parcelle coltivate a vivaio in pieno campo e due a mais, aventi un'estensione media di un ettaro ciascuna.

Nei quattro siti di campionamento, posti al centro delle semidiagonali di ciascuna parcella, sono stati effettuati i prelievi per trivellazione manuale (28 in totale) fino ad una profondità di 160 cm e diametro 15 cm.

Sono state effettuate un totale di 56 granulometrie, 8 per ogni parcella, relative agli orizzonti 30-60 cm (Top soil) dal piano di campagna e 90-130 cm (Bottom soil).

L'analisi è stata effettuata per setacciatura per via umida (ASTM D422) [5] e per decantazione.

I risultati delle misurazioni, espressi secondo la classificazione tessitura-le proposta dall'USDA (United States Department of Agriculture del 1992), [5] nelle quattro parcelle evidenziano che i terreni costituenti la zona non satura dell'area indagata presentano una tessitura dominante *franco-limoso* (45% sabbia, 40% limo, 15% argilla) sia per l'orizzonte superiore che per quello inferiore.

#### *Contenuto di sostanza organica*

La sostanza organica presente nel terreno, derivante principalmente da residui di vegetali in vario stato di decomposizione, influenza le proprietà adsorbenti del terreno nei confronti degli inquinanti organici.

I principi attivi dei fitofarmaci caratterizzati da un prevalente carattere lipofilo, indicativamente per Kom superiore a 70 (quantità in  $\mu\text{g}$  di composto adsorbito da 1 g di sostanza organica), manifestano un buon grado di affinità con la materia organica [24].

Le determinazioni analitiche effettuate nell'area di studio hanno utilizzato il Metodo Ufficiale di analisi chimica del suolo (Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale N° 121 del 25/5/1992) [4] di Walkley e Black. In relazione alle 7 parcelle indagate nel 1998, nella zona di Chiazzano per la fascia da 0 a 30 cm di profondità, e a 9 campioni prelevati nel 2000 presso due aziende vivaistiche, su 9 parcelle a vivaio in pieno campo sono state rilevate percentuali di sostanza organica relativamente basse, da un massimo di 1,7% ad un minimo di 0,3%.

Gli esiti analitici indicano valori che per il 23% sono risultati <1%, per il 54% compresi fra 1 e 1,5 e per il 23% compresi fra 1,5 ed 1,7%.

### *Contenuto di metalli pesanti*

La problematica ambientale collegata a questo tipo di indicatore è l'arricchimento del terreno in metalli pesanti derivante da apporti antropici di varia origine. Alcuni metalli possono essere già presenti nei materiali originari costituenti il suolo. Gli apporti derivanti da fonti diffuse da attività agricole possono derivare dall'utilizzo di prodotti fitosanitari contenenti metalli, ad esempio di prodotti a base di rame, largamente impiegati come anticrittogamici, oppure prodotti usati in passato a base di composti del piombo e dell'arsenico.

Si può inoltre citare l'impiego di fertilizzanti apportatori di azoto organico derivanti dal riutilizzo degli scarti della lavorazione del cuoio, che possono essere caratterizzati per legge da un contenuto di cromo fino al 3% di s.s. (es. cuoio torrefatto).

Anche molte fosforiti utilizzate come materia prima per la produzione di concimi minerali possono contenere impurezze di cromo, cadmio e arsenico.

Gli apporti al terreno di metalli derivanti da applicazione di liquami e fanghi di depurazione non sembrano essere significativi, dato che si tratta di pratiche poco diffuse nel territorio della pianura.

Aldilà di queste considerazioni di carattere generale sulle possibili vie di arricchimento del contenuto di metalli pesanti nel suolo, l'impostazione di uno studio ambientale specifico su questa problematica incontra sempre molte difficoltà, in quanto non sono disponibili informazioni e studi specifici relativi al livello di metalli pesanti nel fondo naturale della zona.

La conoscenza del fondo naturale di metalli risulta quindi una premessa indispensabile per la valutazione degli impatti derivanti dalle attività antropiche di tipo agricolo, civile o industriale.

Per acquisire comunque alcuni dati sull'argomento, nel 2000 sono stati analizzati 9 campioni di suolo prelevati in corrispondenza di altrettante parcelle coltivate a vivaio presso due aziende vivaistiche dell'area pistoiese.

I risultati ottenuti per piombo, rame, cadmio e cromo totale (Tabelle 9-10-11-12) vengono confrontati con dati di letteratura relativi al fondo naturale italiano riportati nella pubblicazione ANPA [6].

I livelli di *piombo* riscontrati nei suoli a vivaio hanno mostrato un valore medio pari a 16,3 ppm, che si posiziona nella zona mediana dell'intervallo generale previsto per i terreni agricoli 10-30 ppm.

I valori nei terreni prelevati a distanze maggiori di 200 m o tra 100 e 200 metri da strade ad intenso traffico veicolare, confrontati con i dati di maggior

dettaglio della Tabella 9, riferiti alla zona di Mantova, Padova, Pesaro e Modena, del 1996, suggeriscono comunque livelli più vicini a quelli tipici di zone urbane che a quelle agricole.

Relativamente al *cadmio* i valori di concentrazioni ottenuti per i terreni a vivaio hanno fornito un valore medio perfettamente in linea con i valori medi di riferimento per il fondo naturale, riportati nella Tabella 10.

I valori ottenuti per il *rame* si attestano su un valore medio pari a 38,6 ppm (Tabella 11) che, confrontato con i livelli di riferimento per suoli a varia destinazione, supera di poco i livelli tipici di un terreno coltivato a frutteto, e risulta molto superiore a quello indicato per il terreno a vigneto e per il suolo urbano. In questo caso, pur essendo i valori tranquilli in assoluto, si può ipotizzare un effetto di arricchimento del contenuto naturale di rame dovuto all'impiego di prodotti antifungini.

Tabella 9 Livelli di Piombo nei terreni a vivaio

Terreni a vivaio Comune di Pistoia			Intervallo di concentrazione di piombo nei suoli Fondo naturale incrementato e contaminato fonte ANPA 1999 "Il Rischio in Italia da sostanze inorganiche"			
Parcella	Pb mg/kg s.s.	Zona	Suolo	Pb mg/kg s.s.		
				min	max	medio
			Generico	0,1-5	500	10-30
1	9,9	Fluviale	Area rurale	10	50	
2	9,0	Fluviale	Area Urbana	30	100	
3	22,4	Via Fiorentina- Sporus	Naturale	2,40	16,40	5,30
4	19,6	Via Vecchia Pratese Napoleo	Antropizzato Naturale	1,65	9,70	5,30
5	21,0	Via Vecchia Pratese	Coltivazione intensiva	1,65	12,80	5,90
6	18,4	Santonato	Coltivazione estensiva	3,20	7,10	4,97
7	17,2	Santonato	Vigneti	3,46	5,00	4,28
8	14,0	Santonato loc. Casella	Frutteti	6,60	7,50	7,05
9	14,8	Santonato loc. Casella	Zootecnia	5,20	11,83	7,74
Media	16,3		Vicino autostrada	4,40	22,57	9,97
Dev. St	4,7		Urbano	5,30	20,60	12,78
Max	22,4		Vicino industria	4,40	38,33	13,87
Min	9,0		Vicino industria ceramica	6,24	58,60	23,33

Per il *cromo totale* i valori ottenuti si attestano su un valore medio pari a 62,6 ppm (Tabella 12). Questo valore non si discosta significativamente dai risultati ottenuti su campioni di terreno prelevati nella medesima area di studio ma con una diversa destinazione d'uso.

Tabella 10 *Livelli di Cadmio nei terreni a vivaio*

Terreni a vivaio Comune di Pistoia			Intervallo di concentrazione di cadmio nei suoli <i>Stato naturale incontaminato e contaminato</i> Fonte ANPA 1999 <i>"Il Rischio in Italia da sostanze inorganiche"</i>			
Parcella	Cd mg/kg s.s.	Zona	Suolo	Pb mg/kg s.s.		
				min	max	medio
1	0,26	Phivica				
2	0,46	Phivica				
3	0,28	Via Fiorentina- Spurgo	Naturale	0,16	0,57	0,42
4	0,32	Via Vecchia Pratese Neopolo	Coltivazione intensiva	0,25	2,26	0,63
5	0,41	Via Vecchia Pratese	Coltivazione estensiva	0,55	0,55	0,47
6	0,24	Santonato	Vigneti	0,50	0,99	0,54
7	1,22	Santonato	Frutteti	0,45	0,55	0,50
8	0,21	Santonato loc. Cascia	Zootecnica	0,16	0,51	0,45
9	1,68	Santonato loc. Cascia	Vicini autostrada	0,49	0,57	0,52
			Urbano	0,14	0,65	0,41
Media	0,56					
Dev. st	0,6					
Max	1,68					
Min	0,24					

Tabella 11 *Livelli di Rame nei terreni a vivaio*

Terreni a vivaio Comune di Pistoia			Intervallo di concentrazione di rame nei suoli <i>Stato naturale incrementato e controllato</i> Fonte ANPA 1999 <i>"Il Rischio in Italia da sostanze inorganiche"</i>			
Parcella	Cu mg/kg s.s.	Zona	Suolo	Cu mg/kg s.s.		
				min	max	medio
1	35,6	Fluvica				
2	38,3	Fluvica				
3	26,8	Via Fiorentina- Sporus	<i>Naturale</i>	3,20	13,93	5,75
4	44,0	Via Vecchia Pratese Nespola	<i>Coltivazione intensiva</i>	2,62	10,10	6,96
5	44,7	Via Vecchia Pratese	<i>Coltivazione estensiva</i>	5,40	15,30	10,12
6	31,6	Santomato	<i>Fitto</i>	6,20	9,73	7,96
7	51,5	Santomato	<i>Pratiati</i>	27,10	28,60	27,83
8	37,9	Santomato loc. Casella	<i>Zootecnia</i>	9,83	339,80	90,36
9	36,9	Santomato loc. Casella	<i>Vicino industriale</i>	8,00	26,30	13,96
			<i>Urbano</i>	4,90	72,10	16,58
Media	38,6					
Dev. st	7,4					
Max	51,5					
Min	26,8					

Tabella 12 *Livelli di Cromo totale nei terreni a vivaio*

Parcella	Cu mg/kg s.s.	Zona
1	59,7	Fluvica
2	74,6	Fluvica
3	42,7	Via Fiorentina- Sporus
4	61,5	Via Vecchia Pratese - Nespola
5	53,2	Via Vecchia Pratese
6	68,0	Santomato
7	73,7	Santomato
8	54,7	Santomato loc. Casella
9	71,7	Santomato loc. Casella
Media	62,6	
Dev. st	15,9	
Max	75,7	
Min	42,7	

### *Contenuto di fitofarmaci*

Questo indicatore di qualità del suolo rappresenta la contaminazione del terreno dovuta all'applicazione di prodotti fitosanitari utilizzati in agricoltura per combattere i parassiti e le piante infestanti. Tra le diverse classi di prodotti fitosanitari quella degli erbicidi risulta avere un peso maggiore, dal momento che questi vengono applicati direttamente sul terreno e di conseguenza sono quelli ritrovati più frequentemente.

È importante comunque sottolineare il fatto che queste sostanze, successivamente al trattamento, rimangono adsorbite sulle particelle del terreno solo per un certo periodo di tempo e, successivamente, possono subire processi degradativi ad opera di microrganismi e di altri fattori ambientali, possono essere allontanati per ruscellamento superficiale, a causa degli eventi piovosi e raggiungere quindi le acque superficiali, oppure possono essere trasportati per infiltrazione verticale verso la falda.

La concentrazione di queste sostanze nel terreno rappresenta quindi una fotografia istantanea di un fenomeno che ha una sua evoluzione temporale e che non raggiunge mai una condizione di equilibrio.

Discorso a parte può essere fatto per la presenza di residui di sostanze attive organoclorurate, ormai non più utilizzate, che possono ritrovarsi ancora oggi, in quanto si tratta di sostanze non facilmente degradabili e che si legano fortemente ai colloidi del suolo.

Nel gruppo di analisi effettuate negli anni 1996-2000 sono state riscontrate tracce apprezzabili di Dieldrin e 4,4-DDE, entrambi appartenenti alla classe degli organoclorurati non più utilizzati da tempo.

Il Dieldrin, risultato presente in due parcelle a vivaio, una delle quali presentava valori particolarmente elevati, appartiene alla famiglia degli insetticidi clororganici ciclopentadienici e veniva utilizzato per il trattamento dei terreni destinati a colture orticole od ornamentali.

Il 4,4 DDE, invece, è un metabolita del 4,4 DDT ed è quindi il risultato di trattamenti effettuati in passato.

Il DM 471/99 individua, per queste due sostanze, dei valori limite di concentrazione accettabile nel suolo pari a 10 ppb, per siti a destinazione d'uso di tipo residenziale, e 100 ppb per uso industriale e commerciale. Come appare dalla Tabella 13, per il Dieldrin in una delle parcelle viene superata la concentrazione prevista per i suoli ad uso industriale; in un'altra per il DDE si è ottenuto un valore vicino a quello per suoli ad uso residenziale.

Siamo quindi in una situazione di accumulo sul suolo di sostanze non degradabili che possono aver causato fenomeni di tossicità per gli organismi presenti.

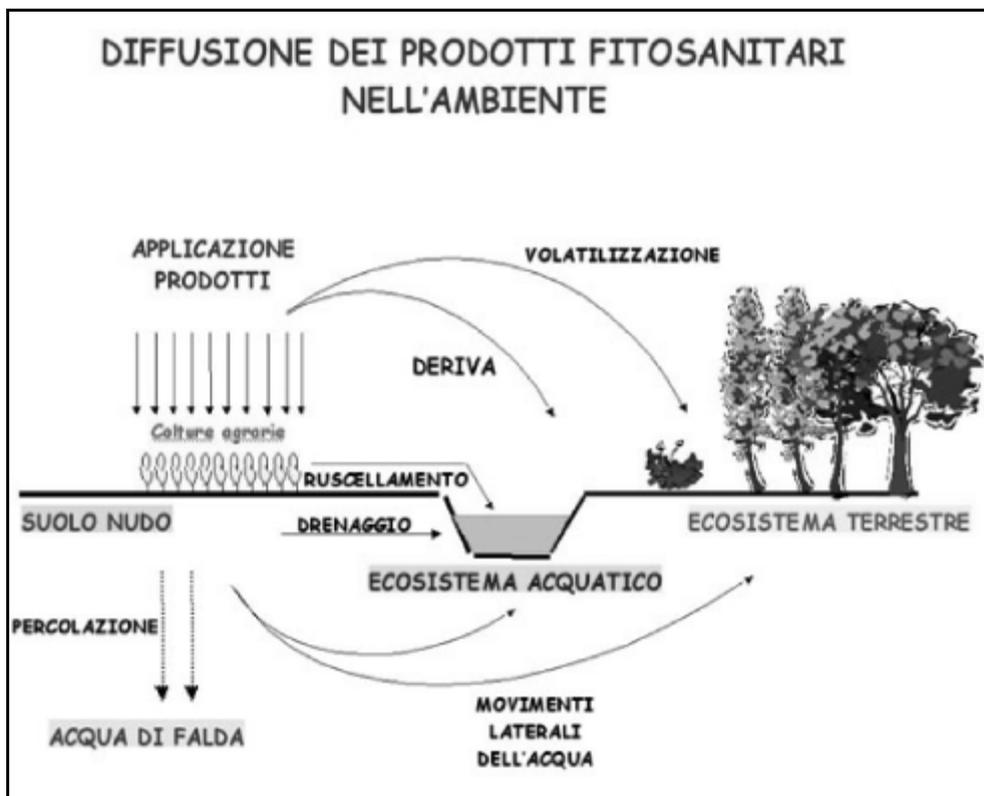


Figura 4 *Diffusione dei prodotti fitosanitari nell'ambiente*

Tabella 13 Risultati relativi alla determinazione di residui di fitofarmaci nei terreni a vivaio in pieno campo e nei terreni a mais della pianura pistoiese. Periodo 1996-2000

		COLTURA							
		VIVAIO				MAIS			
N° Campioni periodo 1996-2000		113				20			
N° Parcele		100				13			
% Campioni con residui		88				35			
		min	max	media	sd	min	max	media	sd
PENDIMETHALIN	% positivi	81				0			
	ppb	10	560	133	132				
OXADIAZON	% positivi	8				0			
	ppb	10	220	74	36				
OKYFLUORFEN	% positivi	13				0			
	ppb	27	260	69	68				
ALACHLOR	% positivi	0				55			
	ppb	10	62	36	14				
TERBUTYLAZINA	% positivi	0				15			
	ppb					< 10	16	11	9
METOLACHLOR	% positivi	0							
	ppb								
DIELDRIN	% positivi	6							
	ppb	5	378	123	159				
4,4-DDE	% positivi	9							
	ppb	11	43	22	18				

Come si evince dalla Tabella 13, il principio attivo in uso più frequentemente ritrovato nei terreni a vivaio è il pendimethalin. Questo fatto è da mettere in relazione alla sua tendenza a legarsi in maniera stabile alla frazione organica presente nello strato più superficiale del terreno.

### 3.2 Qualità delle acque superficiali e profonde. Risultati del monitoraggio per la ricerca dei residui antiparassitari

#### 3.2.1 Acque profonde. Indagine sui pozzi presenti nel comune di Pistoia

Negli anni 1997-1999 sono stati analizzati 135 campioni di acque di pozzo per la verifica della possibile contaminazione da fitofarmaci. Tra questi, vi

sono anche campioni prelevati direttamente presso alcune aziende vivaistiche.

Nel 1998, invece, sono stati controllati 19 pozzi nella zona di Nespolo-Chiazzano-Canapale, destinati ad usi diversi, ripetendo i campioni tre volte durante l'anno per una verifica dei livelli di contaminazione al variare delle condizioni climatiche.

Complessivamente il 61% dei pozzi esaminati era ad uso irriguo, il 24% ad uso domestico, il 7% ad uso misto (domestico e irriguo), il 2% in disuso e il 6% destinato ad uso diverso.

I risultati di queste prime indagini, mostrati nella Tabella 15, indicano la presenza di 42 campioni positivi sul totale (31%), la maggior parte dei quali nella fascia di profondità compresa fra 10 e 20 metri. Resta comunque significativa anche la presenza di residui nella fascia fra 20 e 30 metri.

La sostanza attiva più frequentemente ritrovata è l'oxadiazon, seguita dal propoxur, dal pendimethalin, dalla simazina e dal metalaxyl. Dei 42 campioni positivi 21 hanno presentato concentrazioni superiori a 0,1 ppb, che è il limite previsto per le acque potabili.

La situazione che emerge dall'indagine suggerisce che i principi attivi ad azione antiparassitaria possono raggiungere la prima falda con relativa facilità per infiltrazione verticale e che, in presenza di percorsi preferenziali (es. pozzi perdenti), esiste un rischio di contaminazione anche per la falda profonda.

Esaminando le variazioni delle concentrazioni durante l'anno è emerso come le condizioni meteo-climatiche, in particolare le precipitazioni, influenzino direttamente la capacità di diluizione degli inquinanti da parte della zona satura. In particolare, i campioni risultati positivi nell'indagine del 1998 hanno mostrato concentrazioni crescenti dopo il periodo di siccità estiva, fino ad ottobre e concentrazioni minori nel periodo di morbida (maggio).

La maggior frequenza di contaminazione riscontrata per la sostanza attiva oxadiazon conferma comunque che si tratta di un fenomeno direttamente collegato al suo esteso utilizzo. Infatti, l'oxadiazon non è dotato di spiccata mobilità nel terreno (Tabella 28), ma risulta l'erbicida più utilizzato per i trattamenti in preemergenza e soprattutto per la vasetteria. Al contrario, per il propoxur, ai più modesti quantitativi di sostanza attiva impiegata su base annuale fa riscontro una maggiore mobilità della molecola, che può spiegare la sua frequente presenza nelle acque di falda.

La valutazione approfondita del fenomeno appare comunque assai complessa e non può prescindere dal considerare aspetti che esulano dagli scopi della presente relazione.

Tabella 14 *Tipologia dei pozzi considerati nello studio*

Profondità	Pozzi	Uso				
	N°	Irriguo	Domestico	Misto	Altro	Disuso
<10 m	30	13	6	3	5	3
10-20 m	49	35	8	3	3	0
20-30	43	27	14	2	0	0
30-50	5	4	1	0	0	0
>50 m	8	3	4	1	0	0
<b>TOTALE</b>	<b>135</b>	<b>82</b>	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>3</b>
<b>PERCENTUALE (%)</b>	<b>100</b>	<b>61</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>2</b>

Tabella 15 *Campioni di acque di falda con presenza di residui sul totale dei pozzi analizzati dal 1997 al 2000*

Profondità	Distribuzione dei campioni con residui alle varie profondità						Concentrazione (ppb)			
	<10 m	10-20 m	20-30 m	30-50 m	>50 m	Totale	Min	Max	Media	Mediana
N°	<b>30</b>	<b>49</b>	<b>43</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>135</b>				
N° positivi	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>42</b>				
Oxadiazon	4	17	8	1	0	30	0,01	1,00	0,15	0,07
Propoxur	3	9	4	0	0	16	0,01	0,42	0,07	0,04
Pendimethalin	3	5	2	1	0	11	0,01	1,34	0,27	0,05
Simazina	5	2	0	0	0	7	0,01	0,17	0,05	0,03
Metalaxyl	0	4	0	0	0	4	0,02	0,56	0,3	0,31
Terbutylazina	1	1	0	0	0	2	0,01	0,14	0,07	0,08
Trifluralin	0	0	1	1	1	3	0,09	0,16	0,13	0,16
Propyzamide	0	1	0	0	0	1				
Pirimicarb	1	0	0	0	0	1				

### 3.2.2 Acque superficiali. Considerazioni generali

Il monitoraggio svolto nell'arco dei cinque anni ha permesso di evidenziare che per i quattro corpi idrici principali della pianura pistoiese la frequenza percentuale di campioni con presenza di residui di fitofarmaci varia da un minimo del 67% per il torrente Bure ad un massimo del 97% per il torrente Brana (Tabella 16A).

Questa differenza risulta facilmente spiegabile prendendo in considerazione la diversa incidenza dell'attività agricola nelle aree attraversate dai singoli torrenti, relativamente alla zona di studio (Allegato 1).

La Bure presenta un minor grado di contaminazione, in quanto attraversa solo marginalmente l'area a più intensa vocazione vivaistica e riceve affluenti provenienti dalla zona collinare che non apportano inquinamento specifico, ad eccezione del Bulicata.

Al contrario, per la Brana si osservano livelli crescenti di contaminazio-

ne lungo l'asta passando dalla zona urbana al confine provinciale (Allegati 4 e 5). Infatti, in questo tratto la Brana incontra la zona a maggior concentrazione di vivai, a cui si aggiungono coltivazioni di seminativi (mais) nel tratto finale dopo la confluenza dell'Acqualunga.

Per il torrente Stella si ottiene una frequenza di positivi simile alla Brana pari al 96%, ma con concentrazioni mediamente più contenute e che tendono in parte a ridursi per diluizione lungo l'asta, probabilmente grazie all'immissione di affluenti provenienti dal promontorio del Montalbano a sud-ovest (Allegato 6).

L'Ombrone, con una frequenza complessiva pari all'83% di positivi, mostra bassi livelli di contaminazione nel primo tratto fino alla confluenza del Brusigliano che apporta il maggior carico inquinante. Il livello di contaminazione decresce poi per diluizione nel tratto fino al confine provinciale (Allegato 7).

La situazione relativa agli affluenti ed ai fossi minori indica una contaminazione costante assai elevata per quelli che attraversano le zone a maggior densità di colture vivaistiche (Brusigliano, Acqualunga, Dogaia e Quadrelli, Ombroncello e Bollacchione).

Meno scontate risultano le percentuali di contaminazione, altrettanto significative, che vengono ritrovate per quei fossi che attraversano zone in cui l'attività vivaistica ha avuto uno sviluppo più recente. E' il caso del Bulicata, del Rio Decine e del Torbecchia, che attraversano rispettivamente la zona ad est vicino al confine comunale (Santomato), la zona a nord della città (S.Alessio) e la zona a nord-ovest (Torbecchia).

Complessivamente, su un totale di 815 campioni analizzati sono risultati positivi 708 campioni, corrispondenti all'87%.

Nella parte in basso della Tabella 16A si riportano le percentuali di campioni positivi relativi ai controlli effettuati, nel corso degli anni 1996-2000, sulle acque superficiali della pianura pistoiese di interesse per la produzione di acqua potabile (DPR 515/88).

Si evince una percentuale di campioni positivi pari al 13% del totale, ad indicare come l'impatto derivante dall'utilizzo di prodotti fitosanitari sulla risorsa a scopo potabile non sia da trascurare, anche se le concentrazioni rilevate non hanno mai superato il limite previsto dalla normativa (1 ppb). Molti dei campioni positivi sono riferiti ai laghi Primavera e al Lago 1° Maggio, ubicati nella zona ad ovest di Pistoia i primi e nella zona di Agliana il secondo.

Tabella 16A *Percentuale di campioni con presenza di residui di fitofarmaci relativamente al monitoraggio dei corpi idrici principali e minori del bacino dell'OMBRONE. Anni 1996-2000.*

	N°punti	N°campioni	Campioni positivi	
<b>Corpi Idrici</b>				
<b>Principali</b>			N°	%
Brana	6	148	143	97
Stella	6	96	92	96
Ombrone	6	119	99	83
Bure	4	76	51	67
<b>Affluenti</b>				
Dogaia e Quadrelli	4	73	73	100
Rio Decine	1	12	12	100
Bollacchione	1	10	10	100
Acqualunga	2	26	26	100
Brusigliano	2	27	27	100
Ombroncello	2	30	30	100
Bulicata	2	24	24	100
Tazzera	2	23	23	100
Fosso Biagini e Fosso Pontacci	2	22	22	100
Calice	1	39	28	72
Torbecchia	1	17	12	71
Agna	1	41	11	27
<b>% Campioni positivi per singolo principio attivo</b>	<b>44</b>	<b>815</b>	<b>708</b>	<b>87</b>
<b>Acque Superficiali (DPR 515)</b>	<b>23</b>	<b>379</b>	<b>49</b>	<b>13</b>

Nella Tabella 16B vengono prese in considerazione le sostanze attive ritrovate in misura maggiore sul totale dei punti di prelievo. Si passa dall'8% per la terbuthylazina al 96% per l'oxadiazon. In generale, la classe di sostanze attive ritrovate con maggiore continuità è quella degli erbicidi, a cui appartengono oxadiazon, pendimethalin, simazina, propyzamide, oxyfluorfen e terbuthylazina. Questa evidenza può essere messa in relazione sia con il quantitativo di formulati venduti su base annua (Tabella 4 e 5) sia con le caratteristiche e i tempi del loro impiego. Altri fattori da considerare sono le caratteristiche di mobilità e persistenza della singola sostanza attiva.

Per quanto riguarda i livelli di concentrazione è emersa una grande variabilità nel periodo d'indagine che è stato possibile mettere in relazione con la stagionalità dei trattamenti, ma soprattutto con la portata dei corsi d'acqua. La variabilità delle concentrazioni medie annuali nei singoli punti di prelievo risente fortemente del peso dei valori massimi riscontrati nel periodo estivo in corrispondenza di periodi di morbida. I valori delle medie annuali ven-

gono presentati per punto di prelievo nei capitoli successivi, che descrivono gli esiti del monitoraggio specifici per corso d'acqua.

Tabella 16B *Sostanze attive maggiormente presenti nelle acque superficiali della pianura pistoiese. Frequenza percentuale di campioni positivi sul totale per singola sostanza*

	Oxadiazon	Pendimethalin	Simazina	Propoxur	Metalaxyl	Propyzamide	Oxyfluorfen	Terbutylazina
	% sul totale dei campioni positivi							
<b>Corpi Idrici</b>								
<b>Principali</b>								
Brana	99	41	31	43	27	15	4	2
Stella	99	74	51	24	28	8	2	13
Ombrone	96	48	55	35	34	40	5	13
Bure	88	45	14	16	12	0	6	0
<b>Affluenti</b>								
Dogaia								
e Quadrelli	100	84	95	42	68	74	11	21
Rio Decine	100	50	0	17	25	0	0	0
Bollacchione	100	90	20	50	60	0	20	0
Acqualunga	100	96	54	58	46	35	54	4
Brusigliano	96	78	56	44	37	56	0	7
Ombroncello	100	77	67	17	33	40	27	13
Bulicata	100	75	4	17	38	0	0	0
Tazzera	100	87	39	22	0	0	22	17
Fosso Biagini e								
Fosso Pontacci	100	95	82	41	50	14	32	0
Calice	86	57	18	11	11	0	4	0
Colecchio	96	36	8	16	0	8	0	12
Torbecchia	92	17	8	8	33	0	8	0
Agna	36	0	0	36	27	0	18	18
<b>% Campioni positivi per singolo principio attivo</b>								
	<b>96</b>	<b>60</b>	<b>44</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>23</b>	<b>9</b>	<b>8</b>
<b>Acque Superficiali (DPR 515)</b>								
% Campioni positivi	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

### 3.2.2.1 Torrente Ombrone e affluenti

#### *Ombrone*

Il torrente Ombrone è il corso d'acqua principale che decorre nella pianura pistoiese. Nasce a nord di Pistoia e dopo un'ampia curva la costeggia, passando a sud del centro cittadino. All'interno del territorio comunale raccoglie diversi affluenti minori ("Brusigliano", "Torbecchia", "Ombroncello", "Dogaia e Quadrelli") mentre al di fuori raccoglie anche tutti gli altri affluenti che, in questo studio, sono stati considerati corsi d'acqua indipendenti ("Branà", "Bure", "Stella"). È affluente dell'Arno, al quale si congiunge poco fuori dal territorio provinciale in località Poggio a Caiano.

Lungo il suo corso sono stati scelti sei punti di prelievo. I primi quattro sono ubicati nel territorio del comune di Pistoia; fra questi il punto IV risulta caratterizzato dal maggior numero di dati. Tra gli affluenti sono stati presi in considerazione il Brusigliano, il Torbecchia, l'Ombroncello e il Fosso Dogaia e Quadrelli.

Numero prelievi					
Punti di prelievo:	1996	1997	1998	1999	2000
I. Pontelungo	1	4	3	2	2
II. Via Bonellina	2	3	3	1	0
III. Ponte alla Pergola	2	3	3	3	2
IV. Ponte al Castellare	10	12	11	6	4
V. P.te alla Ferruccia	0	4	4	1	0
VI. Loc.Catena	0	11	12	6	4
<b>TOTALE</b>	<b>15</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>19</b>	<b>12</b>

Il livello di contaminazione appare significativo solo negli ultimi tre punti di prelievo, dove il 100% dei campioni appare contaminato.

Nei punti I, II e III ad una percentuale significativa di campioni con presenza di residui fanno riscontro concentrazioni a livello di tracce (valore massimo pari a 0,12 ppb).

Le concentrazioni medie annuali delle sostanze attive mostrano un considerevole aumento in corrispondenza del punto IV, che si trova subito a valle del punto di immissione del torrente Brusigliano. Le stesse concentrazioni decrescono passando ai punti V e VI per effetto della diluizione. Nel corso dell'anno la variabilità delle concentrazioni mostra valori più elevati nel periodo estivo, da giugno a settembre.

La Tabella 17 permette di individuare tre gruppi di sostanze attive:

- un primo gruppo di sostanze che vengono rilevate con frequenze percen-

- tuali maggiori del 40% (oxadiazon, pendimethalin, simazina, propoxur, metalaxyl e propyzamide);
- un secondo gruppo con frequenze tra il 10-30% (terbuthylazina ed oxyfluorfen);
  - un terzo gruppo caratterizzato da presenza saltuaria, di cui fanno parte molti insetticidi.

Tabella 17 *OMBRONE - Percentuale di campioni con presenza di residui di prodotti fitosanitari relativa al totale e ai singoli principi attivi ricercati. Periodo di indagine 1996-2000*

<b>Punti di Prelievo</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	
<b>N° campioni analizzati</b>	12	9	13	43	9	33	
<b>% campioni con presenza di residui</b>	33	67	38	100	100	97	
	<b>% campioni con presenza di residui di singoli p.a.</b>						<b>Max (ppb)</b>
1) oxadiazon	25	56	38	98	100	94	4,26 <sup>(IV)</sup>
2) pendimethalin	17	44	15	53	56	36	0,40 <sup>(IV)</sup>
3) simazina	0	0	8	53	78	70	3,52 <sup>(IV)</sup>
4) propoxur	0	11	8	35	33	45	1,30 <sup>(V)</sup>
5) metalaxyl	0	0	8	40	44	36	2,13 <sup>(IV)</sup>
6) terbuthylazina	0	0	0	9	11	24	0,65 <sup>(VI)</sup>
7) oxyfluorfen	0	0	0	2	0	12	0,04 <sup>(IV, VI)</sup>
8) propyzamide	0	0	0	37	56	58	0,63 <sup>(IV)</sup>
9) pirimicarb	0	0	0	5	0	0	0,01 <sup>(IV)</sup>
10) diazinone	0	0	0	0	0	3	0,08 <sup>(VI)</sup>
11) atrazina deisopropile	0	0	0	9	11	3	0,27 <sup>(IV)</sup>
12) linuron	0	11	0	0	0	0	0,06 <sup>(III)</sup>
13) molinuron	0	11	0	0	0	0	0,12 <sup>(III)</sup>
14) atrazina	0	0	0	2	0	3	0,07 <sup>(IV)</sup>
15) metolachlor	0	0	0	2	0	3	0,05 <sup>(VI)</sup>
16) phentoato	0	0	0	2	0	0	0,04 <sup>(IV)</sup>
17) dicloran	0	0	0	0	0	3	0,33 <sup>(VI)</sup>

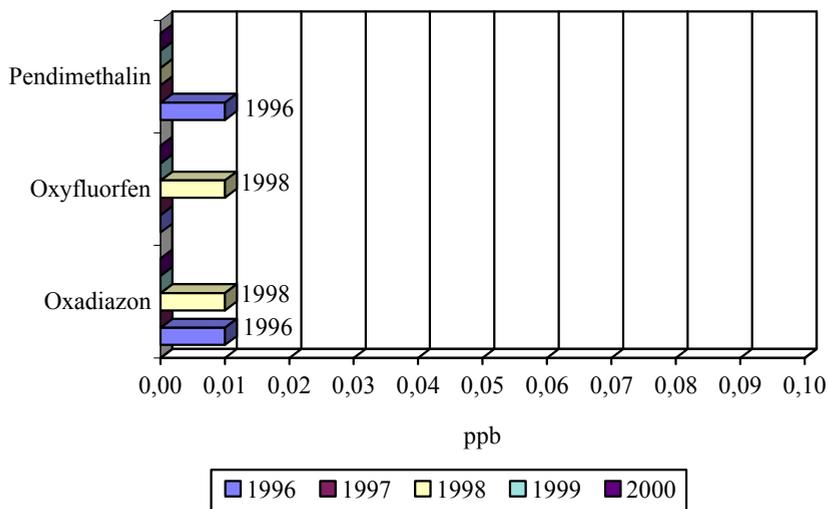
**Concentrazione**

**massima riscontrata (ppb)** 0,03<sup>(I)</sup> 0,12<sup>(I3)</sup> 0,09<sup>(I)</sup> 4,26<sup>(I)</sup> 1,43<sup>(I)</sup> 1,21<sup>(4)</sup>

N.B. I numeri tra parentesi nella colonna **Max** e nella riga **Concentrazione massima riscontrata** corrispondono, rispettivamente, ai punti di prelievo e alle sostanze

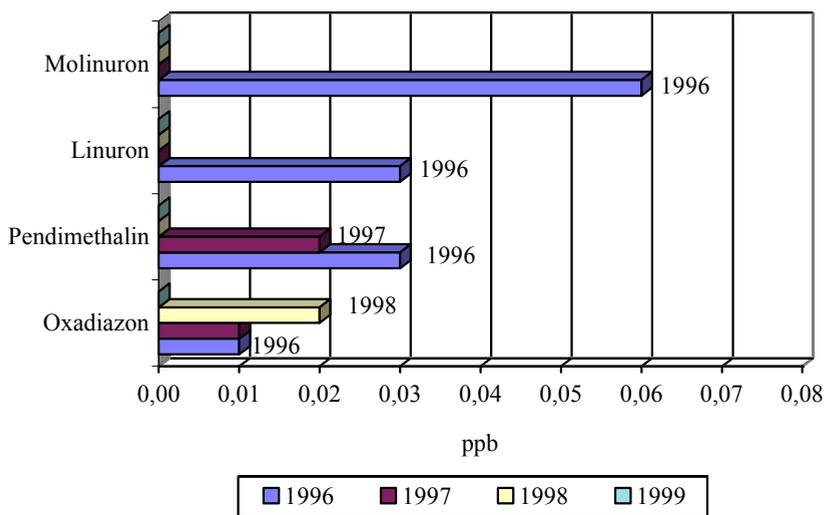
**Grafico 5. OMBRONE-Pontelungo**

Concentrazioni medie annuali

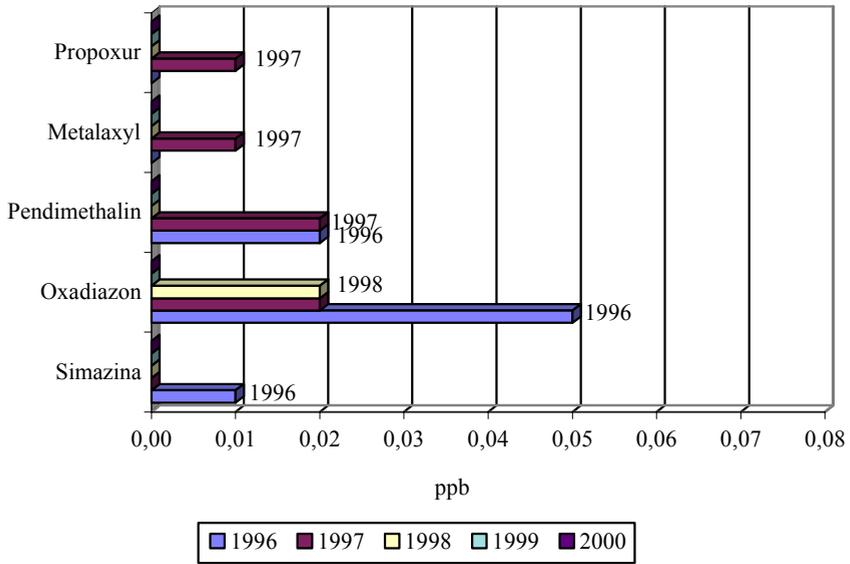


**Grafico 6. OMBRONE-Via Bonellina**

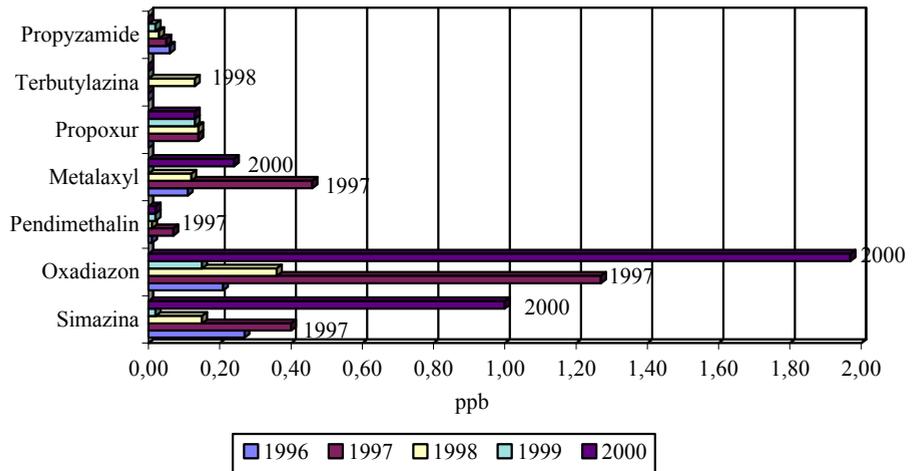
Concentrazioni medie annuali



**Grafico 7. OMBRONE-P.te alla Pergola**  
Concentrazioni medie annuali

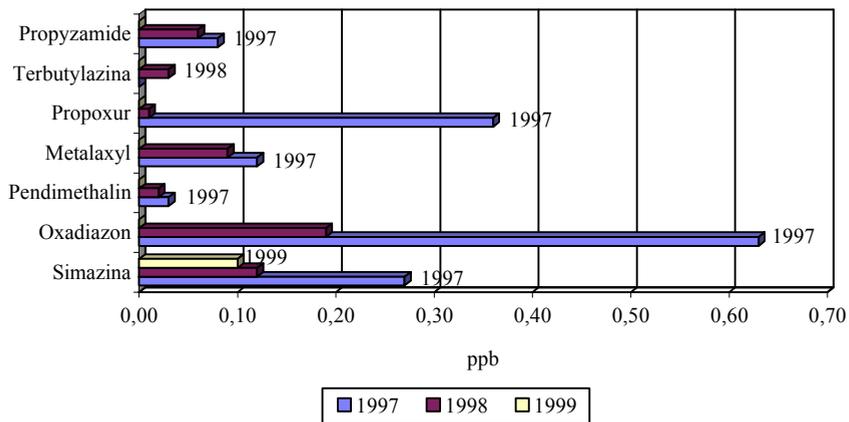


**Grafico 8. OMBRONE-P.te al Castellare**  
Concentrazioni medie annuali



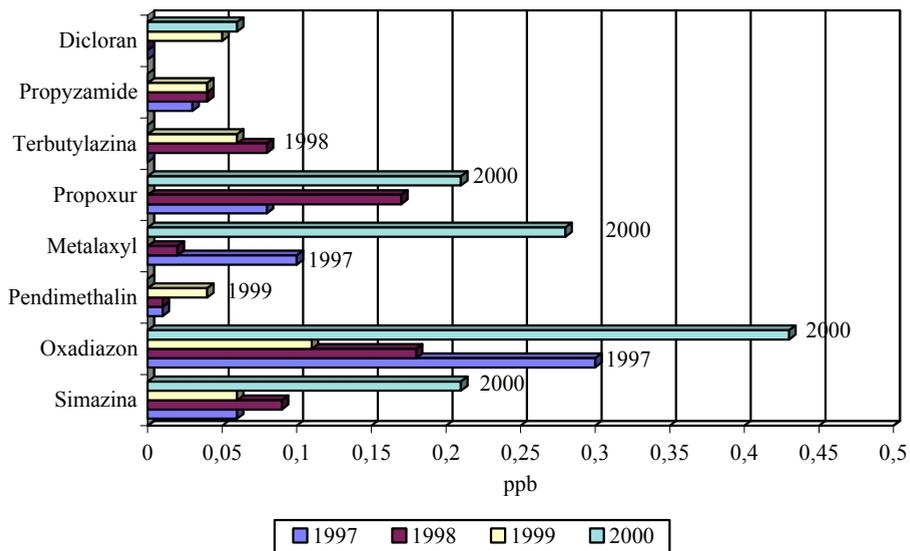
**Grafico 9. OMBRONE-P.te Ferruccia**

Concnetrazione media annuale



**Grafico 10. OMBRONE-Catena**

Concentrazioni medie annuali



### Brusigliano

Il corso d'acqua, dalla zona di via Bonellina, segue il tracciato dell'A1 fino alla zona di via Fiorentina e si immette nell'Ombrone subito prima del ponte al Castellare.

I due punti di campionamento scelti sono:

Punti di prelievo:	Numero prelievi				
	1996	1997	1998	1999	2000
I. Via Bonellina	3	4	4	0	0
II. Via Fiorentina (Infra)	4	4	4	2	2
<b>TOTALE</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

La contaminazione è relativa a tutti i campioni analizzati (Tabella 18). Il primo gruppo di principi attivi individuato per l'Ombrone al paragrafo precedente mostra la stessa presenza percentuale anche nel Brusigliano.

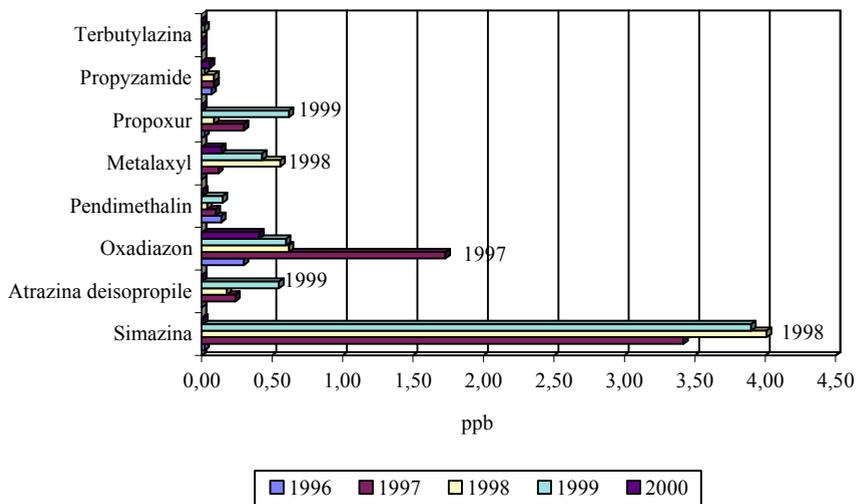
Particolarmente marcata risulta la presenza della simazina, che raggiunge livelli di concentrazione assai elevati (valore massimo pari a 15,5 ppb ) con valori medi annuali intorno a 4 ppb.

Tabella 18 *BRUSIGLIANO - Percentuale di campioni con presenza di residui di prodotti fitosanitari relativa al totale e ai singoli principi attivi ricercati. Periodo di indagine 1996-2000*

Punti di Prelievo	I	II	
<b>N° campioni analizzati</b>	11	16	
<b>% campioni con presenza di residui</b>	100	100	
<b>% campioni con presenza di residui di singoli p.a.</b>			<b>Max (ppb)</b>
1) oxadiazon	91	100	3,71 <sup>(III)</sup>
2) pendimethalin	73	81	0,78 <sup>(I)</sup>
3) simazina	36	69	15,5 <sup>(II)</sup>
4) propoxur	36	50	1,10 <sup>(II)</sup>
5) metalaxyl	27	44	2,20 <sup>(II)</sup>
6) terbutylazina	0	13	0,04 <sup>(II)</sup>
7) propyzamide	36	69	0,27 <sup>(II)</sup>
8) endosulfan solfato	0	6	0,01 <sup>(II)</sup>
9) atrazina deisopropile	0	19	1,10 <sup>(II)</sup>
10) methidathion	0	6	0,12 <sup>(II)</sup>
11) pirimicarb	0	6	0,06 <sup>(II)</sup>
12) trifluralin	0	6	0,20 <sup>(II)</sup>
13) endosulfan alfa	0	6	0,07 <sup>(II)</sup>
<b>Concentrazione massima riscontrata (ppb)</b>	0,78 <sup>(2)</sup>	15,5 <sup>(3)</sup>	

N.B. I numeri tra parentesi nella colonna **Max** e nella riga **Concentrazione massima riscontrata** corrispondono, rispettivamente, ai punti di prelievo e alle sostanze

**Grafico 11. BRUSIGLIANO-Via Fiorentina**  
Concentrazioni medie annuali



### *Torbecchia*

Il punto di campionamento è ubicato all'altezza dei laghi Primavera.

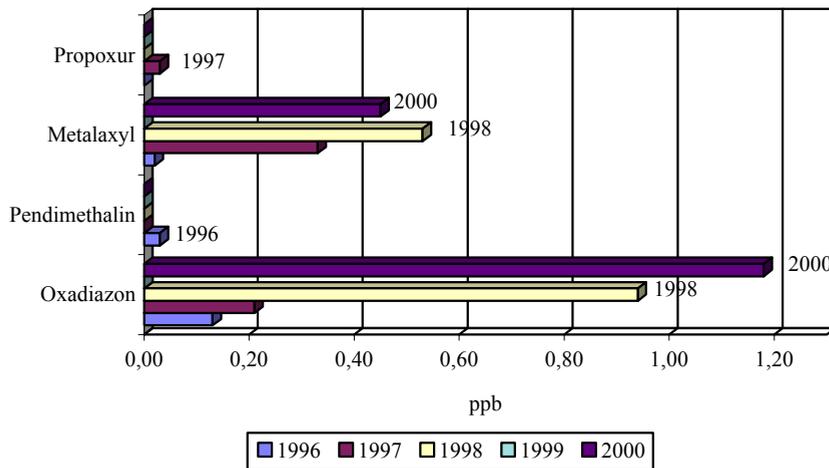
L'*oxadiazon* risulta presente nel 65% dei campioni analizzati nei cinque anni con concentrazioni medie annuali in forte crescita: da 0,13 ppb nel '96 a 1,13 ppb nel 2000.

Il *pendimethalin* è risultato presente a livello di tracce nel '96 e '97, mentre non è mai stato rilevato negli altri anni di indagine.

Il *metalaxyl* è risultato presente nel 23% dei campioni analizzati e le concentrazioni medie si dimostrano in crescita, essendo passate da 0,02 ppb nel '96 a 0,45 ppb nel 2000.

Per questo corso d'acqua, che attraversa la zona ovest di Pistoia, sembra che il dato sperimentale avvalori l'ipotesi che l'aumento significativo dei carichi sia legato all'incremento delle aree a vivaio limitrofe all'asse fluviale, o ad un aumento dei trattamenti.

**Grafico 12. TORBECCHIA**  
Concentrazioni medie annuali



### *Ombroncello*

L'Ombroncello attraversa la zona di Piuvisa, Bottegone e Barba e si immette nel Fosso Dogaia e Quadrelli nella zona di Olmi.

Punti di prelievo:	Numero prelievi				
	1996	1997	1998	1999	2000
I. P.te dei Giuliani (Piuvisa)	2	4	4	2	2
II. Via Fiorentina (Confine comunale)	4	4	4	2	2
<b>TOTALE</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

Tabella 19 *OMBRONCELLO - Percentuale di campioni con presenza di residui di prodotti fitosanitari relativa al totale e ai singoli principi attivi ricercati. Periodo di indagine 1996-2000*

<b>Punti di Prelievo</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	
<b>N° campioni analizzati</b>	14	16	
<b>% campioni con presenza di residui</b>	100	100	
<b>% campioni con presenza di residui di singoli p.a.</b>			<b>Max (ppb)</b>
1) oxadiazon	100	100	3,67 <sup>(I)</sup>
2) pendimethalin	93	63	0,43 <sup>(II)</sup>
3) simazina	64	69	2,77 <sup>(II)</sup>
4) propoxur	21	13	2,75 <sup>(I)</sup>
5) metalaxyl	43	25	0,54 <sup>(I)</sup>
6) terbutylazina	0	25	0,29 <sup>(II)</sup>
7) oxyfluorfen	43	13	4,42 <sup>(II)</sup>
8) propyzamide	14	63	0,41 <sup>(II)</sup>
9) carbaryl	0	6	0,15 <sup>(II)</sup>
10) atrazina deisopropile	14	13	0,12 <sup>(II)</sup>
11) dichlobenil	0	31	0,29 <sup>(II)</sup>
12) vinclozolin	0	6	0,01 <sup>(II)</sup>
13) atrazina	0	6	0,02 <sup>(II)</sup>
14) metolachlor	21	19	0,50 <sup>(II)</sup>
15) fenthion	0	6	0,01 <sup>(II)</sup>
16) lindano	0	25	5,65 <sup>(II)</sup>
17) trifluralin	29	6	0,4 <sup>(I)</sup>
18) carbofenthion	7	0	0,01 <sup>(I)</sup>
19) demeton sms	7	0	0,03 <sup>(I)</sup>
20) parathion	7	6	0,03 <sup>(II)</sup>
21) methidathion	7	0	0,33 <sup>(I)</sup>
22) endosulfan alfa	7	0	0,04 <sup>(I)</sup>
23) endosulfan solfato	0	6	0,01 <sup>(II)</sup>
24) tolchlofos methyl	21	0	0,16 <sup>(I)</sup>
<b>Concentrazione massima riscontrata (ppb)</b>	4,42 <sup>(7)</sup>	2,77 <sup>(3)</sup>	

N.B. I numeri tra parentesi nella colonna **Max** e nella riga **Concentrazione massima riscontrata** corrispondono, rispettivamente, ai punti di prelievo e alle sostanze

La contaminazione è presente in tutti i campioni esaminati (Tabella 19).

Un primo gruppo di principi attivi di cui fanno parte oxadiazon, pendimethalin, simazina e propyzamide raggiunge presenze percentuali nell'ordine del 60%.

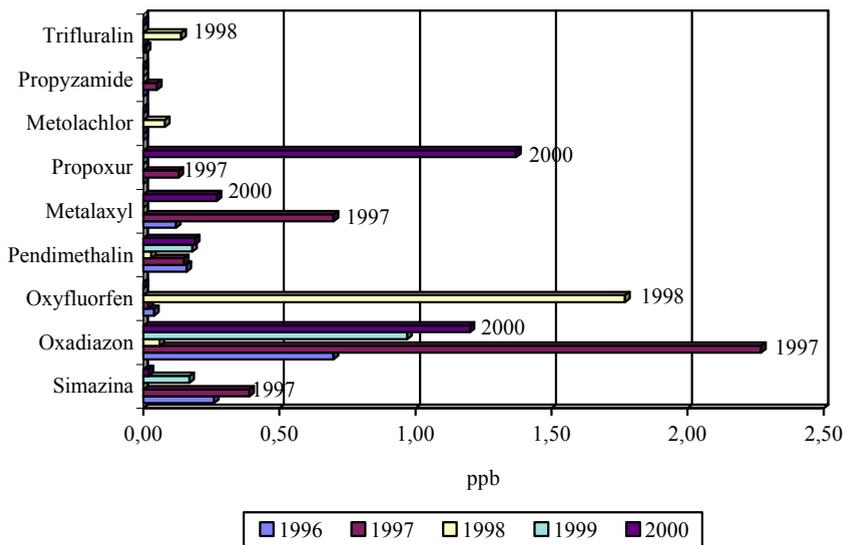
Con percentuali di presenza maggiori o uguali al 20% abbiamo propoxur, metalaxyl, terbutylazina, oxyfluorfen, dichlobenil, tolchlofos metile e trifluralin.

Sono state trovate tracce di diversi insetticidi che non vengono ritrovati spesso in altri corsi d'acqua: parathion, endosulfan solfato, lindano, carbaryl, fenthion e carbofenthion.

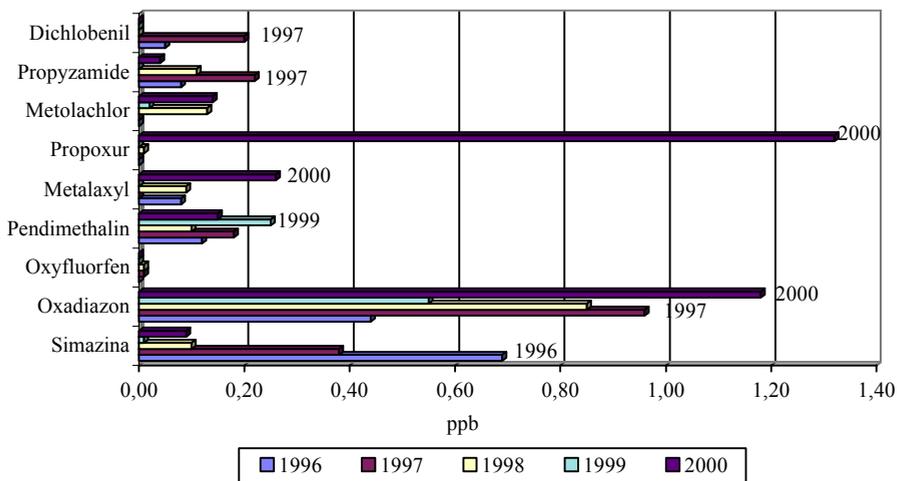
La maggior frequenza di rilevazione di residui di alcune sostanze attive

nel punto I rispetto al II può essere spiegata tenendo conto delle caratteristiche del punto I (vicinanza dei terreni a vivaio) e dell'effetto di diluizione successivo.

**Grafico 13. OMBRONCELLO-P.te Giuliani**  
Concentrazioni medie annuali



**Grafico 14. OMBRONCELLO-Via Fiorentina**  
Concentrazioni medie annuali



### Fosso Dogaia e Quadrelli

Attraversa la zona nord-est del Comune di Serravalle, entra nel Comune di Quarrata e di Pistoia. Riceve il fosso Ombroncello nella zona di Vignole-Olmi e si immette nell'Ombrone al confine provinciale (Catena di Quarrata).

Lungo il corso d'acqua sono stati individuati quattro punti di prelievo:

Punti di prelievo:	Numero prelievi				
	1996	1997	1998	1999	2000
I. Bottegaccia	0	4	4	2	2
II. Via Bottaia	4	4	4	2	2
III. P.te ad Olmi	0	4	4	2	2
IV. P.te Catena	0	12	11	6	4
<b>TOTALE</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>10</b>

Tabella 20 FOSSO DOGAIA E QUADRELLI - Percentuale di campioni con presenza di residui di prodotti fitosanitari relativa al totale e ai singoli principi attivi ricercati. Periodo di indagine 1996-2000

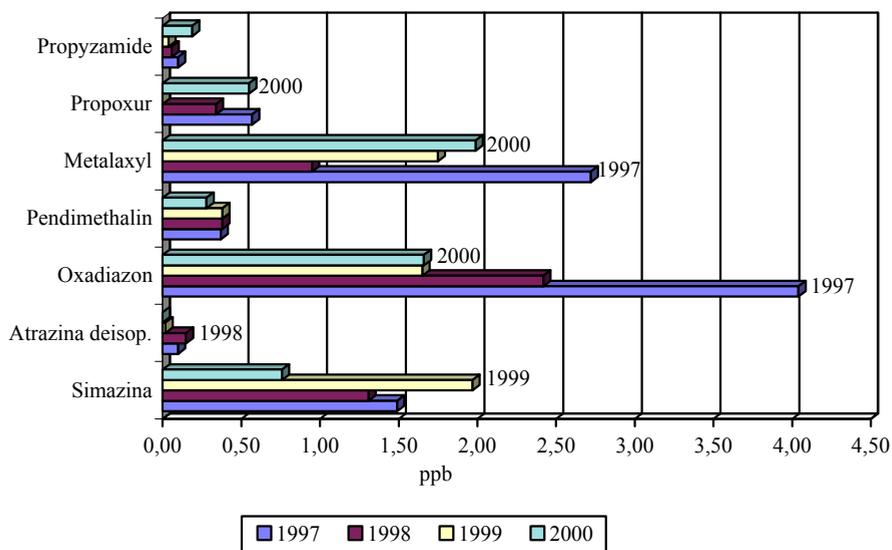
Punti di Prelievo	I	II	III	IV	
<b>N° campioni analizzati</b>	12	16	12	33	
<b>% campioni con presenza di residui</b>	100	100	100	100	
	<b>% campioni con presenza di residui di singoli p.a.</b>				<b>Max (ppb)</b>
1) oxadiazon	100	100	100	100	6,87 <sup>(I)</sup>
2) pendimethalin	100	100	83	70	1,13 <sup>(II)</sup>
3) simazina	100	94	100	91	4,87 <sup>(II)</sup>
4) propoxur	42	44	58	36	3,56 <sup>(II)</sup>
5) metalaxyl	67	69	67	70	10,19 <sup>(II)</sup>
6) terbutylazina	0	6	25	33	0,28 <sup>(IV)</sup>
7) oxyfluorfen	8	6	8	15	0,22 <sup>(IV)</sup>
8) propyzamide	67	69	92	73	0,7 <sup>(IV)</sup>
9) endosulfan alfa	17	6	8	0	0,39 <sup>(I)</sup>
10) endosulfan beta	17	0	8	0	0,35 <sup>(I)</sup>
11) endosulfan solfato	17	13	0	0	0,34 <sup>(I)</sup>
12) atrazina deisopropile	50	50	50	21	0,91 <sup>(II)</sup>
13) methidathion	8	19	8	0	0,23 <sup>(II)</sup>
14) malathion	8	6	0	0	0,03 <sup>(I,II)</sup>
15) chlorpyrifos ethyl	8	0	0	0	0,04 <sup>(I)</sup>
16) trifluralin	0	19	0	0	0,01 <sup>(II)</sup>
17) pirimicarb	0	6	0	3	0,16 <sup>(IV)</sup>
18) parathion	0	6	0	0	0,06 <sup>(II)</sup>
19) piperonil butox	0	6	0	0	0,01 <sup>(II)</sup>
20) metolachlor	0	0	8	30	6,50 <sup>(IV)</sup>
21) fenitrothion	0	0	0	3	0,17 <sup>(IV)</sup>
22) alachlor	0	0	0	15	0,25 <sup>(IV)</sup>
<b>Concentrazione massima riscontrata (ppb)</b>	<b>8,79<sup>(5)</sup></b>	<b>10,19<sup>(5)</sup></b>	<b>4,75<sup>(1)</sup></b>	<b>6,50<sup>(20)</sup></b>	

N.B. I numeri tra parentesi nella colonna **Max** e nella riga **Concentrazione massima riscontrata** corrispondono, rispettivamente, ai punti di prelievo e alle sostanze

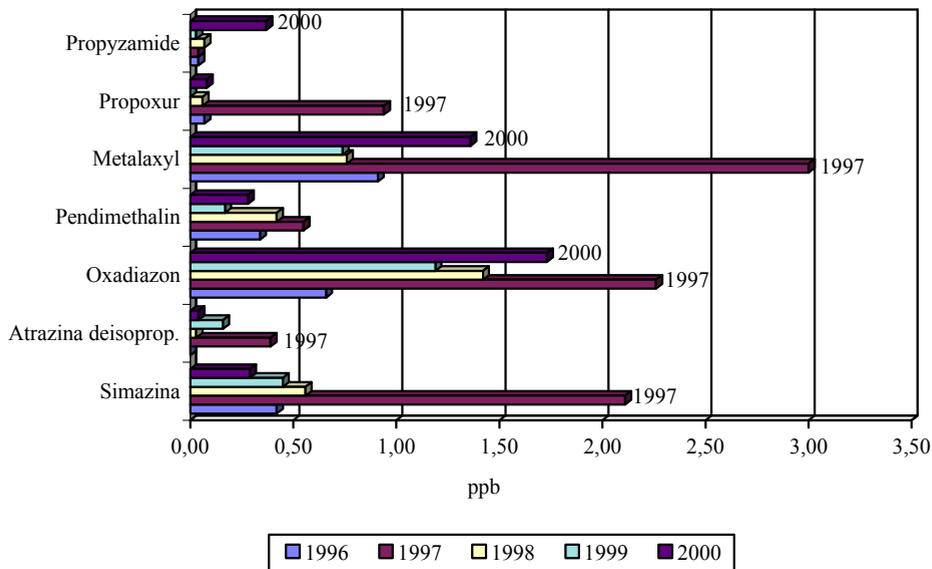
Si tratta di uno dei corsi d'acqua più contaminati: alla presenza costante di concentrazioni elevate si accompagna la presenza di un numero particolarmente elevato di principi attivi. Dalla tabella descrittiva precedente (Tabella 20) si evidenzia come i primi due punti risultino caratterizzati da un maggior grado di contaminazione in termini di concentrazioni.

Può essere individuato un gruppo di sostanze attive caratterizzate da una presenza percentuale nei campioni analizzati dal 70% al 100% (oxadiazon, pendimethalin, simazina, metalaxyl e propyzamide). Un secondo gruppo mostra una frequenza percentuale dal 20 al 60% (propoxur, terbutylazina ed atrazina deisopropile), mentre un terzo gruppo, di cui fanno parte molti insetticidi e il diserbante oxyfluorfen, ha una frequenza percentuale inferiore al 15%.

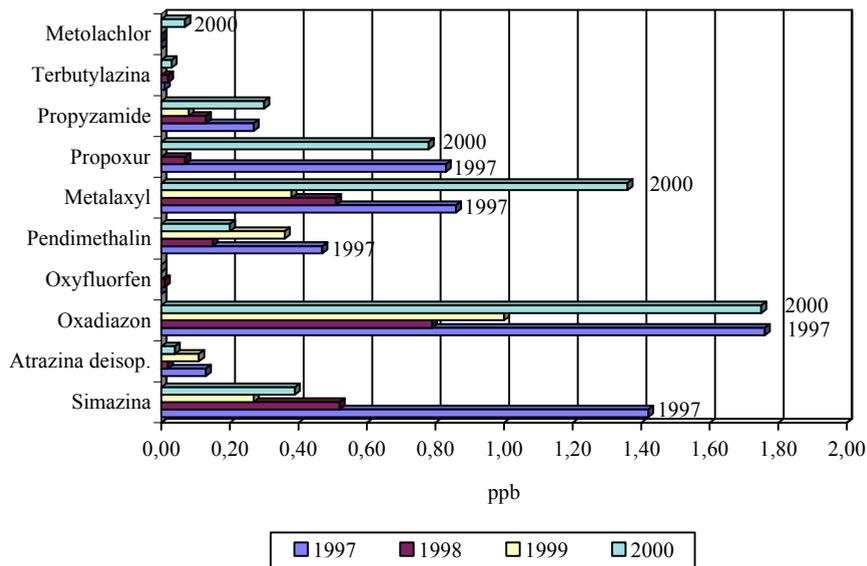
**Grafico 15. FOSSO DOGAIA E QUADRELLI-Bottegaccia**  
Concentrazioni medie annuali



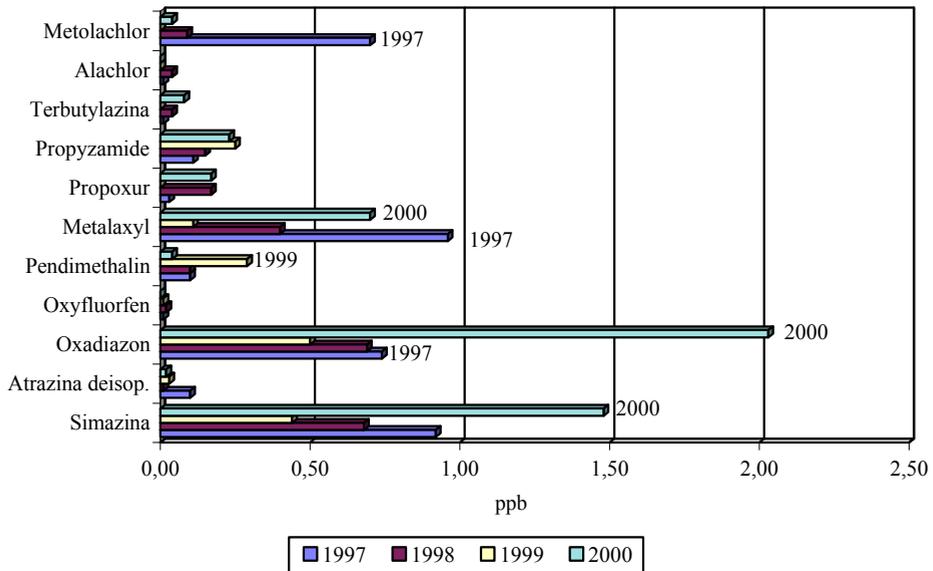
**Grafico 16. FOSSO DOGAIA E QUADRELLI-Via Bottai**  
Concentrazioni medie annuali



**Grafico 17. FOSSO DOGAIA E QUADRELLI-P.te Olmi**  
Concentrazioni medie annuali



**Grafico 18. FOSSO DOGAIA E QUADRELLI-Catena**  
Concentrazioni medie annuali



### 3.2.2.2 Torrente Brana e affluenti

#### *Brana*

La Brana rappresenta il corso d'acqua più importante per Pistoia; a differenza dell'Ombrone, che la costeggia, essa la attraversa direttamente in direzione nord-sudest seguendone la cinta muraria.

Nasce a nord della città, dallo stesso versante appenninico da cui nasce anche l'Ombrone (più ad est rispetto a questo); dopo il tratto cittadino attraversa zone ad alta densità vivaistica del Comune di Pistoia e successivamente di quello di Agliana. Si unisce al torrente Calice poco prima della confluenza di quest'ultimo nel torrente Ombrone, all'altezza del confine provinciale.

Lungo il suo corso riceve come affluenti il Rio Decine, il Fosso Bollacchione e il Fosso Acqualunga, che a loro volta attraversano zone in cui sono presenti aziende vivaistiche.

Punti di prelievo:	Numero prelievi				
	1996	1997	1998	1999	2000
I. Cimiteri Arcadia	0	4	4	3	3
II. Ponte Nuova Pratese	10	12	11	6	3
III. Chiesa Canapale	2	4	4	3	3
IV. Via Galcigliana (Badia a Pacciana)	4	4	4	3	4
V. Ponte dei Gelli (Ferruccia)	0	4	4	3	3
VI. Ponte di Berlicche	10	12	11	6	4
<b>TOTALE</b>	<b>26</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>24</b>	<b>20</b>

I punti di prelievo più importanti, anche per la maggior frequenza di campionamento, sono il II e il VI. Il IV punto, sito nel confine del Comune di Pistoia, è quello che può essere scelto per fotografare la situazione attuale per quanto riguarda l'utilizzo di fitofarmaci nell'area comunale.

Il torrente presenta una contaminazione da fitofarmaci crescente lungo l'asta fluviale, in accordo con il fatto che esso attraversa la zona a maggiore vocazione vivaistica. L'unico apporto estraneo in grado di avere un effetto di diluizione sui punti a valle dello stesso è quello del depuratore comunale che, fra il 1996-1998, ha visto un incremento notevole del volume di reflui trattati.

Relativamente ai sei punti di prelievo individuati lungo il corso d'acqua, la Tabella 21 mostra l'andamento della percentuale di campioni con presenza di residui rispetto al totale dei campioni analizzati. La percentuale di campioni con residui viene dettagliata per il totale delle sostanze attive trovate e per singola sostanza attiva, in modo da descrivere qualitativamente come il grado di contaminazione vari lungo l'asta fluviale.

La tabella evidenzia come, ad eccezione di quelli relativi al punto I, tutti i campioni analizzati mostrino presenza di residui. La presenza percentuale delle singole sostanze permette di individuare:

- un primo gruppo di sostanze che vengono ritrovate in tutti i punti di prelievo (oxadiazon, pendimethalin, simazina, propoxur e metalaxyl);
- un secondo gruppo di sostanze che vengono ritrovate esclusivamente negli ultimi due punti di prelievo (terbutylazina, propyzamide e in parte l'oxyfluorfen);
- un terzo gruppo costituito dalle sostanze che vengono ritrovate sporadicamente. Si tratta generalmente di insetticidi.

Considerando i due erbicidi del primo gruppo (oxadiazon e pendimethalin) le loro concentrazioni tendono a incrementarsi lungo l'asta; in particola-

re, per il pendimethalin tende a crescere anche la percentuale di presenza. Per la simazina e la propyzamide la presenza è significativa solo negli ultimi due punti ed è correlata all'apporto del Fosso Acqualunga.

Nella tabella vengono riportate anche le concentrazioni massime riscontrate per ciascuna sostanza (ultima colonna a destra) e per punto di prelievo (ultima riga in basso).

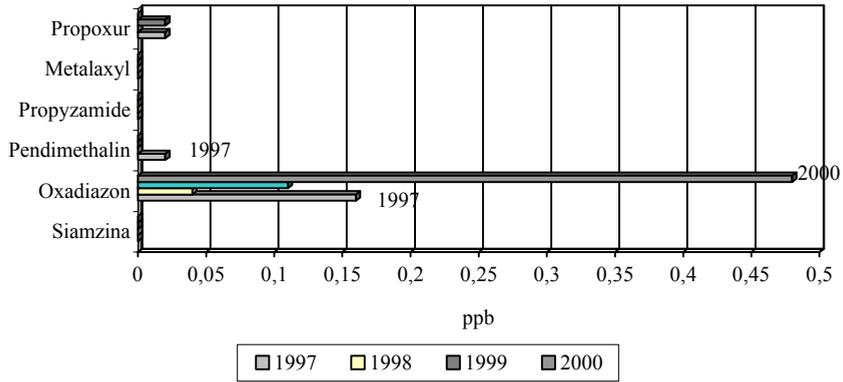
Tabella 21 *BRANA - Percentuale di campioni con presenza di residui di prodotti fitosanitari relativa al totale e ai singoli principi attivi ricercati. Periodo di indagine 1996-2000.*

<b>Punti di Prelievo</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	
<b>N°campioni analizzati</b>	14	42	16	19	14	43	
<b>% campioni con presenza di residui</b>	64	100	100	100	100	100	
	<b>% campioni con presenza di residui di singoli p.a.</b>						<b>Max (ppb)</b>
1) oxadiazon	57	98	100	100	100	100	2,31 <sup>(IV)</sup>
2) pendimethalin	21	5	13	53	64	74	2,39 <sup>(VI)</sup>
3) simazina	7	10	6	11	71	63	1,38 <sup>(VI)</sup>
4) propoxur	21	45	25	26	57	53	1,79 <sup>(V)</sup>
5) metalaxyl	0	10	25	32	57	37	6,25 <sup>(III)</sup>
6) terbutylazina	0	0	0	0	7	5	0,15 <sup>(VI)</sup>
7) oxyfluorfen	0	0	6	0	7	9	0,11 <sup>(III)</sup>
8) propyzamide	0	0	0	0	36	40	0,52 <sup>(VI)</sup>
9) pirimicarb	0	5	0	0	0	5	0,01 <sup>(II, VI)</sup>
10) endosulfan solfato	0	0	0	5	0	0	0,01 <sup>(IV)</sup>
11) diazinone	0	2	0	0	0	2	0,07 <sup>(III, VI)</sup>
12) atrazina deisopropile	0	0	0	0	0	2	0,01 <sup>(VI)</sup>
13) parathion	0	2	0	0	0	0	0,2 <sup>(II)</sup>
14) paraoxon	0	2	0	0	0	0	0,01 <sup>(II)</sup>
15) malathion	0	0	0	0	0	5	0,06 <sup>(VI)</sup>
16) metidathion	0	0	0	0	0	2	0,07 <sup>(VI)</sup>

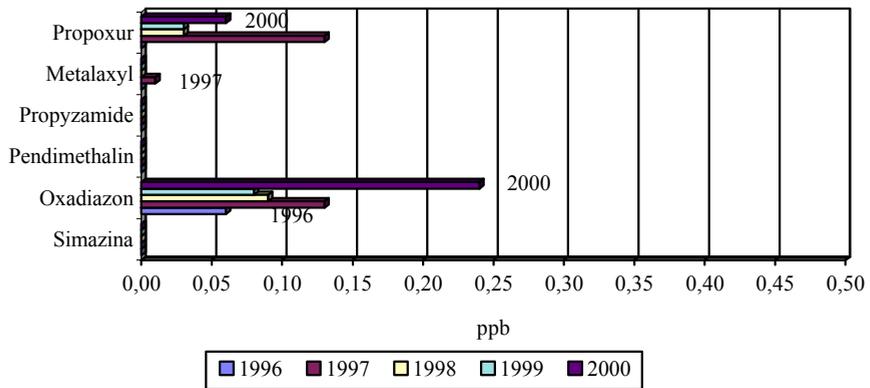
**Concentrazione massima riscontrata (ppb)** 1,39<sup>(I)</sup> 1,03<sup>(4)</sup> 6,25<sup>(5)</sup> 2,31<sup>(I)</sup> 2,12<sup>(I)</sup> 2,39<sup>(2)</sup>

N.B. I numeri tra parentesi nella colonna **Max** e nella riga **Concentrazione massima riscontrata** corrispondono, rispettivamente, ai punti di prelievo e alle sostanze

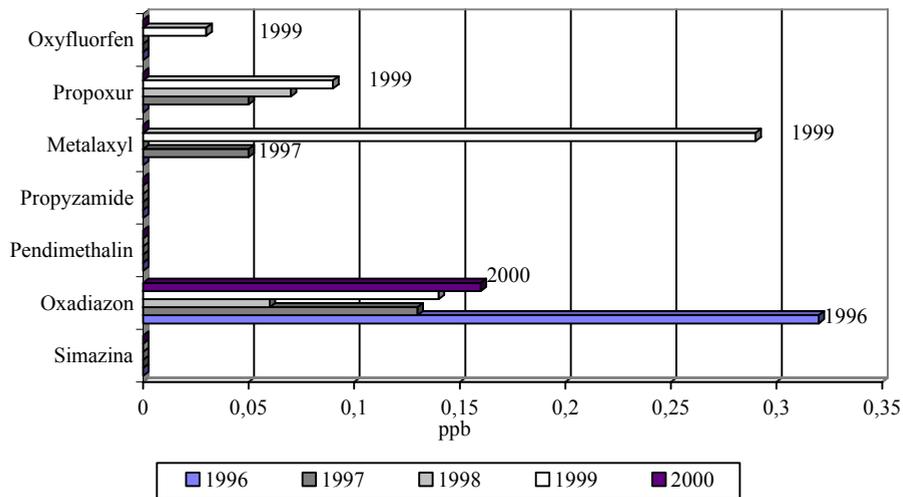
**Grafico 19. BRANA-Cimiteri Arcadia**  
concentrazioni medie annuali



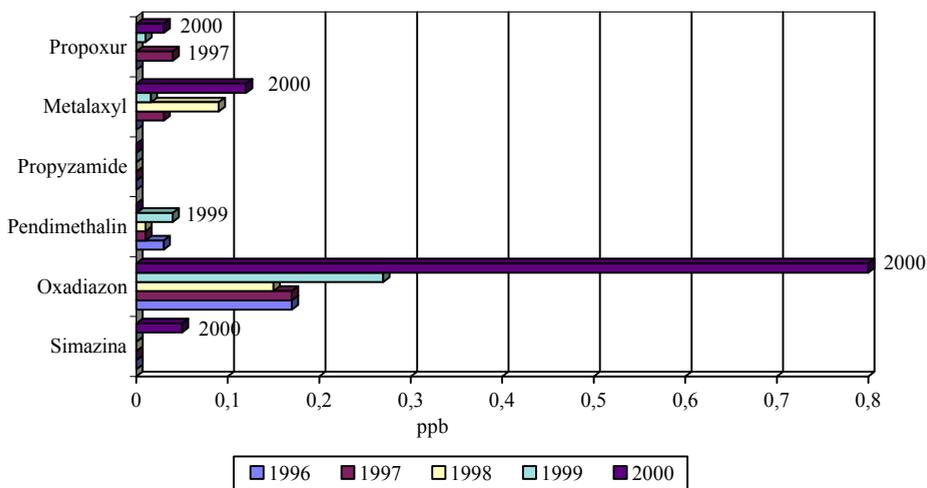
**Grafico 20. BRANA-Ponte Nuova Pratese**  
Concentrazioni medie annuali



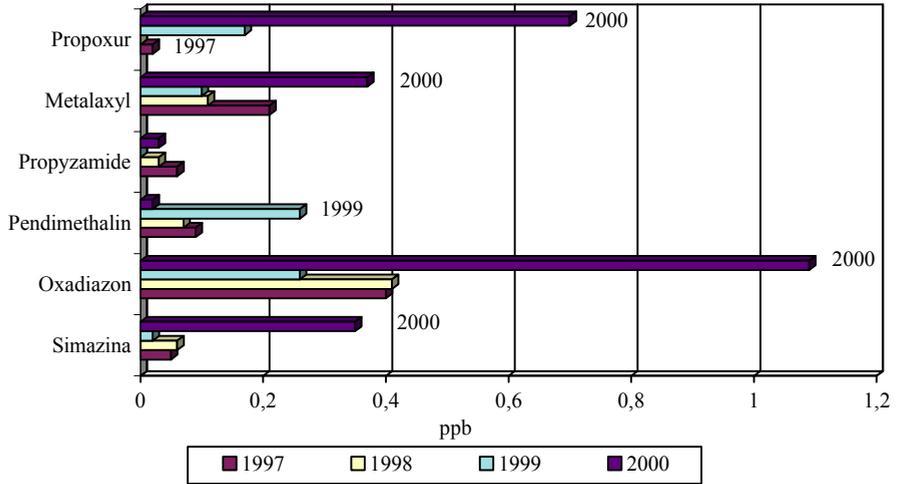
**Grafico 21. BRANA-Chiesa Canapale**  
Concentrazioni medie annuali



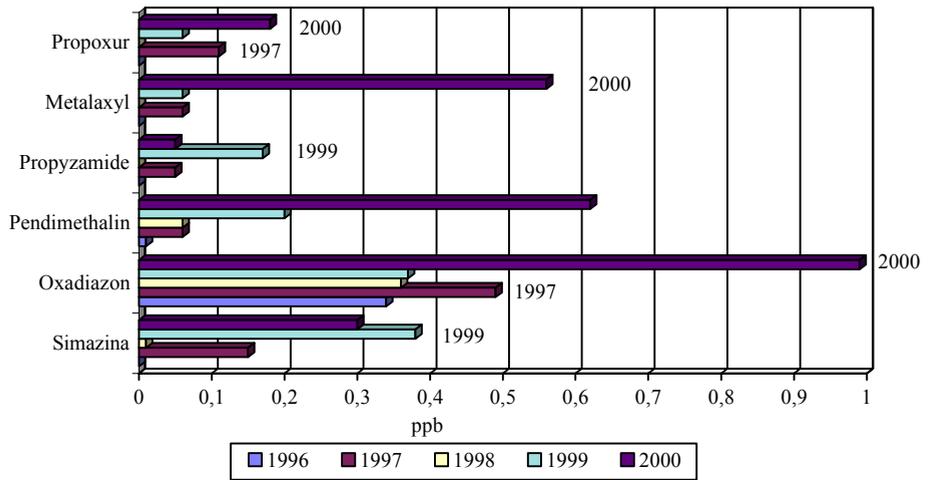
**Grafico 22. BRANA-Via Galcigliana**  
Concentrazioni medie annuali



**Grafico 23. BRANA-Ponte dei Gelli**  
Concentrazioni medie annuali



**Grafico 24. BRANA-Berlicche**  
Concentrazioni medie annuali



### Acqualunga

Il torrente attraversa la zona di Chiodo Chiazzano e si immette nella Brana a valle del confine Comunale dopo il punto BRANA- Via Galcigliana.

Lungo l'Acqualunga sono stati campionati due punti:

Punti di prelievo:	1996	1997	1998	1999	2000
I. Chiodo (Chiazzano)	3	3	3	0	0
II. Confine comunale	4	4	4	2	3
<b>TOTALE</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

Come emerge dalla Tabella 22 tutti i campioni prelevati su questo corso d'acqua hanno mostrato presenza di residui. In particolare, oxadiazon e pendimethalin sono presenti nel 100% dei campioni. Le concentrazioni risultano del tutto confrontabili con quelle rilevate nel punto V della Brana, subito a monte dell'immissione dell'Acqualunga.

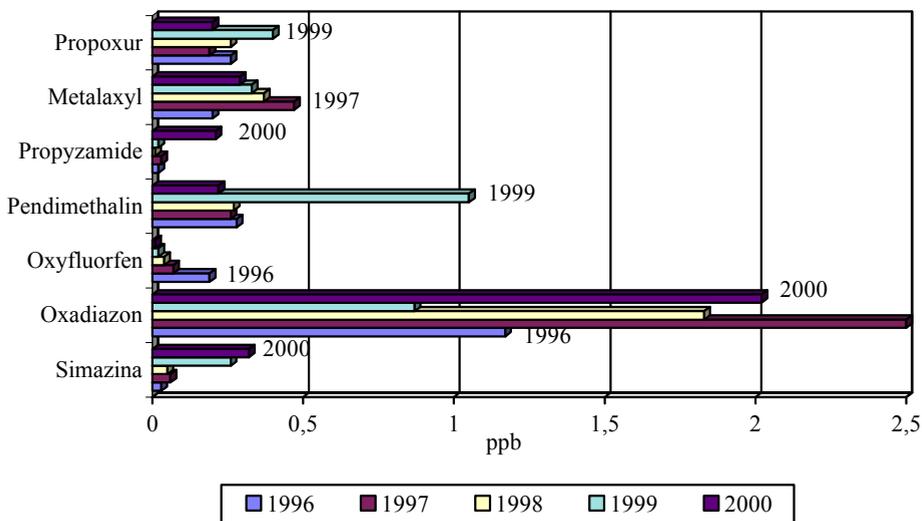
Per il secondo punto di prelievo vengono mostrate le concentrazioni medie annuali nel grafico successivo.

Tabella 22 *ACQUALUNGA - Percentuale di campioni con presenza di residui di prodotti fitosanitari relativa al totale e ai singoli principi attivi ricercati. Periodo di indagine 1996-2000.*

Punti di Prelievo	I	II	
N° campioni analizzati	9	17	
% campioni con presenza di residui	100	100	
% campioni con presenza di residui di singoli p.a.			Max (ppb)
1) oxadiazon	100	100	4,30 <sup>(II)</sup>
2) pendimethalin	100	94	2,10 <sup>(II)</sup>
3) simazina	11	76	0,7 <sup>(II)</sup>
4) propoxur	33	71	0,8 <sup>(II)</sup>
5) metalaxyl	22	59	5,01 <sup>(I)</sup>
6) terbutylazina	0	6	0,01 <sup>(II)</sup>
7) oxyfluorfen	33	65	0,3 <sup>(II)</sup>
8) propyzamide	0	53	0,56 <sup>(II)</sup>
9) pirimicarb	11	0	0,76 <sup>(I)</sup>
10) endosulfan solfato	0	6	0,01 <sup>(II)</sup>
11) atrazina deisopropile	0	12	0,26 <sup>(II)</sup>
12) parathion	11	6	1,25 <sup>(I)</sup>
13) paraoxon	11	0	1,78 <sup>(I)</sup>
14) metidathion	0	6	0,03 <sup>(II)</sup>
15) atrazina	11	6	0,03 <sup>(I)</sup>
16) pirimiphos methyl	11	0	0,5 <sup>(I)</sup>
17) metolachlor	0	6	0,01 <sup>(II)</sup>
<b>Concentrazione massima riscontrata (ppb)</b>	5,01 <sup>(S)</sup>	4,30 <sup>(I)</sup>	

N.B. I numeri tra parentesi nella colonna **Max** e nella riga **Concentrazione massima riscontrata** corrispondono, rispettivamente, ai punti di prelievo e alle sostanze

**Grafico 25. ACQUALUNGA-Dopo confine comunale**  
Concentrazioni medie annuali



### Rio Decine

Questo corso d'acqua scorre nella zona Nord del Comune di Pistoia (zona S.Alessio) e si immette nella Brana all'altezza di S.Agostino.

Sono stati effettuati quattro prelievi nel 1997, quattro nel 1998, due nel 1999 e nel 2000.

L'*oxadiazon*, che mostra concentrazioni medie di 0,74 nel 1997 e 0,23 nel 2000, viene ritrovato nel 100% dei campioni. I valori più elevati si rilevano nel periodo aprile-giugno, con punte superiori a 2 ppb.

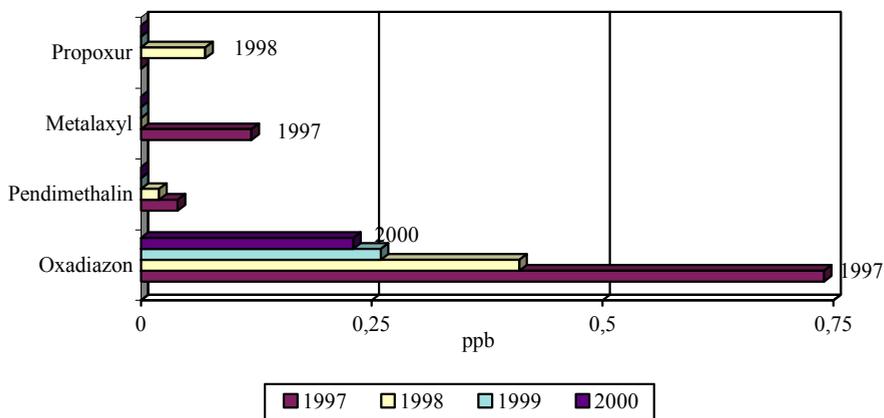
Il *pendimethalin* è stato trovato in tutti i campioni effettuati nel 1997, con una concentrazione media di 0,04 ppb, e nella metà dei campioni effettuati nel 1998, con concentrazioni medie pari a 0,01 ppb. Nel 1999 e nel 2000 non è stato rilevato in nessun campione.

Il *metalaxyl* è stato ritrovato solo nei campioni prelevati nel 1997, con una concentrazione media pari a 0,12 ppb.

Il *propoxur* è risultato presente solo nel 50% dei campioni prelevati nel mese di aprile e luglio del 1998.

Appare significativo sottolineare come le concentrazioni rilevate in questo corso d'acqua siano sovrapponibili a quelle tipiche del ponte di Berlicche sulla Brana, nonostante non attraversi zone a tipica vocazione vivaistica.

**Grafico 26. RIO DECINE**  
Concentrazioni medie annuali



### *Bollacchione*

Il corso d'acqua scorre nella zona compresa fra la Nuova Pratese (Nord) e il Torrente Brana (Sud).

L'area risulta caratterizzata da intensa coltivazione a vivaio sia in pieno campo sia in vaso.

I prelievi sono stati effettuati nei primi tre anni, 1996-1998.

L'*oxadiazon*, risultato presente nel 100% dei campioni, mostra un trend in netto aumento con una concentrazione media annuale che è passata da 0,46 nel 1996 a 2,23 ppb nel 1998. Le concentrazioni più alte sono state riscontrate nel periodo primaverile-estivo, con valori anche >6 ppb.

Il *pendimethalin* è risultato presente nel 90% dei campioni effettuati nel triennio (gli unici campioni nei quali non è risultato presente si riferiscono al 1999). Il trend delle concentrazioni risulta crescente con concentrazioni medie annuali pari a 0,07 ('96) - 0,14 ('97) - 0,22 (98) ppb.

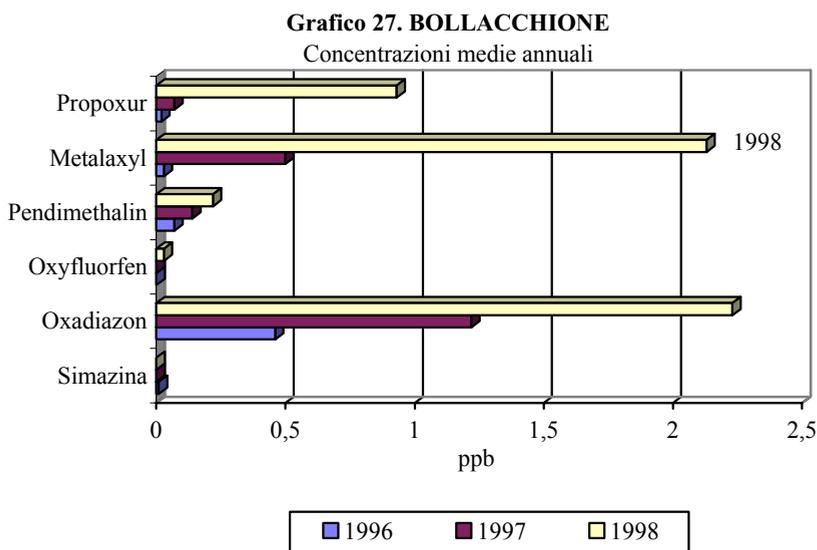
Il *metalaxyl* è risultato presente nel 50% dei campioni del '96 e del '98, e nel 75% dei campioni del '97. Il trend delle concentrazioni risulta nettamente positivo. Le concentrazioni maggiori si rilevano nel mese di luglio in corrispondenza del periodo dei trattamenti.

Il *propoxur* è risultato presente nel 50% dei campioni effettuati nel corso dei tre anni. Il trend delle concentrazioni appare fortemente positivo, con concentrazioni medie annuali rispettivamente pari a 0,02-0,07-0,93 ppb.

L'*oxyfluorfen*, assente nel '96 e '97, è risultato presente nel 50% dei campioni del '98.

La *simazina* è stata ritrovata in tracce nel 20% dei campioni effettuati.

I risultati ottenuti per questo corso d'acqua suggeriscono un significativo aumento di contaminazione da fitofarmaci.



### 3.2.2.3 Torrente Stella e affluenti

#### *Stella*

Tra i quattro torrenti principali che attraversano la pianura pistoiese, il Torrente Stella è quello che scorre più a sud, nella zona a vivaio dei tre comuni di Pistoia, Serravalle P.se e Quarrata. A differenza di Ombrone, Brana e Bure, che nascono dal versante appenninico posto a nord della città, la Stella nasce dai rilievi posti ad est e raccoglie quindi, come affluenti di destra, i torrenti provenienti dal “Montalbano”. Dalla zona di Bargi corre lungo il confine comunale tra Pistoia e Serravalle P.se fino a Valenzatico, attraversa la zona della Catena e si immette nell’Ombrone all’altezza del confine provinciale.

Tra gli affluenti sono stati considerati il fosso Tazzera, il fosso Biagini ed il fosso Pontacci.

Lungo il T. Stella sono stati individuati sei punti di prelievo.

Punti di prelievo:	N. prelievi				
	1996	1997	1998	1999	2000
I. Depuratore Bargi	0	4	4	1	0
II. P.te di Cencino	4	4	4	3	3
III. P.te di Pontassio	0	4	4	3	4
IV. P.te a Valenzatico	0	4	4	0	0
V. P.te Via Montalbano	0	4	4	3	2
VI. P.te Nuovo (Catena)	0	12	10	7	4
<b>TOTALE</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13</b>

Tabella 23 *STELLA* - Percentuale di campioni con presenza di residui di prodotti fitosanitari relativa al totale e ai singoli principi attivi ricercati. Periodo di indagine 1996-2000

Punti di Prelievo	I	II	III	IV	V	VI	
N° campioni analizzati	9	18	15	8	13	33	
% campioni con presenza di residui	67	100	100	100	100	97	
% campioni con presenza di residui di singoli p.a.							Max (ppb)
1) oxadiazon	56	100	100	100	100	97	4,55 <sup>(II)</sup>
2) pendimethalin	22	94	87	75	77	61	0,39 <sup>(III)</sup>
3) simazina	0	50	27	75	46	48	1,20 <sup>(II)</sup>
4) propoxur	11	17	27	38	15	24	2,13 <sup>(IV)</sup>
5) metalaxyl	22	11	33	38	31	30	2,70 <sup>(VI)</sup>
6) terbutylazina	0	11	13	0	8	21	1,39 <sup>(VI)</sup>
7) oxyfluorfen	0	11	0	0	0	0	0,03 <sup>(II)</sup>
8) propyzamide	11	0	0	25	8	9	0,54 <sup>(VI)</sup>
9) atrazina deisopropile	0	0	0	13	8	3	0,09 <sup>(VI)</sup>
10) disulfoton	0	6	0	0	0	0	0,01 <sup>(II)</sup>
11) trifluralin	0	6	0	0	0	0	0,09 <sup>(II)</sup>
12) atrazina	0	6	0	0	0	0	0,02 <sup>(II)</sup>
13) metolachlor	0	0	7	0	0	6	0,38 <sup>(VI)</sup>
14) dimethoato	0	0	0	0	0	6	0,03 <sup>(VI)</sup>
15) alachlor	0	0	0	0	0	6	0,68 <sup>(VI)</sup>

**Concentrazione massima riscontrata (ppb)** 0,49<sup>(I)</sup> 4,55<sup>(I)</sup> 2,44<sup>(5)</sup> 2,13<sup>(4)</sup> 0,73<sup>(5)</sup> 2,70<sup>(5)</sup>

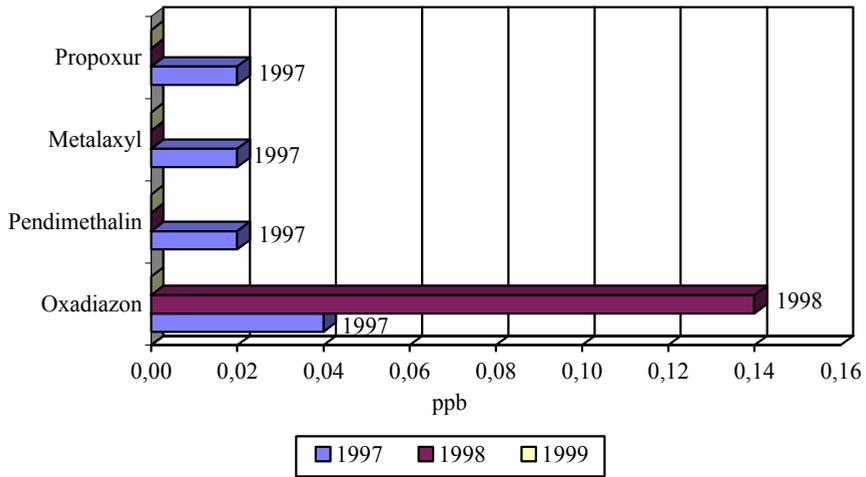
N.B. I numeri tra parentesi nella colonna **Max** e nella riga **Concentrazione massima riscontrata** corrispondono, rispettivamente, ai punti di prelievo e alle sostanze

Non è possibile individuare una tendenza all'aumento o alla diminuzione delle concentrazioni lungo l'asta fluviale, ma il punto in cui si evidenziano le massime concentrazioni di fitofarmaci è il II, al confine tra comune di Pistoia e quello di Serravalle Pistoiese.

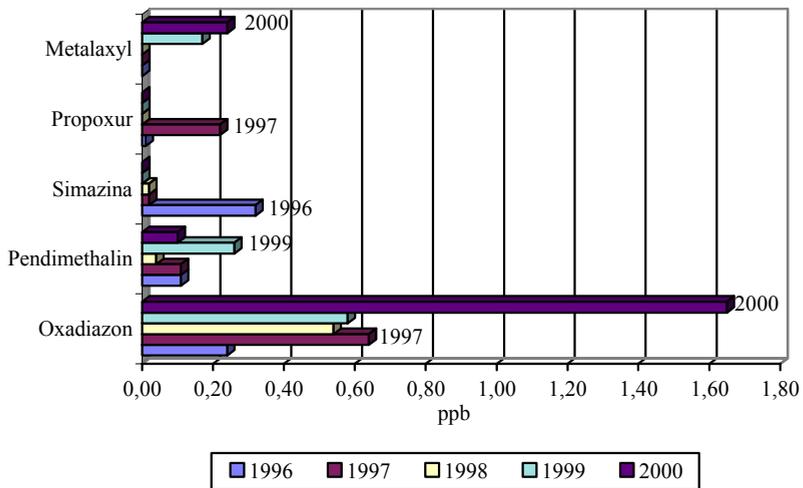
Il gruppo di principi attivi caratterizzati da una frequenza percentuale di

rilevamento (Tabella 23), nei campioni analizzati, superiore al 60% consta dei tre diserbanti oxadiazon, pendimethalin e simazina. Propoxur, metalaxyl, terbutylazina, oxyfluorfen e propyzamide superano il 10% di presenze.

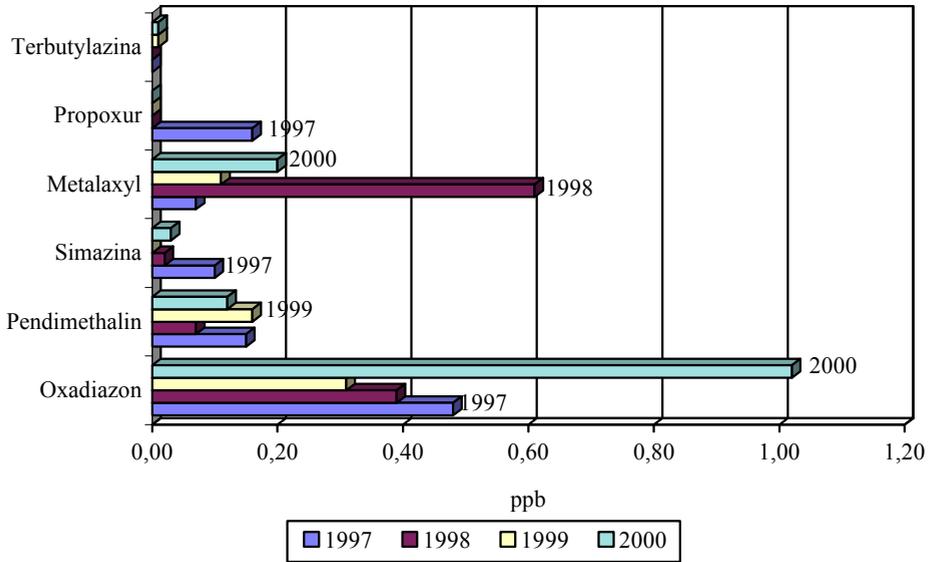
**Grafico 28. STELLA-Depuratore Bargi**  
Concentrazioni medie annuali



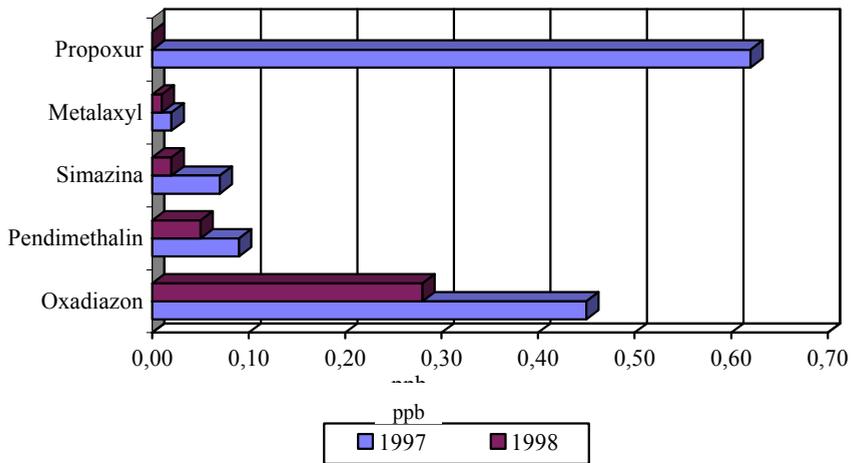
**Grafico 29. STELLA-P.te di Cencino**  
Concentrazioni medie annuali



**Grafico 30. STELLA-P.te a Pontasio**  
Concentrazioni medie annuali

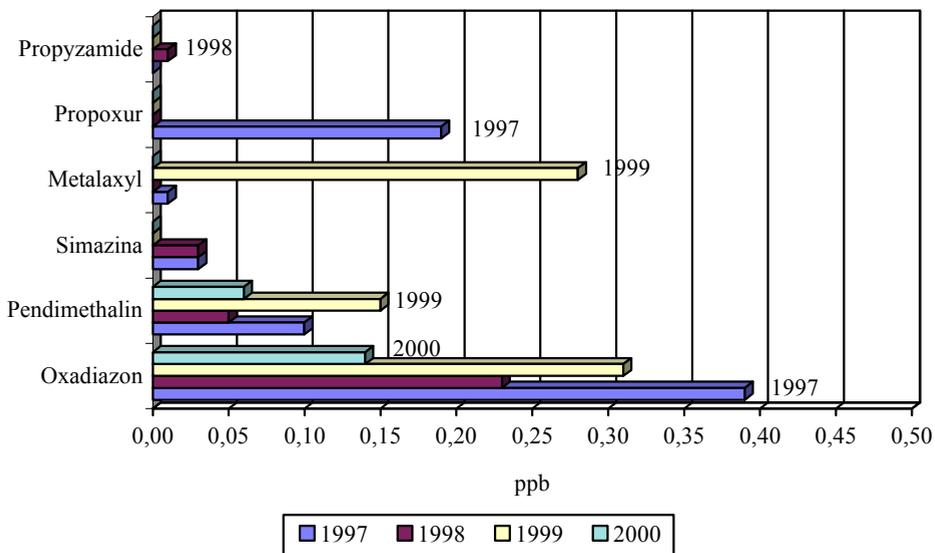


**Grafico 31. STELLA-P.te a Valenzatico**  
Concentrazioni medie annuali



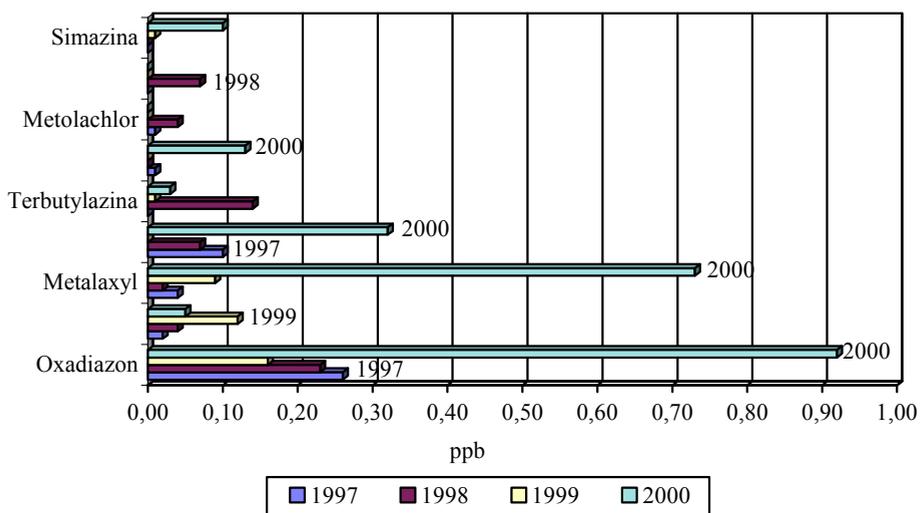
**Grafico 32. STELLA-P.te Via Montalbano**

Concentrazioni medie annuali



**Grafico 33. STELLA-P.te Nuovo (Catena)**

Concentrazioni medie annuali



## Tazzera

Il fosso Tazzera corre parallelamente al torrente Stella, nel quale confluisce subito a monte del Ponte di Cencino.

Punti di prelievo:	Numero prelievi				
	1996	1997	1998	1999	2000
I. Bargi	0	4	4	0	0
II. Via del Pillone	3	4	4	2	2
<b>TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Tabella 24. TAZZERA- Percentuale di campioni con presenza di residui di prodotti fitosanitari relativa al totale e ai singoli principi attivi ricercati. Periodo di indagine 1996-2000

Punti di Prelievo	I	II	
N° campioni analizzati	8	15	
% campioni con presenza di residui	100	100	
<b>% campioni con presenza di residui di singoli p.a.</b>			<b>Max (ppb)</b>
1) oxadiazon	100	100	4,83 <sup>(I)</sup>
2) pendimethalin	100	80	0,40 <sup>(II)</sup>
3) simazina	50	33	1,00 <sup>(II)</sup>
4) propoxur	13	27	0,80 <sup>(II)</sup>
5) terbutylazina	25	13	0,04 <sup>(I)</sup>
6) oxyfluorfen	25	20	0,46 <sup>(I)</sup>
7) atrazina deisopropile	13	0	0,22 <sup>(I)</sup>
8) diazinone	0	7	0,01 <sup>(II)</sup>
9) atrazina	0	7	0,02 <sup>(II)</sup>
<b>Concentrazione massima riscontrata (ppb)</b>	4,83 <sup>(I)</sup>	1,77 <sup>(I)</sup>	

N.B. I numeri tra parentesi nella colonna **Max** e nella riga **Concentrazione massima riscontrata** corrispondono, rispettivamente, ai punti di prelievo e alle sostanze

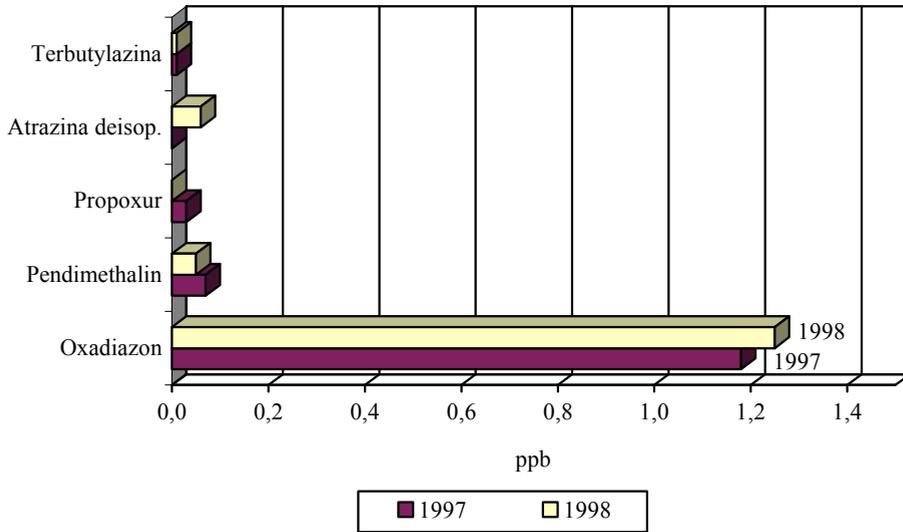
Come negli altri fossi, la contaminazione risulta significativa in tutti i campioni analizzati.

Le concentrazioni rilevate per l'*oxadiazon*, che risulta presente nel 100% dei campioni analizzati, sono elevate, con valori medi annuali di 1,18 ('97) e 1,25 ('98) ppb al punto I e 0,34 ('96) - 0,56 ('97) - 0,54 ('98/'99) - 0,14 ('00) ppb al punto II.

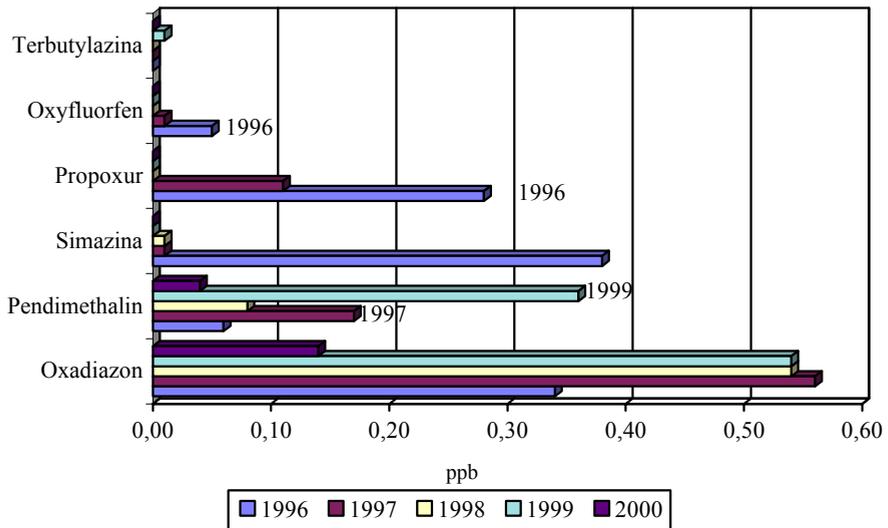
Anche il *pendimethalin* risulta presente nella quasi totalità dei campioni analizzati.

Al punto II le concentrazioni mostrano una tendenza in crescita nel triennio '96-'98.

**Grafico 34. TAZZERA - Bargi**  
Concentrazioni medie annuali



**Grafico 35. TAZZERA-Via del Pillone**  
Concentrazioni medie annuali



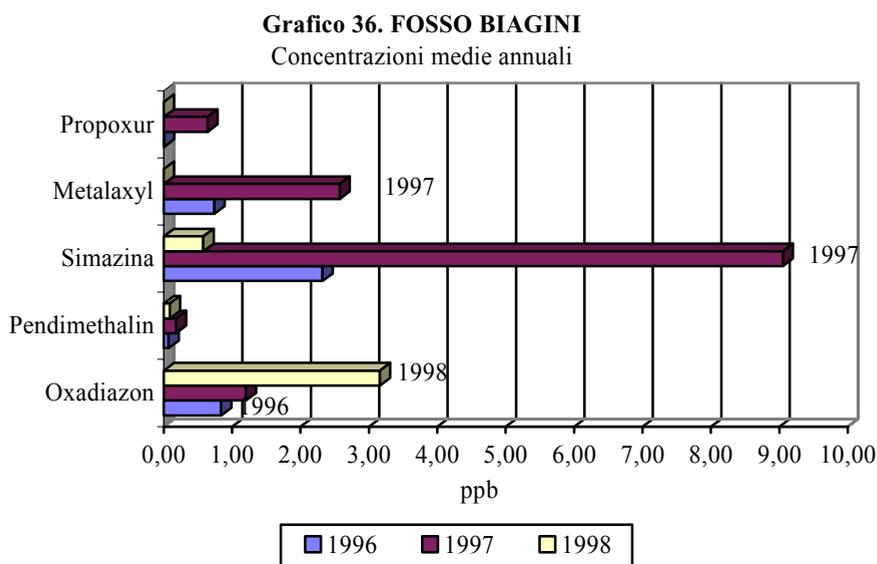
### *Fosso Biagini e Fosso Pontacci*

Scorrono nella zona tra Masiano e Cantagrillo. Il Fosso Biagini si immette nel Fosso Pontacci che confluisce nel torrente Stella a monte del ponte Pontassio.

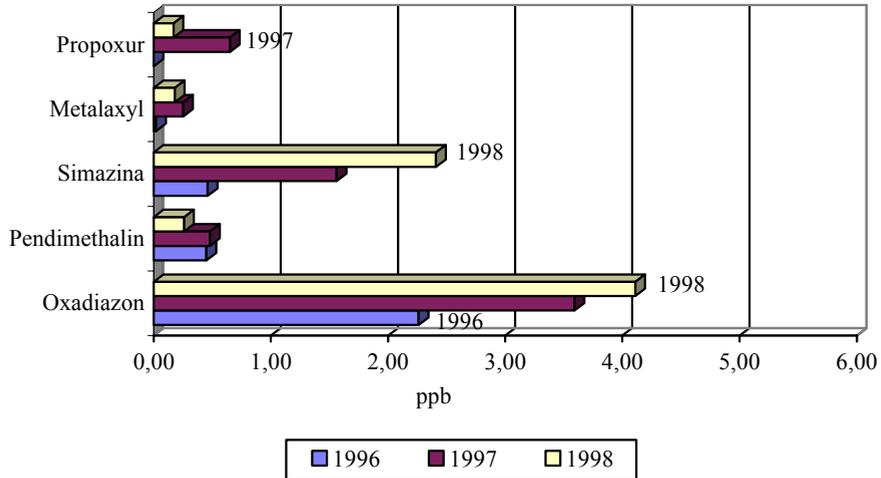
I prelievi sono stati effettuati solo nei primi tre anni dell'indagine, 1996-1998.

I principi attivi che si ritrovano in maggior concentrazione sono l'*oxadiazon* e la *simazina*, con valori medi annuali massimi rispettivamente di 4 ppb e 9 ppb nel fosso Pontacci.

Le cause di concentrazioni così elevate sono da ricercare sia nell'esigua portata dei due fossi sia nella stretta vicinanza con aree a vivaio.



**Grafico 37. FOSSO PONTACCI**  
Concentrazioni medie annuali



#### 3.2.2.4 Torrente Bure e affluenti

##### *Bure*

È il torrente con decorso più settentrionale fra quelli considerati. Come l'Ombrone e la Brana nasce dai rilievi posti nella zona nord del comune di Pistoia e, oltre a questo, attraversa anche i comuni di Montale e Agliana.

Tocca dunque la zona a nord-est di Pistoia, dove l'attività vivaistica non è presente a livello significativo, incontra le prime aree a vivaio all'altezza di Pontenuovo in corrispondenza del primo punto di prelievo individuato e, prima del punto III, riceve le acque del torrente Bulicata, che attraversa le zone collinari poste a nord del centro abitato di Santomato. L'ultimo punto di campionamento è posto nel comune di Agliana, prima dell'unione con il torrente Agna per formare il torrente Calice e sotto questa forma diviene affluente dell'Ombrone, all'altezza del confine provinciale.

Sulla Bure sono stati scelti quattro punti di prelievo.

Punti di prelievo:	Numero prelievi				
	1996	1997	1998	1999	2000
I. Pontenuovo	0	4	3	3	2
II. P.te Chiesina Montalese	2	4	4	1	0
III. P.te Via Lischeto	2	4	3	2	3
IV. P.te alla Catena	11	12	12	4	0
<b>TOTALE</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>5</b>

Tabella 25 *BURE - Percentuale di campioni con presenza di residui di prodotti fitosanitari relativa al totale e ai singoli principi attivi ricercati. Periodo di indagine 1996-2000.*

Punti di Prelievo	I	II	III	IV	
N° campioni analizzati	12	11	14	39	
% campioni con presenza di residui	42	27	93	77	
% campioni con presenza di residui di singoli p.a.					Max (ppb)
1) oxadiazon	42	27	93	62	0,47 <sup>(III)</sup>
2) pendimethalin	0	0	50	41	0,14 <sup>(III)</sup>
3) simazina	0	9	7	13	0,15 <sup>(IV)</sup>
4) propoxur	0	9	7	15	0,19 <sup>(IV)</sup>
5) metalaxyl	0	9	14	8	0,10 <sup>(II)</sup>
6) oxyfluorfen	8	0	7	3	0,05 <sup>(III)</sup>
7) pirimicarb	0	0	0	5	0,01 <sup>(IV)</sup>
8) carbofenothion	0	0	0	5	0,01 <sup>(IV)</sup>

**Concentrazione massima riscontrata (ppb)** 0,09<sup>(I)</sup> 0,10<sup>(S)</sup> 0,47<sup>(I)</sup> 0,32<sup>(I)</sup>

N.B. I numeri tra parentesi nella colonna **Max** e nella riga **Concentrazione massima riscontrata** corrispondono, rispettivamente, ai punti di prelievo e alle sostanze

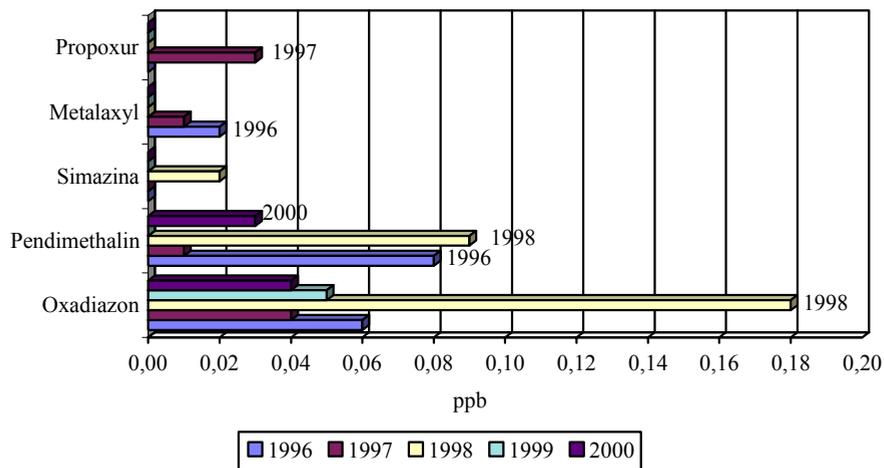
Come mostra la Tabella 25 molti dei campioni effettuati sono risultati negativi, ed in quelli positivi le concentrazioni di fitofarmaci risultano modeste rispetto ai valori riscontrati negli altri corsi d'acqua (valore massimo pari a 0,47 ppb).

Questo può trovare una facile spiegazione nel fatto che si tratta di un corso d'acqua che non attraversa, se non marginalmente, la zona a sud di Pistoia, in cui la coltivazione esclusiva è quella del vivaismo ornamentale. È soprattutto importante far notare che tutti gli affluenti del corso d'acqua provengono dalla zona a nord, verso le colline.

L'apporto inquinante più significativo deriva dal torrente Bulicata, che attraversa la zona di Santomato dove sono presenti zone a vivaio in pieno campo e a vasetteria, anche a ridosso della zona collinare posta subito a Nord dell'abitato. Questo contributo è visibile al punto III e IV, dove la frequenza percentuale dei campioni positivi relativa ad ogni sostanza attiva aumenta notevolmente rispetto ai primi due punti. Per quanto riguarda le concentrazioni, esse diminuiscono passando dal punto III al IV per effetto della diluizione.

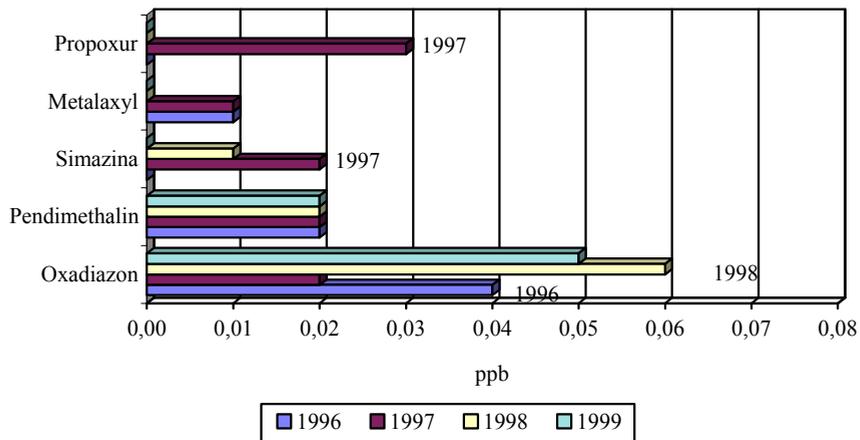
**Grafico 38. BURE-P.te Via Lischeto**

Concentrazioni medie annuali



**Grafico 39. BURE-P.te alla Catena**

Concentrazioni medie annuali



## Bulicata

Sul Torrente Bulicata sono stati scelti due punti di prelievo:

Numero prelievi					
Punti di prelievo:	1996	1997	1998	1999	2000
I. Santomato	0	5	4	0	0
II. Via Forramoro	2	5	4	2	2
<b>TOTALE</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Tabella 26 *BULICATA - Percentuale di campioni con presenza di residui di prodotti fitosanitari relativa al totale e ai singoli principi attivi ricercati. Periodo di indagine 1996-2000.*

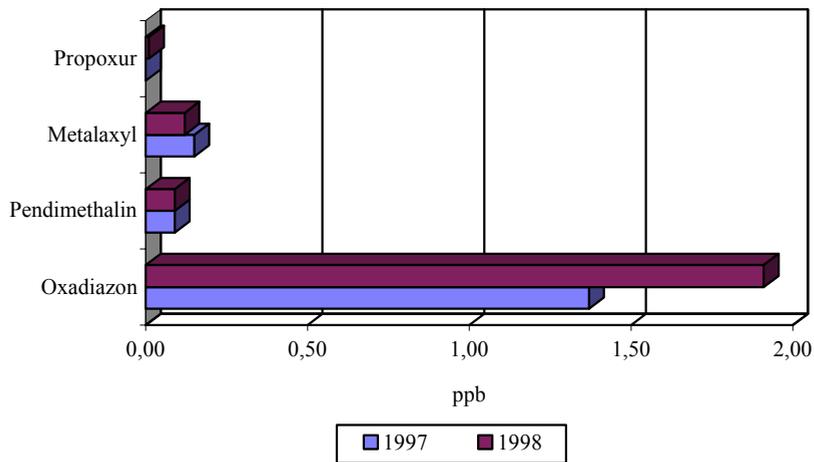
Punti di Prelievo	I	II	
N° campioni analizzati	9	15	
% campioni con presenza di residui	100	100	
% campioni con presenza di residui di singoli p.a.			Max (ppb)
1) oxadiazon	100	100	5,39 <sup>(I)</sup>
2) pendimethalin	89	67	0,31 <sup>(II)</sup>
3) simazina	0	7	0,01 <sup>(II)</sup>
4) propoxur	22	13	0,05 <sup>(II)</sup>
5) metalaxyl	56	27	0,62 <sup>(I)</sup>
<b>Concentrazione massima riscontrata (ppb)</b>	5,39 <sup>(I)</sup>	3,60 <sup>(I)</sup>	

N.B. I numeri tra parentesi nella colonna **Max** e nella riga **Concentrazione massima riscontrata** corrispondono, rispettivamente, ai punti di prelievo e alle sostanze

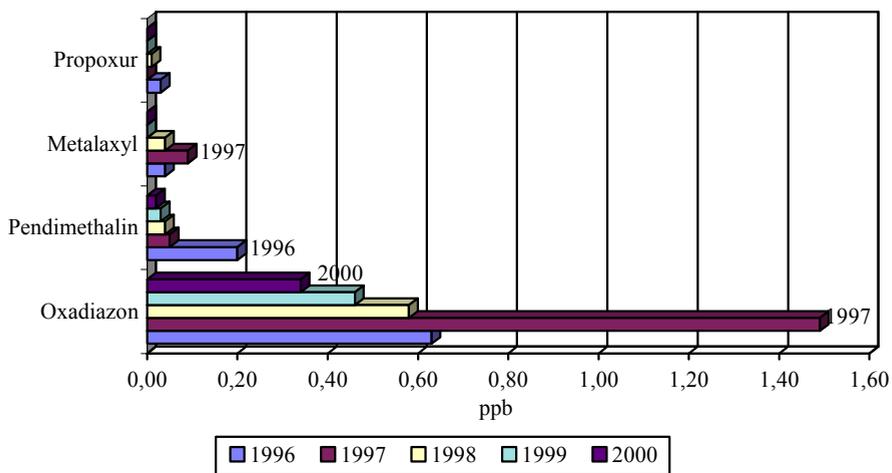
Per quanto riguarda la frequenza percentuale dei campioni positivi per singola sostanza attiva, i risultati mostrano come l'oxadiazon sia presente nel 100% dei campioni analizzati in entrambi i punti (Tabella 26).

Le concentrazioni medie annuali per tutti i principi attivi ritrovati al punto II sembrano suggerire una diminuzione dal 1996 al 2000.

**Grafico 40. BULICATA-Santomato**  
Concentrazioni medie annuali



**Grafico 41. BULICATA-Via Forramoro**  
Concentrazioni medie annuali



## 4 DESTINO E COMPORTAMENTO AMBIENTALE DEI SINGOLI PRINCIPI ATTIVI

La dispersione di una sostanza chimica nell'ambiente costituisce il momento iniziale di una serie di processi che vedono la sostanza stessa distribuirsi nei diversi comparti ambientali (aria, acqua, suolo), andare incontro a fenomeni di degradazione, dispersione, adsorbimento e venire a contatto con organismi viventi determinando su questi, e sull'ecosistema in generale, effetti più o meno rilevanti [28].

Definiamo *pericolo potenziale* la possibilità che una sostanza tossica per determinati individui potenzialmente presenti in un determinato comparto ambientale, presenti caratteristiche tali da permetterle di raggiungere quel comparto. In altre parole una sostanza rappresenterà un pericolo potenziale per gli organismi acquatici solo se, oltre ad essere tossica per questi, presenta caratteristiche tali da permetterle di raggiungere il comparto idrico.

Definiamo, invece, *rischio reale* la condizione che si verifica quando la sostanza viene realmente in contatto con una popolazione di individui. Si potrà quindi stimare il rischio reale valutando quantitativamente la probabilità che si verifichi un certo effetto ambientale come risultato dell'esposizione ad una sostanza contaminante.

La valutazione di come, complessivamente, una sostanza si distribuisce nei vari comparti ambientali (aria, acqua, suolo e organismi viventi), può essere ottenuta attraverso l'applicazione di *modelli di compartimentalizzazione*. Ne esistono di diversi e con diverso grado di approssimazione. I più semplici prendono in considerazione esclusivamente le caratteristiche chimico-fisiche della sostanza (peso molecolare, punto di fusione, solubilità in acqua, tensione di vapore ecc.) e pongono come condizione che l'equilibrio fra i diversi comparti sia raggiunto senza modificazioni collegate alla degradazione; è questa una situazione non reale, ma i risultati cui giungono tali modelli sono ugualmente utili in quanto forniscono una buona visione d'insieme del destino ambientale della sostanza [9] [10] [11].

La Tabella 27 mostra la distribuzione percentuale nei diversi comparti delle sostanze più utilizzate nel vivaismo pistoiese. È evidente come i comparti in cui potenzialmente si ha una maggiore contaminazione sono l'acqua, il suolo e il sedimento.

Tabella 27 *Modello di Mackay (I livello) - Distribuzione percentuale nei diversi comparti ambientali dei principi attivi più utilizzati nel vivaismo*

	Aria	Acqua	Suolo	Biomassa acquatica	Solidi sospesi	Sedimento
	%	%	%	%	%	%
<b>DISERBANTI</b>						
oxadiazon	0,1	3,7	17,0	0,0	0,1	79,1
pendimethalin	1,3	0,6	17,3	0,0	0,1	80,6
simazina	0,0	93,3	1,2	0,0	0,0	5,5
terbutylazina	0,2	83,8	2,8	0,0	0,0	13,2
propyzamide	0,0	82,9	3,0	0,0	0,0	14,0
alachlor	0,1	84,3	2,7	0,0	0,0	12,8
metolachlor	0,1	46,6	9,4	0,0	0,1	43,9
oxyfluorfen	0,0	0,4	17,6	0,0	0,1	81,9
MCPA	0,0	99,4	0,1	0,0	0,0	0,5
isoxaben	0,0	34,7	11,5	0,0	0,1	53,7
2,4-D	0,0	99,0	0,2	0,0	0,0	0,8
<b>FUNGICIDI</b>						
metalaxyl	0,0	99,8	0,0	0,0	0,0	0,2
chlorothalonil	1,0	68,7	5,3	0,0	0,0	25,0
ziram	0,0	96,0	0,7	0,0	0,0	3,3
fosetyl alluminium	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
propineb	1,2	70,2	5,0	0,0	0,0	23,5
carbendazim	0,0	99,8	0,0	0,0	0,0	0,2
tolchlofos methyl	26,1	2,9	12,5	0,0	0,1	58,4
<b>INSETTICIDI</b>						
propoxur	0,0	99,5	0,1	0,0	0,0	0,4
acephate	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dimethoate	0,0	99,9	0,0	0,0	0,0	0,1
benomyl	0,0	0,0	17,6	0,0	0,1	82,2
methomyl	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
azinphos methyl	0,0	50,3	8,7	0,0	0,1	40,8

In particolare, per valutare l'impatto degli antiparassitari sugli ecosistemi [12] sono stati sviluppati diversi modelli che descrivono le principali vie di esposizione per ogni comparto, quali:

- la deriva (spraydrift), che considera il trasporto attraverso l'aria e il conseguente deposito nelle aree adiacenti a quelle trattate. In questo caso la quantità di prodotto fitosanitario che può raggiungere tali aree dipende dalla distanza dall'area di applicazione, dalle modalità di applicazione, dal tipo di coltivazione e dalle condizioni meteorologiche;
- il drenaggio, che determina la rimozione dal terreno dell'eccesso di acqua. La quantità di sostanza che raggiunge le acque superficiali viene valutata attraverso modelli di percolazione (leaching) nei quali si assume che la profondità della falda rimanga invariata nel tempo e che quindi la

- profondità di drenaggio sia costante;
- il ruscellamento (runoff), che rappresenta il flusso dell'acqua sulla superficie del suolo, verso le acque superficiali, generato dalle precipitazioni e/o dall'irrigazione. In questo caso la concentrazione del principio attivo viene stimata sulla base delle precipitazioni giornaliere e dei parametri di ritenzione idrica.

Anche per la valutazione [12] dei processi di migrazione delle sostanze verso le acque sotterranee sono stati sviluppati diversi modelli:

- modelli che si basano su complesse equazioni matematiche per simulare i processi fisici e chimici che si verificano sulla superficie del suolo e sul suolo stesso, riuscendo così a prevedere la concentrazione della sostanza considerata, ad una determinata profondità e in un determinato istante. Questi modelli richiedono una mole di dati non sempre disponibili, e forniscono dei risultati che generalmente si riferiscono a condizioni sito-specifiche (es: PRZM);
- indici di screening che, attraverso poche informazioni relative alle proprietà chimico-fisiche delle sostanze (peso molecolare, solubilità, tensione di vapore), al tempo di dimezzamento e alle caratteristiche del suolo (percentuale di sostanza organica), permettono di classificare i fitofarmaci sulla base della loro pericolosità ambientale. Il maggior limite di questi indici è quello di non poter quantificare il livello di contaminazione prodotto.

Fra gli indici di screening disponibili abbiamo utilizzato il GUS (Groundwater Ubiquity Score) [14] [30] che, attraverso il coefficiente di assorbimento nel suolo ( $K_{oc}$ ) e il tempo di dimezzamento nel suolo ( $T_{1/2}$ ), valuta la capacità potenziale di contaminazione della falda da parte di un principio attivo ad azione antiparassitaria:

$$GUS = [4 - \log(K_{oc})] \log(T_{1/2})$$

Generalmente si considera che sostanze che presentano valori di GUS inferiori a 1,8 non dovrebbero raggiungere la falda idrica; quelle con valori di GUS superiore a 2,8 raggiungeranno la falda idrica; quelle con GUS compreso fra 1,8 e 2,8 avranno un comportamento determinato dalle particolari situazioni locali.

La Tabella 28 mostra il valore del GUS per i principi attivi più utilizzati nel vivaismo pistoiese. È stato riportato il valore massimo e minimo poiché in letteratura e sul "The Pesticide Manual" [13] non è mai riportato, salvo rari casi, un solo dato relativo al tempo di dimezzamento, in quanto questo dipen-

de dalle condizioni sito-specifiche. Per quanto riguarda il Koc, quando presente, è stato considerato il valore riportato sul “The Pesticide Manual”; negli altri casi è stato calcolato utilizzando l’equazione di E. Kenaga [15] [16].

Tabella 28 *GUS - Valori calcolati per i principi attivi più utilizzati nel vivaismo pistoiense*

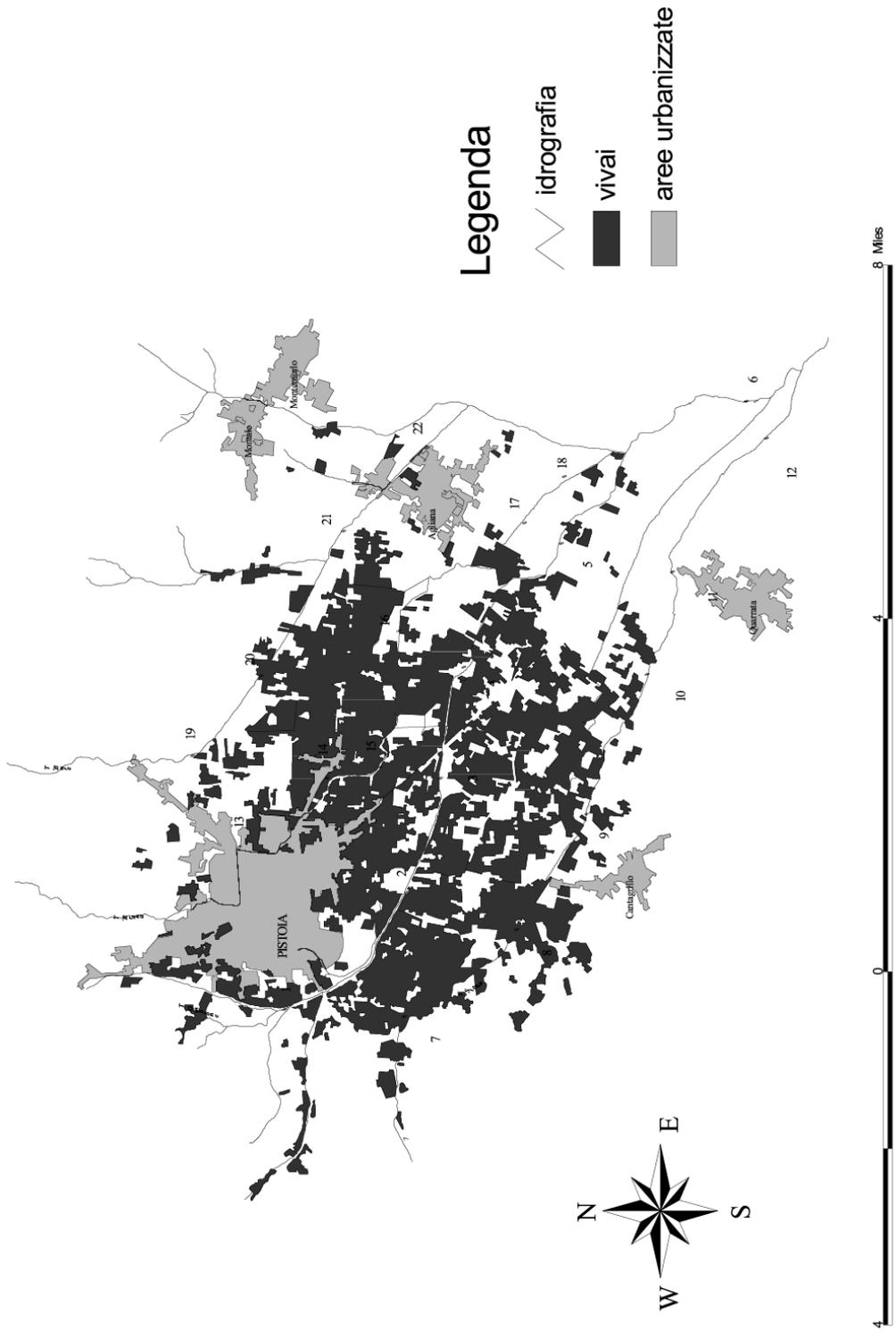
	Koc (mq/Kg)	T1/2 (giorni)		GUS	
		min	max	min	max
<b>DISERBANTI</b>					
oxadiazon	4365,2	21,0	42,0	0,5	0,6
pendimethalin	8464,1	21,0	28,0	0,1	0,1
simazina	1600,2	27,0	102,0	1,1	1,6
terbutylazina	1345,3	30,0	60,0	1,3	1,5
propyzamide	984,4		30,0		1,5
alachlor	213,3	1,0	30,0	0,0	2,5
metolachlor	145,0		20,0		2,4
oxyfluorfen	14274,1	292,0	580,0	-0,4	-0,4
MCPA	115,8		7,0		1,6
isoxaben	3599,5	21,0	28,0	0,6	0,6
2,4-D	129,4		7,0		1,6
glyphosate	25,4	3,0	174,0	1,2	5,8
paraquat	2,7		32,0		5,4
<b>FUNGICIDI</b>					
metalaxyl	30,3		19,0		3,2
chlorothalonil	4901,6	5,0	36,0	0,2	0,5
ziram	882,4		1,8		0,3
fosetyl aluminium	7,0		0,1		-3,8
propineb	1230,3		2,0		0,3
carbendazim	1390,9	8,0	32,0	0,8	1,3
tolchlofos methyl	4142,2		2,0		0,1
<b>INSETTICIDI</b>					
propoxur	68,7		79,0		4,1
acephate	2,5	7,0	10,0	3,0	3,6
dimethoate	17,1	2,0	4,1	0,8	1,7
benomyl	108562,8		0,8		0,1
methomyl	10,5		8,0		2,7
azinphos methyl	698,3		>7		>3

Le informazioni teoriche dell’indice non vengono sempre confermate dai risultati del monitoraggio, dimostrando come l’intero meccanismo sia regolato da altri fattori quali, principalmente, le quantità distribuite, le modalità di impiego, e anche fattori legati alle caratteristiche del suolo, dell’ambiente, del clima.

La presenza di metalaxyl e propoxur nelle acque di falda può essere giustificata dal loro alto GUS (3,2 e 4,1) mentre, per contro, la diffusa presenza di oxadiazon e pendimethalin può essere spiegata solo con il massiccio uso, essendo il loro GUS decisamente basso (0,5 e 0,1).

**Allegati  
parte prima**

**ALLEGATO 1 - DISTRIBUZIONE DEI VIVAI NELL'AREA DI PISTOIA**



## ALLEGATO 2. ELENCO DEI PRINCIPI ATTIVI RICERCATI NEI CAMPIONI DI TERRENO

Accanto ad ogni p.a. vengono riportati i limiti di determinazione espressi in ppb s.s.

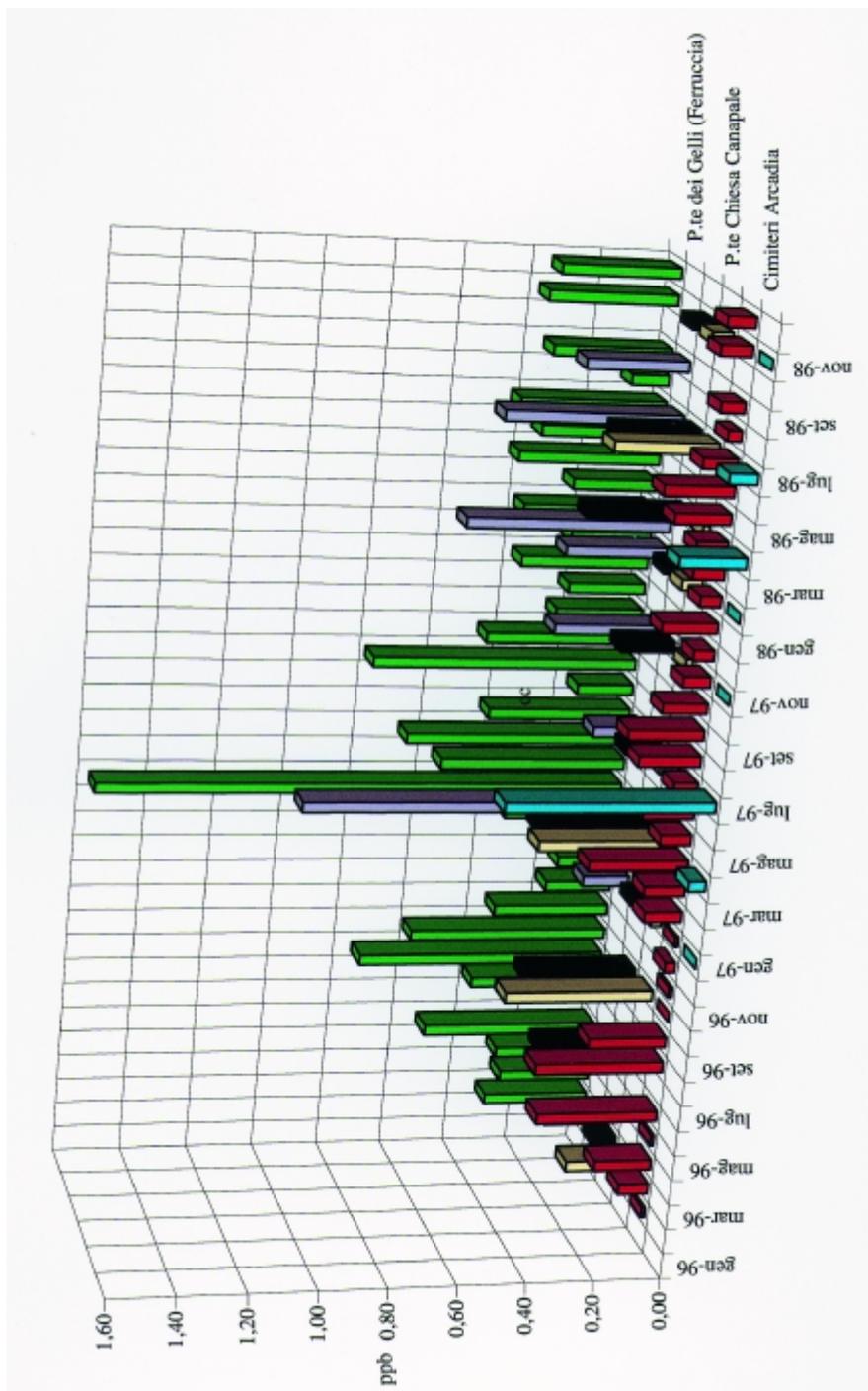
INSETTICIDI ORGANOFOSFORICI							
Chlorfenvinphos	50	Bromophos etile	<10	Azinphos etile	10	Azinphos metile	10
Cyanophos	10	Chlorpyrifos etile	<10	Bromophos metile	<10	Carbophenothion	10
Diazinone	10	Disulfoton	10	Chlorpyrifos metile	<10	Chlorthion	<10
Dimetoato	20	Fenamiphos	10	Demeton-S-metile	20	Ethion	10
Ethoprofos	10	Fonofos	10	Ditalimphos	150	Fenitrothion	<10
Fenthion	<10	Malathion	10	Fenchlorphos	<10	Heptenophos	20
Malaoxon	20	Paraoxon metile	20	Methamidophos	20	Metidathion	10
Paraoxon etile	20	Phorate	<10	Parathion etile	10	Parathion metile	10
Phenthoate	20	Triazophos	10	Pyrazophos	20	Phosalone	10
Profenophos	10	Phosfamidone	100	Tetrachlorvinphos	10	Pirimiphos metile	10
Pirimiphos etile	10	Tolclofos metile	10	Trichlorfon	10	Quinalphos	10
INSETTICIDI ORGANOCCLORURATI							
Alfa HCH	<10	Beta HCH	<10	Delta HCH	<10	Lindano	<10
Esaclorobenzene	10	Pentacloronitrobenzene	10	Endosulfan alfa	10	Endosulfan beta	10
Aldrin	<10	Dieldrin	<10	Eptacloro	<10	Eptacloro epossido	<10
Endrin	<10	Clorobenzilato	<10	Cloropropilato	20	Endosulfan solfato	10
Kelthano	10	Metossicloro	10	Clordano	10	Bromopropilato	<10
2,4' DDT	10	4,4' DDT	10	2,4' DDD	10	Perthane	30
4,4' DDE	<10	4,4' DDD	10				
INSETTICIDI CARBAMMATI E PIRETROIDI							
Propoxur	20	Ethiofencarb	60	Permetrina	50	Carbofuran	30
Clorfenson	<10	Promecarb	30	Fluvalinate	50	Oxamyl	10
Deltametrina	10	Tetradifon	<10	Fenvalerate	100	Cipermetrina	100
FUNGICIDI ed ANTICRITTOGAMICI							
Iprodione	10	Procimidone	10	Vinchlozolin	10	Oxadixil	50
Imazalil	10	Penconazolo	<10	Propiconazolo	10	Fenarimol	10
Bitertanolo	20	Metalaxyl	30	Benalaxyl	30	Chlorothalonil	50
Captafol	50	Folpet	20	Procloraz	10	Binapacril	10
Carboxin	40						
DISERBANTI							
Propham	20	Chlopropham	60	Simazina	10	Atrazina	10
Atrazina deisopropil	20	Atrazina desetil	10	Hexazinone	100	Ioxinil Metil	10
Propazina	100	Prometryn	10	Prometon	10	Methoprotryn	10
Terbutilazina	10	Terbutryn	10	Terbumeton	20	Isopropalin	10
Trifluralin	10	Benfluralin	10	Pendimetalin	10	Diuron	10
Linuron	30	Chlorbromuron	10	Chloroxuron	100	Oxadiazon	10
Fenuron	50	Fluometuron	40	Cycluron	10	Dichlobenil	10
Dinoseb Acetato	100	Dinoseb	300	Oxifluorfen	10	Desmetrina	20
Alachlor	20	Metholachlor	10	Propachlor	20	Bromacil	10
Molinate	10	Propizamide	10	Chlorthiamid	10	Butralin	10
Triallate	10	Thiocarbazil	50	Thiobencarb	280	Cycloate	30
EPTC	10	Flamprop Isopropil	10	Flamprop Metil	10	Fluazifop Butil	60

### ALLEGATO 3. ELENCO DEI PRINCIPI ATTIVI RICERCATI NELLE ACQUE

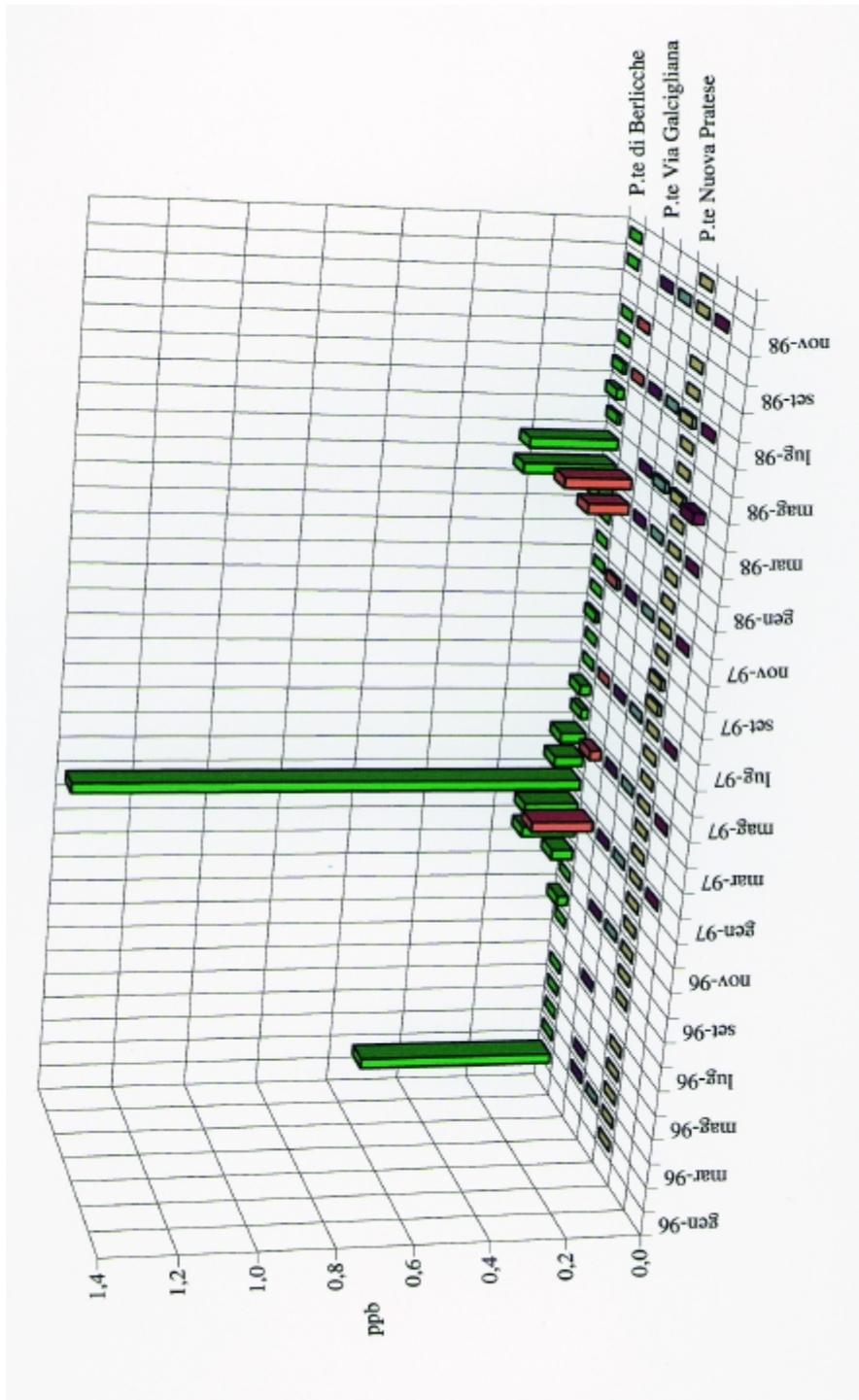
Accanto ad ogni p.a. vengono riportati i limiti di quantificazione espressi in ppb

INSETTICIDI ORGANOFOSFORICI							
Azinphos etile	0,01	Azinphos metile	0,01	Bromophos etile	0,01	Bromophos metile	0,01
Carbophenothion	0,01	Chlorfenvinphos	0,01	Chlorpyrifos etile	0,01	Chlorpyrifos metile	0,01
Chlorthion	0,01	Cyanophos	0,01	Demeton-S-metile	0,01	Demeton-S-metil sulfon	0,11
Diazinone	0,01	Dichlorvos	0,01	Dimetoato	0,01	Disulfoton	0,01
Ditalimphos	0,01	Ethion	0,01	Ethoprofos	0,01	Fenamiphos	0,01
Fenchlorphos	0,01	Fenitrothion	0,01	Fenthion	0,01	Fonofos	0,01
Formothion	0,01	Heptenophos	0,01	Malaoxon	0,01	Malathion	0,01
Methamidophos	0,01	Metidathion	0,01	Monocrotophos	0,01	Ometoato	0,02
Paraoxon etile	0,01	Paraoxon metile	0,01	Parathion etile	0,01	Parathion metile	0,01
Phenthoate	0,01	Phorate	0,01	Phosalone	0,01	Phosfamidone	0,02
Pirimiphos etile	0,01	Pirimiphos metile	0,01	Prifenophos	0,01	Pyrazophos	0,01
Quinalphos	0,01	Sulfotep	0,01	Tetrachlorvinphos	0,01	Tolclofos metile	0,01
Triazophos	0,01	Trichlorfon	0,02	Vamidothion	0,02		
INSETTICIDI CLOROORGANICI							
Alfa HCH	0,01	Aldrin	0,01	Beta HCH	0,01	Bromopropilato	0,01
Clordano	0,01	Clorobenzilato	0,01	Cloropropilato	0,01	Endosulfan alfa	0,01
Endosulfan beta	0,01	Endosulfan solfato	0,01	Endrin	0,01	Eptacloro	0,01
Eptacloro epossido	0,01	Esaclorobenzene	0,01	Kelthano	0,01	Lindano	0,01
Metossicloro	0,01	Pentacloronitrobenzene	0,01	Perthane	0,06	4,4' DDE	0,01
2,4' DDT	0,01	4,4' DDT	0,01	2,4' DDD	0,01	4,4' DDD	0,01
INSETTICIDI CARBAMMATI E PIRETROIDI							
Carbofuran	0,03	Cipermetrina	0,03	Clorfenson	0,01	Deltametrina	0,01
Ethiofencarb	0,07	Fenvalerate	0,03	Fluvalinate	0,03	Oxamyl	0,01
Permetrina	0,04	Pirimicarb	0,02	Promecarb	0,01	Propoxur	0,03
Tetradifon	0,01						
ANTICRITTOGAMICI							
Benalaxyl	0,03	Binapacril	0,01	Bitertanolo	0,02	Chlorothalonil	0,01
Chlozolinate	0,01	Captano	0,01	Captafol	0,01	Carboxin	0,04
Dazomet	0,01	Dichlofluanid	0,01	Dicloran	0,01	Difenilammina	0,02
Fenarimol	0,01	Folpet	0,01	Imazalil	0,02	Iprodione	0,02
Metalaxyl	0,03	Oxadixil	0,01	Oxicarboxin	0,05	Penconazolo	0,01
Procimidone	0,01	Procloraz	0,03	Propiconazolo	0,01	Triadimefon	0,01
Vinchlozolin	0,01						
DISERBANTI							
Alachlor	0,01	Atrazina	0,01	Atrazina deisop.	0,01	Atrazina desetil	0,01
Benfluralin	0,01	Bromacil	0,01	Butralin	0,01	Chlorbromuron	0,01
Chloroxuron	0,15	Chlopropham	0,03	Chlorthiamid	0,05	Cycloate	0,01
Cycluron	0,01	Desmetrina	0,01	Dichlobenil	0,01	Dinoseb	0,07
Diuron	0,02	EPTC	0,01	Fenuron	0,03	Flamprop Isopropil	0,01
Flamprop Metile	0,01	Fluazifop-p- Butile	0,05	Fluometuron	0,04	Isopropalin	0,01
Linuron	0,02	Metholachlor	0,01	Methoprotryn	0,01	Molinate	0,01
Monolinuron	0,01	Oxadiazon	0,01	Oxifluorfen	0,01	Pendimetalin	0,01
Prometon	0,01	Prometryn	0,01	Propachlor	0,01	Propanil	0,01
Propazina	0,01	Propham	0,02	Propizamide	0,01	Simazina	0,01
Terbumeton	0,01	Terbutilazina	0,01	Terbutryn	0,01	Thiobencarb	0,02
Thiocarbazil	0,04	Triallate	0,01	Trifluralin	0,01		

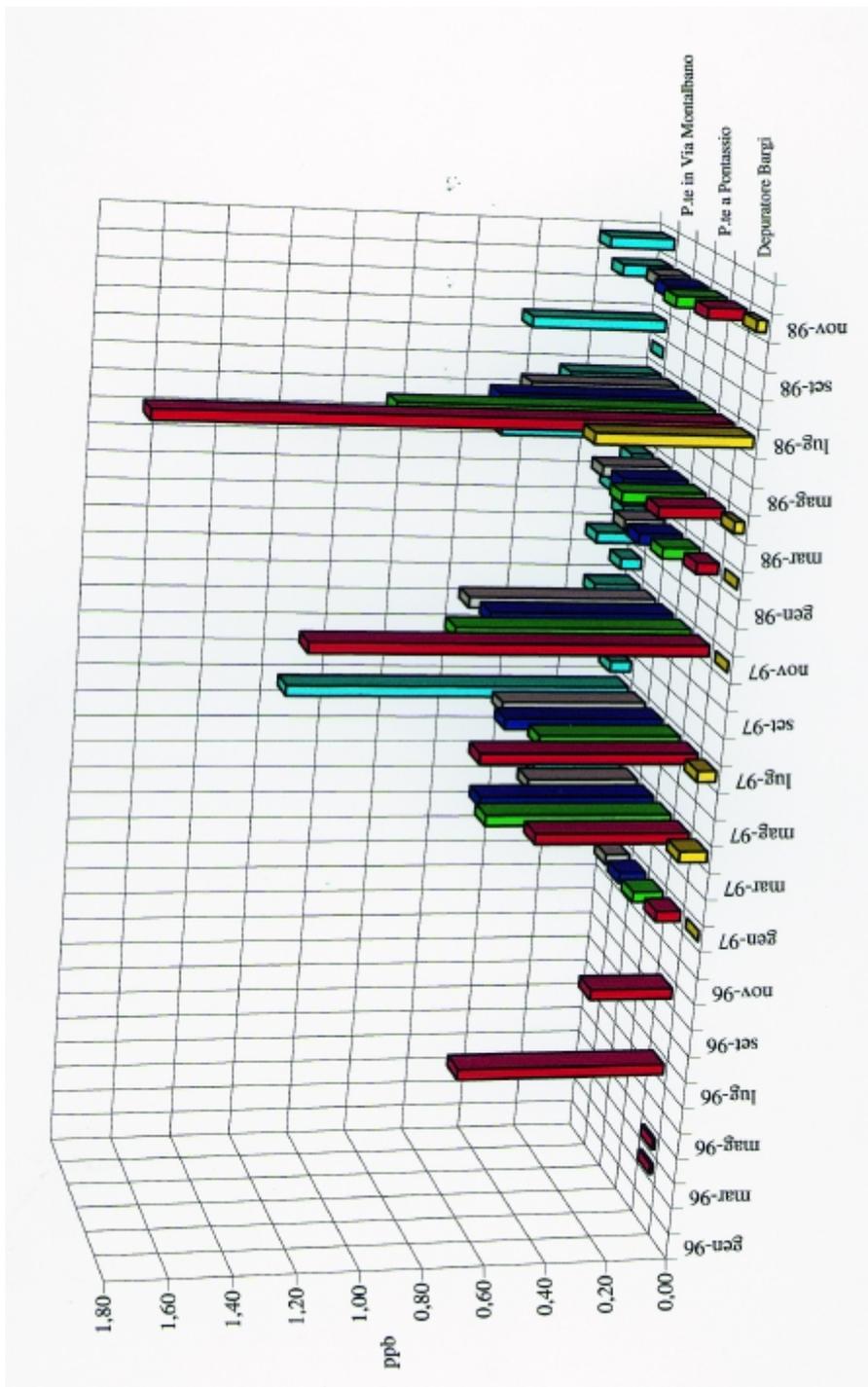
**ALLEGATO 4 - ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DELL'ERBICIDA OXADIAZON LUNGO IL TORRENTE BRANA**



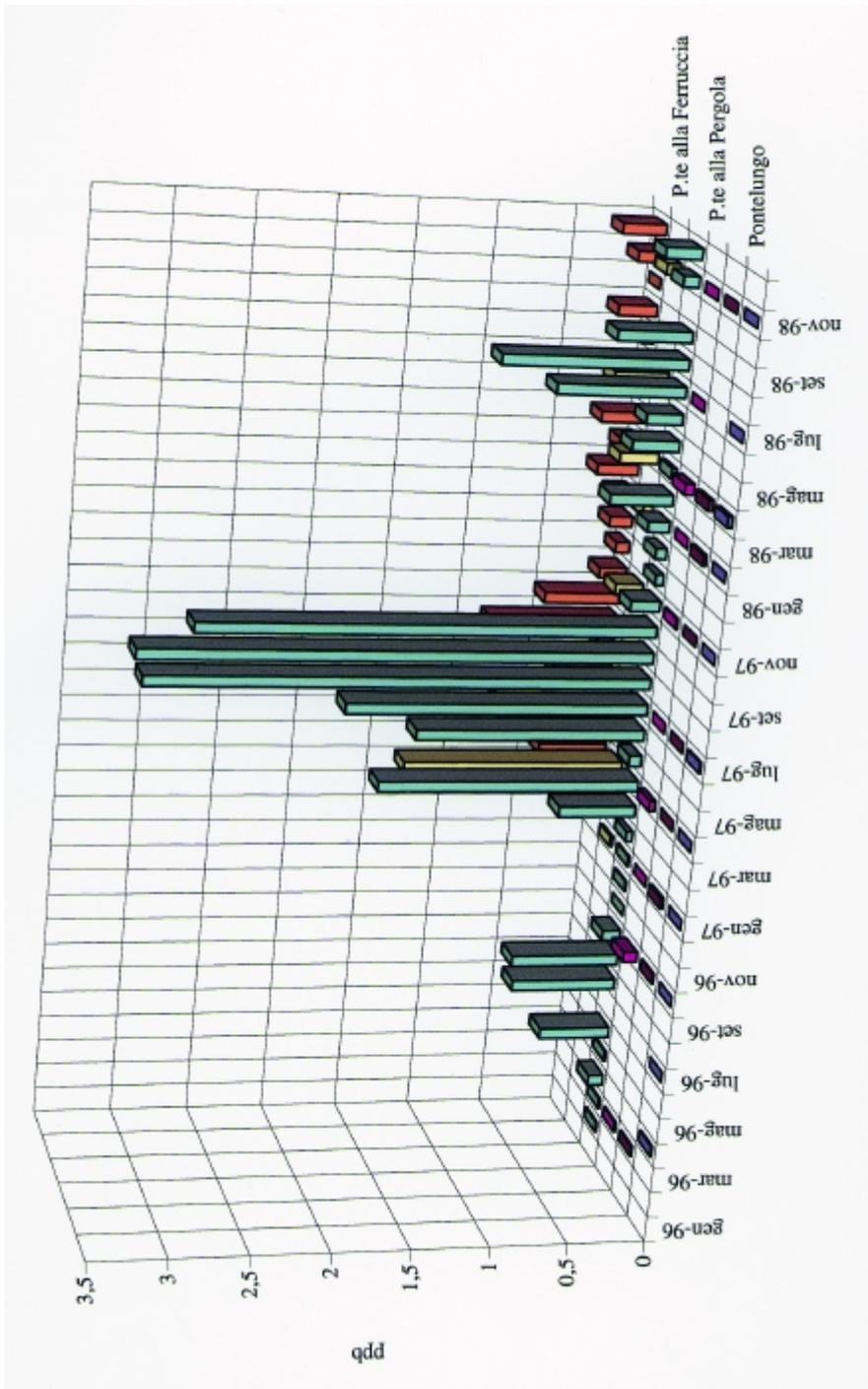
**ALLEGATO 5 - ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DELL'ERBICIDA SIMAZINA LUNGO IL TORRENTE BRANA**



**ALLEGATO 6 - ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DELL'ERBICIDA OXADIAZON LUNGO IL TORRENTE STELLA**



**ALLEGATO 7 - ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DELL'ERBICIDA OXADIAZON LUNGO IL TORRENTE OMBRONE**



## BIBLIOGRAFIA

- [1] ISTAT, *Caratteristiche strutturali delle aziende agricole*-Fascicoli provinciali Pistoia. 4° Censimento dell'Agricoltura, 21/X/1990-22/XI/1991;
- [2] S. Scaramuzzi, *Struttura produttiva e rapporti organizzativi nel vivaismo ornamentale*. Agricoltura toscana e sistema agro-industriale. Caratteristiche strutturali e rapporti organizzativi - INEA 1996, pag. 357-378;
- [3] ANPA - Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente, *Sviluppo di indicatori per il suolo ed i siti contaminati*, RTI CTN\_SSC 1/2000;
- [4] Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n° 121 del 25/05/1992, Approvazione dei *Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo*;
- [5] F. Boni, *Modellistica idrogeologica sul flusso-trasporto attraverso la zona non satura: un'applicazione nella pianura di Pistoia*. Tesi di Laurea, a.a. 1997/1998, Università degli Studi di Firenze;
- [6] ANPA - Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente, *Il rischio in Italia da sostanze inorganiche. Fondo naturale incontaminato e contaminato*. Serie Documenti 1, 1999;
- [7] Decreto N° 217 Del 25/01/1991, Regolamento per l'attuazione dell'art. 15 comma 2 del DPR 24/05/1988 n. 236 concernente le *caratteristiche delle schede per la rilevazione dei dati riguardanti la vendita, l'acquisto e l'utilizzazione dei presidi sanitari, nonché le relative modalità di compilazione, tempi e procedure di rilevamento e di trasmissione dei dati* - G.U. n°171 del 23/07/1991;
- [8] Rapporti ISTISAN 00/14 Pt.1, *Determinazione dei residui di prodotti fitosanitari (antiparassitari). Metodo per estrazione in fase solida C-18 e analisi gascromatografica con rilevatori selettivi*. Pag. 3-14;
- [9] D. Mackay, *Finding fugacity feasible*. Environmental Science & Technology, volume 13, n. 10, ottobre 1979, pag. 1218-1223;
- [10] D. Mackay, S. Paterson, *Calculating fugacity*. Environmental Science & Technology, volume 15, n. 9, settembre 1981, pag. 1006-1014;

- [11] D. Mackay, S. Paterson, *Fugacity revisited*. Environmental Science & Technology, volume 16, n. 12, 1982, pag. 654A-660A;
- [12] ANPA - Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente, *L'impatto ambientale dei prodotti fitosanitari*. Serie Documenti 4, 1998;
- [13] British Crop Protection Council, *The Pesticide Manual. Eleventh Edition*. 1997;
- [14] A. Trevisan, E. Capri, C. Ghebbioni, *L'uso di indici per prevedere la contaminazione delle acque*. Acqua-Aria, n. 9, 1991, pag. 863-874;
- [15] E.E. Kenaga, C.A.I. Goring, *Relationship between water solubility, soil sorption, octanol-water partitioning, and concentration of chemicals in biota*. Eds: J.G. Eaten, P.R. Parrish and A.C. Hendricks. Aquatic toxicology. ASTM STP 707, American Society for Testing and Materials, pag. 78-115;
- [16] E.E. Kenaga, *Predicted Bioconcentration Factors and Soil Sorption Coefficients of Pesticides and Other Chemicals*. Ecotoxicology and Environmental Safety n. 4, 1980, pag. 26-38;
- [17] C. Desideri, *Sullo stato dell'agricoltura nell'ultimo triennio 1868-1869-1870*. Bollettino del Comitato Agrario Pistoiese, Anno IV, 1870, n. 3-4, pag. 37-46;
- [18] M. Livi, *L'efficienza della meccanizzazione in Provincia di Pistoia*. L'agricoltore pistoiese, n. 6, 1966;
- [19] C. Vezzosi, *Vivaistica ornamentale. Coltivazioni di piante per parchi, giardini ed altre opere a verde e del paesaggio*. Edagricole, 1998;
- [20] C. Vezzosi, *Il vivaismo pistoiese*. Centro studi per il vivaismo. Pistoia, 1990;
- [21] M. Muccinelli, *Prontuario dei fitofarmaci*. Edagricole, ottava edizione, 1997;
- [22] G. Rapparini, *Il diserbo delle colture*. Edizioni l'informatore agrario, 1996;
- [23] *Rapporto '99 sullo stato dell'ambiente della Provincia di Pistoia*. Provincia di Pistoia - Regione Toscana;
- [24] M. Masoero, A. Zagni, *Significato delle proprietà chimico-fisiche nella*

- valutazione dell'impatto ambientale*. Ricerca e sviluppo - Farmoplant - Montedison, Milano;
- [25] ANPA - Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente, *I prodotti fitosanitari in agricoltura. Studio di un caso: indagine sui consumi e previsione del rischio ambientale per la coltivazione della patata nell'alto viterbese*. Dipartimento Rischio Teconologico e Naturale, Ottobre 1999;
- [26] A.M.G. Affuso, *Ricerca sperimentale sul trasporto di diserbanti attraverso la zona non satura nella pianura pistoiese*. Tesi di Laurea, a.a. 1997/1998, Università degli Studi di Firenze;
- [27] C. Coppi, S. Nesti, P. Milaneschi, *Impatto ambientale delle sostanze chimiche impiegate in agricoltura*. ARPAT-Dipartimento Provinciale di Pistoia. Atti del convegno, XXIV Biennale dei fiori-Pescia, 11 settembre 1998;
- [28] N. Rossi, *Dissipazione dei fitofarmaci nel suolo e nell'ambiente*. Rivista di Agronomia, n. 3, 1995, pag. 188-195;
- [29] E. Funari, A. Bastone, P. Bottini, I. Camoni, R. Miniero, M. Beretta Anguissola, C. Bortolosso, F. Brun, S. Coccino, M. Salamana, *Erbicidi nelle acque destinate al consumo umano nelle acque*. Acqua-Aria, n. 9, 1989, pag. 1011-1024;
- [30] I. Giardini, *Studio sulla potenziale contaminazione da fitofarmaci nella pianura padana*. Rivista di Agronomia, n. 30, 1996, 3° Supplemento, pag. 449-460;
- [31] S. Nesti, *Utilizzo di fitofarmaci e qualità delle acque nel vivasimo della Provincia di Pistoia: rapporto tra attività produttiva e sostenibilità ambientale*. Tesi di Laurea, a.a. 1997/1998, Università degli Studi di Parma.

**Parte seconda**  
**Carta della vulnerabilità**  
**all'inquinamento delle falde idriche**  
**della pianura pistoiese**

# **CARTA DELLA VULNERABILITÀ ALL'INQUINAMENTO DELLE FALDE IDRICHE DELLA PIANURA PISTOIESE**

*Relazione finale a cura del Comune di Pistoia*

## **Premessa**

Con delibera di G.C. n. 855 del 18.7.95 e Decreto del Sindaco n. 318 del 13.9.95, l'Amministrazione comunale dette incarico agli scriventi di rilevare i parametri idrogeologici necessari per l'elaborazione, secondo il metodo SINTACS, di una carta della vulnerabilità degli acquiferi sotterranei dell'area di pianura del territorio comunale.

Secondo la scelta dell'Amministrazione, l'elaborazione informatica dei sette parametri rilevati per la realizzazione del prodotto finale (Carta della vulnerabilità) doveva essere compito dei tecnici comunali che in quel periodo stavano acquisendo software e competenze per elaborare e gestire i dati che sarebbero risultati.

Nel luglio 1996, in adempimento all'incarico ricevuto, fu consegnata una relazione tecnica con allegate sette carte in scala 1:10.000 che riportavano i seguenti tematismi rilevati nell'area di pianura del territorio comunale:

- 1 - Pendenza della superficie topografica
- 2 - Tipologia pedologica del suolo
- 3 - Infiltrazione efficace
- 4 - Soggiacenza della falda
- 5 - Permeabilità dell'acquifero
- 6 - Spessore del primo acquifero
- 7 - Tempo di arrivo al tetto del primo acquifero

Con decreto del Sindaco n° 436 del 15.12.2000 l'Amministrazione comunale ha esteso l'incarico originario agli scriventi, affidando loro anche il compito della elaborazione finale della Carta della vulnerabilità.

La presente relazione costituisce il rapporto finale di tutto il lavoro svolto dal 1995 ad oggi e ricomprende anche quanto esposto nella "Relazione tecnica preliminare" del Luglio 1996.

I geologi dott. Alessandro Gargini, dott. Gaddo Mannori e dott.ssa Gabriella Burchietti hanno collaborato al lavoro per i rilievi in campagna e

per la restituzione dei dati; sono inoltre stati di prezioso aiuto i tecnici comunali dott. Arnoldo Billwiller e geom. Stefano Biagini con i quali sono state discusse le modalità di raccolta e di restituzione dei dati.

## **Valutazione della vulnerabilità intrinseca**

Prima di illustrare il metodo adottato per la valutazione della vulnerabilità intrinseca è utile fare una breve premessa sul concetto di vulnerabilità.

Varie sono le definizioni che vengono date di *vulnerabilità* all'inquinamento di un acquifero, o, meglio, dell'acqua di falda contenuta e fluente entro un acquifero. Una fra le più esaurienti ed accettate è la seguente: “la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo” (Civita 1994). Tale definizione esprime la *vulnerabilità intrinseca* del sistema idrogeologico, cioè quella dipendente dalle sole caratteristiche naturali: climatologia, pedologia, geologia, idrogeologia.

Il collegamento di una valutazione della vulnerabilità intrinseca con la ubicazione delle infrastrutture o attività o usi del suolo che hanno attinenza con l'utilizzo dell'acqua sotterranea da parte dell'uomo (centri di pericolo, punti di prelievo, preventori e riduttori di inquinamento) e con la mappatura delle aree di falda contaminate, oltre che con la ricostruzione del sistema idrogeologico, permette di definire la *vulnerabilità integrata* di un'area.

Le informazioni concernenti la vulnerabilità integrata sono generalmente organizzate entro un sistema informativo geografico (*GIS*) e possono essere restituite sotto forma cartacea in una Carta della Vulnerabilità Integrata. Quest'ultima rappresenta il documento di base che fa da supporto tecnico alla pianificazione territoriale ed alla gestione delle emergenze idrogeologiche. La redazione di una carta della vulnerabilità intrinseca costituisce il primo e fondamentale passo per la definizione della vulnerabilità integrata.

## **Il Metodo SINTACS**

Se da una parte è facile, in via puramente intuitiva, stabilire che cosa sia la vulnerabilità intrinseca e quali siano i fattori che la influenzano, dall'altra è estremamente complesso quantificarla in modo preciso e comparare in maniera oggettiva aree diverse.

Fra gli approcci che vari autori hanno intrapreso, è stato qui prescelto quello di una valutazione di tipo *parametrico*. Quest'ultima ha infatti il pregio di tenere in conto tutti i principali fattori di vulnerabilità e di avere una struttura decisionale tale da permettere una comparazione numericamente quantificabile fra aree diverse. In particolare è stato prescelto un metodo di valutazione a *punteggi e pesi*, derivato, con le opportune modifiche ed adattamenti legati alla tipologia di dati in possesso ed alle caratteristiche del territorio, dai 2 metodi maggiormente conosciuti: il DRASTIC, realizzato dall'US-EPA (United States Environmental Protection Agency, Aller *et al.*, 1987) ed utilizzato per coprire tutto il territorio degli USA, oltre a varie altre aree nel resto del mondo, ed il SINTACS, realizzato in Italia nell'ambito del CNR-GNDCI (Consiglio Nazionale delle Ricerche - Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Civita, 1994). Tali due metodi non sono da considerare prodotti statici, validi universalmente nello spazio e nel tempo, ma strumenti continuamente da affinare ed aggiornare in relazione al tipo di dati a disposizione.

La struttura di valutazione nei due metodi è simile: la vulnerabilità intrinseca è determinata da 7 fattori di vulnerabilità. A ciascun fattore, suddiviso per intervalli di valori e/o per tipologie, viene attribuito un punteggio crescente (da 1 a 10) in funzione dell'influenza sulla vulnerabilità. Inoltre viene introdotto un peso moltiplicatore, diverso per ogni fattore considerato, che amplifica il punteggio in misura direttamente proporzionale all'importanza che il medesimo fattore assume nel determinare il grado di vulnerabilità. La sommatoria dei prodotti dei punteggi per i pesi determina un indice di vulnerabilità che viene messo in relazione con il grado di vulnerabilità variabile da *assai elevato* fino a *bassissimo*.

I sette fattori considerati da SINTACS sono:

- Soggiacenza della falda
- Infiltrazione efficace
- Non saturo (effetto di autodepurazione del)
- Tipologia della copertura

- Acquifero (caratteristiche idrogeologiche del)
- Conducibilità idraulica dell'acquifero
- Superficie topografica (acclività della)

Le iniziali dei sette parametri formano l'acronimo del metodo.

Le modifiche che sono state introdotte per la valutazione della vulnerabilità sulla porzione di pianura del territorio comunale di Pistoia, e le motivazioni che giustificano tali scelte saranno illustrate più avanti, durante l'esame dei singoli fattori.

La valutazione della vulnerabilità all'inquinamento per l'area indagata è relativa al *primo acquifero*; per primo acquifero si è inteso il primo livello incontrato dal piano-campagna (non considerati riporti, suoli o livelli eluviali) di almeno 0,5 m di spessore con conducibilità idraulica alla mesoscala superiore a  $1 \times 10^{-6}$  m/s. Il meccanismo di contaminazione ipotizzato per la valutazione della vulnerabilità è un'infiltrazione *verticale e puntuale* dell'inquinante dal piano-campagna al tetto del primo acquifero.

Peraltro, in molte aree della pianura alluvionale la vulnerabilità del primo acquifero può essere estesa a tutto il sistema acquifero, date le interconnessioni idrauliche fra il primo ed i livelli sottostanti; ciò vale, in modo particolare, per la porzione occidentale dell'area di pianura, in corrispondenza dell'apparato di conoide dell'Ombrone. Ovviamente una valutazione precisa della vulnerabilità del sistema acquifero nel suo complesso richiederebbe la modellizzazione tridimensionale con metodi numerici di tutto il sottosuolo, tenendo in conto moti dell'acqua sia verticali che orizzontali; tale impresa, già di per sé estremamente difficoltosa, si colloca su un livello conoscitivo diverso rispetto al presente lavoro.

### **I fattori di vulnerabilità**

I fattori di vulnerabilità sono elencati nell'ordine temporale con cui interagiscono sul processo di veicolazione-attenuazione-diluizione dell'inquinante. Per ciascuno vengono forniti un breve commento su come influenzano la vulnerabilità, le modalità di acquisizione e mappatura ed il criterio di scelta della scala di punteggi.

Per ogni fattore il punteggio è crescente nel senso di un aumento della vulnerabilità, per quanto attiene all'influenza che su di essa ha quel fattore. Non è sempre presente tutta la gamma completa del punteggio (1-10) ma solo quei valori relativi a situazioni realmente esistenti nell'area del territorio comunale di Pistoia. Ciò significa che l'indice finale di vulnerabilità può

essere considerato espressione di una quantificazione assoluta del grado di vulnerabilità, in quanto determinato in base ad una scala che è in grado di rappresentare, potenzialmente, tutte le situazioni idrogeologiche possibili. Tale accorgimento costituisce un affinamento rispetto ad un metodo come DRASTIC che, invece, permette solo una differenziazione in giudizi di vulnerabilità di tipo relativo e legato al sito specifico.

Per ogni dato di base (fattore) è stata redatta una carta tematica a campiture od isolinee (in funzione del tipo di fattore), base per la successiva discretizzazione da operarsi mediante una griglia costituita da elementi quadrati finiti.

Nell'All.1 è riportata la zonazione relativa ai sette tematismi, con i relativi punteggi ed i pesi assegnati.

La valutazione della vulnerabilità è relativa alla sola porzione di pianura del territorio comunale, intendendo per "pianura" l'areale di affioramento, a morfologia pianeggiante sub-orizzontale o debolmente acclive, dei depositi alluvionali recenti.

#### **Pendenza della superficie topografica (P<sub>s</sub>)**

Minore è la pendenza del terreno, maggiore è la possibilità di ristagni in superficie di acqua ed inquinanti con aumentata probabilità di infiltrazione verso l'acquifero; inoltre, una bassa pendenza determina una maggiore infiltrazione efficace ed un minore ruscellamento.

I punteggi della pendenza sono stati derivati dal DRASTIC (fattore: *Topography*); sono solamente 3 le classi rappresentate nell'area studiata:

- Inferiore a 2%                      p. 10
- Fra 2% e 6%                        p. 9
- Fra 6% e 12%                      p. 5

Il peso moltiplicatore è 2.

La zonazione di acclività è stata eseguita utilizzando la cartografia in scala 1:2.000 del comune di Pistoia.

La carta tematica ottenuta non richiede particolari commenti. Tutta la pianura ricade nella classe a minore pendenza, salvo le fasce periferiche di raccordo con i rilievi circostanti.

#### **Tipologia del suolo (S)**

Il suolo ha un enorme potere di attenuazione del carico inquinante, particolarmente nei confronti di un inquinamento di tipo diffuso (agricolo, zoo-

tecnico ecc.). Un parametro che può essere preso come rappresentativo del potere depurante del suolo è la tessitura. Maggiore è il contenuto in elementi fini (limo ed argilla), maggiore è il potere di ritenzione dell'acqua e degli inquinanti e minore è la conducibilità idraulica.

Si è fatto riferimento alla tabella del punteggio per il suolo derivata da SINTACS, assai simile a quella proposta da DRASTIC (fattore: *Soil media*).

Sono state distinte 6 classi:

- Suolo assente, suolo con ghiaie e sabbie prevalenti p. 10
- Suolo franco sabbioso p. 6
- Suolo franco p. 5
- Suolo franco limoso p. 4
- Suolo franco limoso-argilloso p. 3
- Suolo franco argilloso p. 2

Il peso moltiplicatore è 5.

La zonazione pedologica della pianura pistoiese è stata fatta sulla base di alcuni profili pedologici reperiti presso la Regione Toscana: i dati puntuali sono stati estrapolati in base alla litologia del terreno di copertura, quale risulta dalle numerose litostratigrafie di perforazioni e sondaggi geognostici effettuati nel territorio comunale. In particolare sono stati utilizzati: 246 litostratigrafie di pozzi e sondaggi, 88 saggi geognostici o sezioni di cava, 22 penetrometrie statiche o dinamiche.

Nella carta tematica relativa troviamo i suoli con i punteggi più alti in corrispondenza della porzione apicale del conoide dell'Ombrone e lungo l'alto corso di pianura del medesimo; i punteggi più bassi si rinvencono in corrispondenza di vaste aree della bassa pianura e di alcune fasce colluviali pedemontane presso rilievi collinari a litologia prevalentemente argillosa. Sovente le differenze sono legate alla litologia presente sotto il suolo, che ovviamente influenza la tessitura del suolo stesso.

#### **Infiltrazione efficace ( $I_e$ )**

La infiltrazione efficace  $I_e$  ha un doppio effetto sul meccanismo di propagazione dell'inquinante.

Da una parte vi è l'effetto di lisciviazione: maggiore è la quantità d'acqua che si infiltra, più intensa sarà la lisciviazione di inquinanti solubili verso la falda e, inoltre, si avrà un aumento del contenuto idrico del terreno non saturo con conseguente aumento del valore di conducibilità idraulica e diminuzione del tempo d'arrivo; quindi  $I_e$  è direttamente proporzionale al grado di

vulnerabilità per quanto concerne l'effetto "lisciviazione" (almeno per valori non estremamente alti).

Dall'altra parte vi è l'effetto di diluizione: maggiore è il valore di  $I_c$ , minore è la concentrazione in acqua dell'inquinante lisciviato e quindi  $I_c$  è inversamente proporzionale al grado di vulnerabilità per quanto concerne l'effetto "diluizione".

Per valori medio-bassi di  $I_c$  prevale l'effetto lisciviante, per valori alti prevale l'effetto diluente. In questo, il presente metodo ricalca l'approccio di SINTACS, che evidenzia l'esistenza di un effetto diluente oltre una certa soglia, e non quello di DRASTIC, che nega l'esistenza di un tale effetto.

Il valore dell'infiltrazione efficace media annua  $I_c$  viene ottenuto moltiplicando il valore delle piogge totali ( $P$ ) per un coefficiente di infiltrazione potenziale  $I_p$  basato sulla tessitura del suolo; tale coefficiente tiene conto dell'effetto evapotraspirazione e potere di ritenzione idrica del suolo. I valori di  $I_p$ , relativamente ai suoli rinvenuti nella zona studiata, sono i seguenti (da Civita, 1994):

Suolo assente, suolo con ghiaie e sabbie prevalenti	0,45
Suolo franco sabbioso	0,2
Suolo franco	0,15
Suolo franco limoso	0,1
Suolo franco limoso-argilloso	0,1
Suolo franco argilloso	0,05
Suolo argilloso	0,05

Nelle aree urbanizzate, il prodotto ( $P \times I_p$ ) viene moltiplicato ulteriormente per un fattore di urbanizzazione ( $F_u$ ), pari a 0,5 in aree intensamente urbanizzate e 0,7 in aree mediamente urbanizzate. Tale fattore, introdotto dagli scriventi, tiene conto della diminuzione dell'infiltrazione in conseguenza della pavimentazione artificiale e si basa su dati sperimentali.

La valutazione degli afflussi meteorici  $P$  è ottenuta tramite redazione delle isoiete per interpolazione dei dati pluviometrici puntuali relativi a 61 stazioni, situate sia nella provincia di Pistoia sia in aree limitrofe delle province adiacenti; in maggioranza i dati puntuali sono stati ottenuti presso gli Uffici Idrografici di Pisa e Bologna.

Il metodo DRASTIC (fattore: *Recharge*) non tiene conto dell'effetto diluizione; il metodo SINTACS considera l'effetto diluitivo oltre i 250-270 mm di  $I_c$ .

In questo lavoro, i punteggi assegnati ad  $I_c$  sono desunti da SINTACS,

considerato più esaustivo.

Sono state distinte 10 classi:

- I<sub>e</sub> compresa fra 230 e 320 mm p. 10
- I<sub>e</sub> compresa fra 230 e 200 mm - I<sub>c</sub> compresa fra 320 e 350 mm p. 9
- I<sub>e</sub> compresa fra 200 e 170 mm - I<sub>c</sub> compresa fra 350 e 375 mm p. 8
- I<sub>e</sub> compresa fra 170 e 140 mm - I<sub>c</sub> compresa fra 375 e 400 mm p. 7
- I<sub>e</sub> compresa fra 140 e 120 mm - I<sub>c</sub> compresa fra 400 e 430 mm p. 6
- I<sub>e</sub> compresa fra 120 e 90 mm - I<sub>c</sub> compresa fra 430 e 500 mm p. 5
- I<sub>e</sub> compresa fra 90 e 70 mm - I<sub>c</sub> superiore a 500 mm p. 4
- I<sub>e</sub> compresa fra 70 e 50 mm p. 3
- I<sub>e</sub> compresa fra 50 e 25 mm p. 2
- I<sub>e</sub> inferiore a 25 mm p. 1

Il peso moltiplicatore del fattore è 5.

Pur nell'ambito di una distribuzione abbastanza irregolare dei valori di I<sub>e</sub>, si nota una tendenza alla diminuzione passando dalla zona apicale del conoide dell'Ombrone verso la media e bassa pianura. Particolarmente elevata è l'infiltrazione in corrispondenza del letto ghiaioso del fiume, nell'alta pianura; i valori più bassi si registrano in corrispondenza di fasce colluviali argillose al piede dei rilievi collinari meridionali ed occidentali.

#### **Soggiacenza della falda (S<sub>i</sub>)**

La soggiacenza è la distanza fra piano-campagna e tavola d'acqua (inteso come limite inferiore della zona non-satura) in morbida. Maggiore è la soggiacenza, maggiore è lo spessore della zona non satura e, quindi, minore è la vulnerabilità, dato che la maggiore intensità dei processi di attenuazione-degradazione degli inquinanti avvengono proprio in tale zona. Nella zona non satura, inoltre, la velocità di infiltrazione verticale è più bassa rispetto alle condizioni estreme di completa saturazione e, quindi, è anche più lento il moto degli inquinanti verso l'acquifero.

La soggiacenza è stata ricostruita a partire dalla campagna piezometrica effettuata per il presente lavoro. In particolare sono stati rilevati i livelli statici in 54 pozzi (alcuni dei quali fuori del territorio comunale) il 26 aprile 1996, in una situazione di morbida della falda, anche in considerazione delle precipitazioni primaverili.

Le misure freatiche eseguite sono state utilizzate per tarare il livello statico in altri 300 pozzi circa, misurati in campagne freatimetriche precedenti (Capecchi e Pranzini, 1986; Cargini e Pranzini, 1995). In pratica, le misure



### Permeabilità dell'acquifero (K)

È il fattore che sovrintende alla capacità di veicolazione-dispersione idrodinamica dell'inquinante. Un'elevata conducibilità idraulica rende elevati la velocità di propagazione dell'inquinante ed il coefficiente di dispersione: l'inquinante tende ad invadere ampie porzioni di acquifero in tempi relativamente brevi e, quindi, il grado di vulnerabilità è elevato. Generalmente tale potere di veicolazione dell'inquinante è legato alla litologia, per cui un acquifero ricco in matrice fine avrà una minore capacità di veicolazione non solo per una minore K ma anche per l'esplicarsi di processi autodepuranti (adsorbimento, biodegradazione), importanti per l'abbattimento del carico inquinante, dovuti alla matrice stessa ed alla sostanza organica.

La **K** assegnata all'acquifero è una media, pesata in relazione agli spessori, dei valori di K di ogni singola litologia acquifera. Il calcolo è applicato dal tetto del complesso acquifero fino alla base. La base, affinché sia definita, deve essere idrodinamicamente separata da un eventuale complesso acquifero sottostante; si ammette tale separazione se vi sono almeno 5 m di livello acquitardo o almeno 3 m di livello acquicludo interposti. Nel caso di complessi acquiferi con livelli acquitardi (inferiori a 5 m) od acquiclude (inferiori a 2 m) interposti, la K di questi ultimi concorre alla determinazione della **K** del complesso acquifero nel suo insieme.

La K è stata assegnata in base alle risultanze di prove di pompaggio effettuate nell'area, e nel resto del bacino del Valdarno Medio, ed in base alla composizione granulometrica dell'acquifero. Di fondamentale importanza sono risultate le prove effettuate presso i pozzi dell'acquedotto comunale all'ex Campo di Volo (Capecchi *et alii*, 1993).

Sono state distinte 5 classi:

- K superiore a  $2,5 \times 10^{-3}$  m/s (massimo  $5 \times 10^{-3}$  m/s) p. 7
- K compresa fra  $2,5 \times 10^{-3}$  e  $6,5 \times 10^{-4}$  m/s p. 5
- K compresa fra  $6,5 \times 10^{-4}$  e  $1,5 \times 10^{-4}$  m/s p. 4
- K compresa fra  $1,5 \times 10^{-4}$  e  $2,5 \times 10^{-5}$  m/s p. 3
- K compresa fra  $2,5 \times 10^{-5}$  e  $1,0 \times 10^{-6}$  m/s p. 2

Il peso moltiplicatore è 2.

I valori maggiori di K si rinvergono nella zona apicale del conoide e lungo una striscia posta a cavallo dell'Ombrone o, comunque, sub-parallela al suo corso; un'altra fascia analoga è in corrispondenza del paleo-alveo del Torrente Bure. Da notare una striscia ad elevata permeabilità che si allunga a Sud dell'attuale corso dell'Ombrone, da mettere in relazione con un paleo-

alveo del torrente stesso.

### **Spessore del primo acquifero ( $S_a$ )**

Sia DRASTIC che SINTACS non considerano lo spessore dell'acquifero come un fattore di vulnerabilità (solo il metodo ISIS, da considerarsi una evoluzione di SINTACS, lo considera; CIVITA, 1994). In entrambi questi metodi il contributo dell'acquifero alla determinazione del grado di vulnerabilità viene fornito dal fattore Conducibilità Idraulica (*Conductivity* in DRASTIC) e dal fattore Litologia (*Aquifer media* in DRASTIC). Riteniamo che tali 2 fattori, se presentati separatamente, siano una sorta di replica uno dell'altro, in quanto la  $K$ , a meno di non possedere misure dirette distribuite in tutto il territorio, è derivata dalla litologia.

Abbiamo preferito, pertanto, eliminare il fattore Litologia, sostituendolo con il fattore *spessore dell'acquifero*, in quanto fornisce una misura della capacità diluitiva del medesimo. È indubbio infatti che, nell'ipotesi di una contaminazione che perviene a due acquiferi con la medesima capacità di veicolazione dell'inquinante, l'effetto finale, cioè la concentrazione dell'inquinante nell'acqua, sarà inversamente proporzionale allo spessore dell'acquifero.

Nel caso di Pistoia questa scelta è ancora più giustificata, per la notevole escursione di valori che lo spessore dell'acquifero presenta nell'ambito del territorio indagato; si passa, infatti, da spessori superiori a 40 m in corrispondenza del depocentro dei depositi dell'Ombrone fino a meno di 2 m nei corpi macroclastici periferici minori.

Lo spessore è quello del primo acquifero, compreso fra il tetto del complesso acquifero fino alla base. La base, affinché sia definita, deve essere idrodinamicamente separata da un eventuale complesso acquifero sottostante; si ammette tale separazione se vi sono almeno 5 m di livello acquitardo o almeno 2 m di livello acquicludo interposti. Nel caso di livelli acquitardi od acquicludi intercalati al complesso acquifero, il loro spessore non viene considerato nel computo totale.

Per la zonazione dello spessore dell'acquifero sono stati utilizzati i vari dati di sottosuolo.

Sono state distinte 6 classi:

- $S_a$  inferiore a 2 m p. 10
- $S_a$  compreso fra 2 e 5 m p. 9
- $S_a$  compreso fra 5 e 10 m p. 7

- $S_a$  compreso fra 10 e 20 m p. 5
- $S_a$  compreso fra 20 e 40 m p. 4
- $S_a$  compreso fra 40 ed 80 m p. 2

Il peso moltiplicatore è 2.

Il peso indicato è basso rispetto al fattore precedente in quanto si è ritenuto che la veicolazione-dispersione dell'inquinante abbia un effetto maggiore, ai fini della vulnerabilità, rispetto alla dispersione.

La distribuzione areale dello spessore dell'acquifero rispecchia l'andamento della conducibilità idraulica; anche in questo caso si nota un evidente paleo-alveo che si estende verso Sud ben oltre il percorso attuale dell'Ombrone.

#### **Tempo d'arrivo al tetto del primo acquifero (T)**

Il tempo d'arrivo T è quello impiegato dall'acqua a percorrere, in condizioni di completa saturazione e alla scala di tutto l'affioramento (mesoscala), il percorso verticale fra il piano-campagna e il tetto del primo acquifero (non ci riferiamo quindi al valore relativo ad un campione da laboratorio di roccia o sedimento). Per acquifero, come già ricordato, si intende un livello non-pedogenizzato di origine naturale (non considerati riporti, suoli o livelli eluviali) di almeno 0,5 m di spessore con conducibilità idraulica alla mesoscala superiore a  $1 \times 10^{-6}$  m/s.

E' da ritenersi il principale fattore di vulnerabilità intrinseca (per infiltrazione verticale dell'inquinante) perché quantifica il grado di protezione del primo acquifero (Gargini & Pranzini, 1992). E' funzione di 3 grandezze: spessore, conducibilità idraulica verticale satura e porosità efficace dei livelli costituenti la zona di copertura sovrastante il primo acquifero.

Essendo il gradiente idraulico unitario, il tempo di arrivo T è dato dalla:

$$T = \frac{S \cdot m_e}{K_s}$$

con S = spessore della copertura sovrastante il primo acquifero,  $m_e$  = porosità efficace e  $K_s$  = conducibilità idraulica *satura* verticale della copertura. T è pertanto una misura, pur semplificata, del grado di protezione del primo acquifero. In tal modo lo spessore della copertura e la conducibilità idraulica danno luogo ad un unico parametro che li considera entrambi.

Si deve osservare che T non corrisponde al tempo di arrivo effettivo, in quanto è calcolato in condizioni di completa saturazione del terreno di coper-

tura, cosa che si verifica solo in alcuni periodi dell'anno. Esso rappresenta il tempo minimo teorico ed è quindi cautelativo, rappresentando lo scenario più sfavorevole.

Questo fattore sostituisce il fattore SINTACS *Non saturo* (effetto di auto-depurazione del). Questa variazione costituisce, a nostro avviso, un miglioramento sia di DRASTIC (fattore: *Impact of vadose zone*) sia di SINTACS, che tengono in conto solo della litologia dell'insaturo. Nel modo da noi prescelto, invece, non solo si tiene conto anche dello spessore e della effettiva conducibilità idraulica (stimata dalla litologia), ma si inseriscono nella valutazione anche i livelli di copertura che, pur se saturi in acqua (e quindi non appartenenti alla zona insatura), per caratteristiche composizionali non sono da considerare acquiferi e quindi, di fatto, "proteggono" a vario grado l'acquifero sottostante dall'infiltrazione di un inquinante.

L'assegnazione di un preciso valore di K ad ogni tipo litologico rinvenuto nella copertura è stata facilitata dall'effettuazione di numerose prove di permeabilità in situ realizzate negli anni passati, proprio nella pianura pistoiese (Gabbani *et alii*, 1990).

Sono state distinte 6 classi :

- T inferiore a 1 giorno p. 10
- T fra 1 e 7 giorni p. 9
- T fra 7 e 60 giorni p. 7
- T fra 60 e 365 giorni p. 5
- T fra 365 giorni e 3 anni p. 4
- T fra 3 anni e 20 anni p. 2

Il peso moltiplicatore è 5.

La classe a punteggio 1 (T maggiore di 20 anni) non è nella graduatoria dato che non è presente nel territorio investigato, dove si raggiunge un valore massimo di 13 anni; i tempi superiori a 60 giorni (tempo medio di degrado di inquinanti microbiologici) sono tutti inseriti nella metà inferiore della scala.

La carta tematica ottenuta presenta i valori di tempo d'arrivo più alti in corrispondenza della porzione apicale del conoide principale ed in aree prossime al corso dell'Ombrone (tranne per la parte della bassa pianura), in relazione alla bassa soggiacenza dell'acquifero. Da evidenziare la presenza di bassi valori in corrispondenza del vecchio corso della Bure. Di contro, i valori maggiori si rinvengono in corrispondenza delle porzioni meridionale ed orientale del territorio investigato, dove vi è il maggior spessore (fino a 20 m)

di depositi limo-argillosi sovrastanti il primo acquifero.

#### **Valutazione dell'indice complessivo di vulnerabilità**

L'indice complessivo di vulnerabilità  $I_v$  per ciascun EFQ (Elemento Quadrato Finito) della griglia è dato dalla seguente:

$$I_v = \sum_{i=1}^7 p_i \times pm_i$$

dove  $p_i$  è il punteggio di ogni  $i$ -esimo fattore e  $pm_i$  è il peso moltiplicatore del medesimo fattore.

L'indice di vulnerabilità, calcolato come sopra, rientra in una scala di valori teorici, compresi fra un minimo di 26 e un massimo di 260, che l'indice potrebbe assumere in tutte le possibili situazioni idrogeologiche, comprese anche quelle non rientranti nell'area oggetto di studio. Questa scala è stata suddivisa in 6 intervalli di ampiezza non uguale; ad ogni intervallo corrisponde un grado di vulnerabilità, da estremamente elevato a molto basso.

- Grado molto basso: 26-80
- Grado basso: 81-105
- Grado medio: 106-140
- Grado alto: 141-186
- Grado molto alto: 187-210
- Grado estremamente elevato: 211-260

Questa suddivisione allarga l'ampiezza delle due classi estreme sulla base della distribuzione, verificata da Civita (1994), delle situazioni di vulnerabilità areali esistenti in Italia.

## **La Carta della vulnerabilità**

### **Procedure di elaborazione**

Da un punto di vista strettamente procedurale il percorso seguito si può riassumere nei seguenti punti:

- a) acquisizione dei dati di partenza (tematismi)
- b) elaborazione della sovrapposizione dei tematismi
- c) interpretazione dei risultati ottenuti
- d) allestimento delle carte per la stampa

#### *a) Acquisizione dei dati di partenza*

I sette tematismi erano in origine su supporto cartaceo, in scala 1:10.000. E' stato pertanto necessario procedere all'acquisizione informatica dei dati. L'acquisizione è stata fatta mediante digitizer utilizzando il programma AutoCAD. In pratica sono stati ripercorsi i limiti delle aree distinte nelle sette carte tematiche, in modo da delimitare delle aree all'interno di ciascuna delle quali è stato riportato, come testo, il valore della classe di appartenenza.

Una volta riportati i tematismi su calcolatore come semplici disegni, si è provveduto alla creazione della topologia. In pratica, mentre nel disegno di AutoCAD ogni area si riconosce perché delimitata da delle linee e contraddistinta da un testo (classe di appartenenza), una volta creata la topologia, la stessa area esiste come entità a se stante ed a ciascun punto di essa è associato il valore della classe di appartenenza, indipendentemente dalla presenza, sul disegno, dei limiti e del testo. Questa operazione è stata eseguita utilizzando il programma ArcCAD per AutoCAD.

#### *b) Elaborazione della sovrapposizione dei tematismi*

Come spiegato in precedenza, il metodo SINTACS prevede la sovrapposizione di sette tematismi, ciascuno dei quali diviso in un numero variabile di classi. A ciascun tematismo è stato assegnato un peso e a ciascuna classe un punteggio. La sovrapposizione dei sette tematismi porta a suddividere il territorio in aree caratterizzate da un determinato valore, risultante dalla somma dei sette prodotti (punteggio\*peso) che per ciascun tematismo sono stati attribuiti a quella particolare area.

Per eseguire questa operazione e tutte le successive, fino alla stampa, si è utilizzato il software ArcView GIS, che è in grado di leggere i dati che escono da ArcCAD.

Poiché ArcView è in grado di eseguire la sovrapposizione di non più di due tematismi alla volta, il risultato finale è stato ottenuto per passi successivi. In pratica è stata fatta la sovrapposizione dei primi due tematismi. Il tematismo risultante è stato sovrapposto al terzo e così di seguito, fino ad ottenere la sovrapposizione dei sette tematismi. Il tematismo finale così ottenuto è costituito da 4479 aree ed è caratterizzato da una tabella in cui ciascun record rappresenta un'area derivante dalla sovrapposizione. Ciascuna colonna riportata invece il valore di un particolare attributo per ciascuna area. Per maggior chiarezza, poco più avanti è riportato un esempio della tabella.

Una parte delle colonne della tabella (le prime quattro a sinistra) sono create automaticamente dal programma. Esse rappresentano superficie e perimetro delle aree e dei codici univoci con cui il programma contraddistingue tutte le aree.

Oltre a queste, per ogni tematismo di partenza ci sono due colonne: in una è riportato il nome della classe di appartenenza (in pratica il testo riportato durante la digitalizzazione all'interno di ogni areale) e nell'altra il valore del punteggio corrispondente.

A questo punto è stata aggiunta alla tabella una nuova colonna alla quale è stata applicata la formula "somma (punteggio\*peso)" attingendo, per i valori dei punteggi, dai dati presenti per ciascun record nelle varie colonne e immettendo il valore del peso direttamente nella formula come costante. L'intervallo dei valori ottenuti varia da un minimo di 127 un massimo di 240.

Quest'ultima colonna è quella alla quale deve essere applicata la suddivisione in classi per ottenere la zonazione di vulnerabilità. Questa fase procedurale è descritta al punto successivo.

### *c) Interpretazione dei risultati ottenuti e conseguenti modifiche*

Nel metodo SINTACS l'intervallo dei valori può variare da un minimo di 26 a un massimo di 260, dato che la somma dei pesi deve essere 26. In base a ciò è stata utilizzata la seguente suddivisione in classi, leggermente modificata rispetto a quella proposta da Civita:

<b>Grado di vulnerabilità</b>	<b>Intervallo di valori</b>
estremamente elevato	205-260
molto alto	170-204
alto	141-169
medio	106-140
basso	81-105
molto basso	26-80

Come detto, nella pianura di Pistoia la sovrapposizione dei punteggi ha portato all'individuazione di 4479 aree con punteggio diverso: si va da un minimo di 127 a un massimo di 240. Pertanto le due classi inferiori (grado basso e grado molto basso) non compaiono nella carta risultante.

L'accorpamento delle varie aree nelle classi sopra definite ha dato come risultato una carta caratterizzata dalla presenza di numerose aree di superficie assai piccola, che spiccano perché caratterizzate da un grado di vulnerabilità diverso rispetto alle zone circostanti. Ciò è la conseguenza dell'estremo dettaglio con cui sono state redatte le sette carte tematiche e della necessità, imposta dal metodo, di attribuire i punteggi in maniera discreta e non continua. Di fatto, queste aree risultano non significative alla scala di lavoro utilizzata.

La prima modifica che pertanto è sembrato opportuno apportare è stata quella di assegnare a queste piccole aree lo stesso grado di vulnerabilità delle aree circostanti.

Per lo stesso motivo è stata eseguita una "pulitura" sui limiti delle aree risultanti addolcendo, quando opportuno, gli spigoli particolarmente acuti.

Sono state inoltre apportate poche altre modifiche, a livello locale, strettamente legate a situazioni idrogeologiche locali.

La carta derivante dall'applicazione delle suddette modifiche costituisce la carta della vulnerabilità intrinseca della pianura.

#### *d) Allestimento delle carte per la stampa*

L'allestimento delle carte per la stampa è stato eseguito con ArcView GIS, cioè con lo stesso programma utilizzato per la elaborazione della sovrapposizione.

Come prima cosa sono stati scelti per tutti i tematismi i colori/retinature, tenendo presente le variazioni di colore derivanti dall'utilizzo di plotter e driver diversi. Per i tematismi puntuali è stato necessario scegliere sia la simbologia da utilizzare, sia la scala di rappresentazione per tale simbologia.

A questo punto si è passati alla fase di montaggio vero e proprio delle carte da stampare. Tale operazione consiste nell'assemblare, su un foglio di carta virtuale (layout), tutti gli elementi desiderati alla scala stabilita. È stata infine aggiunta la copertina, cioè l'intestazione della carta. A questo punto il layout è stato inviato al plotter.

Allo stesso modo si è operato per l'allestimento delle altre carte stampate.

Come detto, la scala della vulnerabilità proposta da Civita (1994) è stata

leggermente modificata, sia nei valori di separazione delle singole classi che nella valutazione qualitativa del grado di vulnerabilità, per adattarla alla situazione della pianura pistoiese. In particolare, considerando che nella zona studiata l'indice di vulnerabilità è compreso fra i valori di 127 e 240, sono state distinte le seguenti classi:

- vulnerabilità molto alta    indice compreso fra 206 e 240
- vulnerabilità alta            indice compreso fra 170 e 205
- vulnerabilità media         indice compreso fra 141 e 169
- vulnerabilità bassa         indice compreso fra 127 e 140

Il cambiamento dei limiti fra le classi è giustificato dall'esigenza di fornire una zonazione di maggiore dettaglio in un'area piuttosto omogenea dal punto di vista idrogeologico. La variazione dei termini che indicano la valutazione qualitativa della vulnerabilità è suggerita dalla considerazione che, a nostro parere, le valutazioni proposte dal Civita sono eccessivamente cautelative e non trovano corrispondenza nella effettiva vulnerabilità delle falde. Ad esempio, non ci sembra condivisibile assegnare una vulnerabilità media ad una situazione che prevede un tempo minimo di arrivo in falda superiore a tre anni, come nel caso dell'indice SINTACS inferiore a 105.

#### **La zonazione di vulnerabilità**

La *Carta della Vulnerabilità* (All. 2) deriva dalla semplificazione della Carta risultante dalla sovrapposizione dei sette tematismi considerati. Tale semplificazione consiste solo nell'aver eliminato le unità areali di dimensioni non significative e nell'aver aggiustato piccoli particolari sulla base di elementi topografici e idrogeologici locali.

I dati di base utilizzati per la restituzione cartografica dei sette tematismi sono stati abbastanza numerosi e di densità tale da permettere una ricostruzione attendibile della distribuzione areale dei vari parametri; particolarmente numerosi sono stati i dati litostratigrafici di sottosuolo e i punti di controllo della superficie freatica. I valori relativi ai sette tematismi sono stati rilevati nel periodo ottobre 1995-marzo 1996; sono comunque ancora validi in quanto i parametri considerati non sono soggetti a significative variazioni nel tempo. Anche la soggiacenza della superficie freatica, che è il parametro teoricamente più soggetto a variazioni, in relazione al diverso grado di sfruttamento degli acquiferi, ai cambiamenti climatici ed ai cambiamenti del tasso d'infiltrazioni collegati ai diversi usi del territorio, nella pianura Pistoia non ha subito, negli ultimi 15-20 anni, modificazioni sostanziali. Il metodo SIN-

TACS e i software utilizzati per la restituzione dei dati permettono comunque l'aggiornamento periodico che si rendesse necessario a seguito di acquisizione di nuovi dati che modifichino in maniera sensibile lo scenario rilevato.

Risultano evidenti le seguenti situazioni:

- I corsi d'acqua sono sempre in connessione più o meno diretta con il primo acquifero; i loro alvei devono pertanto essere considerati a vulnerabilità molto alta, anche se spesso le loro ridotte dimensioni non hanno permesso una distinzione con i terreni adiacenti.
- La vulnerabilità più elevata è concentrata nella zona nord-est della pianura, intorno alla città di Pistoia. Coincide con le aree dei conoidi dell'Ombrone, Brana e Bure, dove i sedimenti fluviali si sono depositati in ambiente di alta energia, dando luogo ad acquiferi di permeabilità e spessori elevati con coperture modeste e comunque relativamente permeabili.
- La porzione sud-ovest della pianura è caratterizzata da valori medi di vulnerabilità e, limitatamente ad aree di modesta estensione nella zona di Bottegone, da vulnerabilità bassa. Si tratta in gran parte di aree di bassa pianura con depositi a granulometria fine, prevalentemente nel campo dei limi e delle argille, con coperture degli acquiferi a bassa permeabilità e di spessore consistente.
- A sud della città di Pistoia, nella zona di Ramini-Masiano, si identifica un "canale" di alta vulnerabilità nella zona di bassa pianura. Viene interpretato come una fascia a maggior permeabilità collegata ad un paleo-alveo dell'Ombrone; questa ipotesi è confermata dai dati relativi allo spessore ed alla permeabilità dell'acquifero (All. 1).
- Nella zona dell'ex-campo di volo e di San Pantaleo, dove sono ubicati i pozzi dell'acquedotto comunale e dove ai lati dell'Ombrone è documentata la presenza di un acquifero superficiale di spessore e permeabilità notevoli, la vulnerabilità non raggiunge i valori massimi perché il pompaggio continuo determina un aumento della soggiacenza della superficie freatica e quindi un aumento dei tempi di arrivo in falda di un eventuale inquinante sversato in superficie. In altri termini, in questa zona il valore della vulnerabilità è un valore indotto in diminuzione dall'azione del pompaggio dei pozzi; bisogna tener conto che una cessazione o anche attenuazione del pompaggio determinerà un rialzamento immediato della falda con conseguente aumento della vulnerabilità. Un ruolo non secon-

dario lo gioca anche l'elevato spessore dell'acquifero (si ricorda che uno spessore alto dell'acquifero comporta una minore vulnerabilità della falda).

### ***Alcuni criteri per l'utilizzazione della Carta***

Per la pianificazione territoriale la Carta della Vulnerabilità può essere utilizzata per diversi scopi:

1. ubicazione ottimale delle infrastrutture potenziali fonti d'inquinamento al fine di limitare l'impatto ambientale relativo alle acque di sottosuolo;
2. imposizione di vincoli sull'uso del suolo ai fini produttivi;
3. regolamentazione dei criteri progettuali da considerare per insediamenti e attività produttive.

Per quanto riguarda il punto 1, si fa riferimento ad infrastrutture quali discariche, cimiteri, stoccaggi di materiali tossici o nocivi, impianti di depurazione e quanto altro può essere considerato fonte di possibile rilascio di sostanze inquinanti delle falde idriche.

Per il punto 2 si fa l'esempio dell'eventuale divieto d'uso di sostanze chimiche in agricoltura, in aree ad alta vulnerabilità e con acquiferi sfruttati ai fini idropotabili.

Infine, per il punto 3, ci si riferisce non al divieto di insediamenti o attività produttive, ma alla possibilità di imporre, in fase di previsione prima e di progetto poi, vincolistiche di grado crescente in relazione al grado di vulnerabilità delle falde. Per fare solo un esempio, qualora un insediamento industriale venga ubicato, per esigenze diverse, in un'area a vulnerabilità non bassa, la progettazione degli interventi di salvaguardia delle acque sotterranee dovrebbe prevedere interventi commisurati al grado di vulnerabilità.

Nel territorio pistoiese, la Carta di Vulnerabilità presentata può essere certamente utilizzata per gli scopi di cui ai punti 1 e 3. Si tenga però conto del fatto che nella pianura non ci sono condizioni di vulnerabilità tanto bassa da localizzare infrastrutture potenzialmente inquinanti senza accorgimenti di salvaguardia.

Per quanto riguarda invece l'eventuale imposizione di vincoli generalizzati, di cui al punto 2, si deve tenere presente che la classificazione del territorio effettuata, pur derivando da una serie di dati numerosi ed affidabili, è comunque il risultato dell'interpolazione di dati puntuali; pertanto, il grado di vulnerabilità di due aree contigue di classe diversa potrebbe non risultare, alla verifica puntuale, così diverso da giustificare l'imposizione o meno di vincoli.

## ***Il problema dei teli per vasetteria***

Nella convenzione di incarico è precisato che nell'ambito dello studio per l'elaborazione della Carta della Vulnerabilità dovevano essere valutati gli effetti dei teli impermeabilizzanti usati nell'attività vivaistica sui rapporti fra le acque superficiali e quelle sotterranee, con lo scopo di verificare se la messa in opera di questi teli possa determinare un incremento del rischio di inquinamento della falda.

Riguardo a questo problema occorre tener presente quanto segue :

- nei vivai pistoiesi sono in uso teli impermeabilizzanti di diversa tipologia: varia lo spessore e quindi la resistenza alla lacerazione ed alcuni sono semipermeabili, tanto da permettere in buona misura l'infiltrazione delle acque. Anche le modalità della messa in opera sono diverse: talora sono semplicemente appoggiati sul terreno, tanto da essere soggetti a lacerazioni su superfici molto vaste, altre volte sono coperti da uno strato di ghiaia con lo scopo di ridurre l'assorbimento solare e di proteggere il telo da rotture di ogni genere.

La diversa tipologia dei teli e le diverse modalità di messa in opera determinano differenze notevoli sulla capacità impermeabilizzante. Non si conosce la distribuzione delle superfici coperte dai teli di vario tipo; esistono solo delle stime globali riferite, tra l'altro, all'intera pianura dell'Ombrone, comprendente anche i comuni di Montale, Agliana, Quarrata e Serravalle. L'Amministrazione comunale dovrebbe provvedere ad un rilevamento più completo possibile, così come è previsto nella convenzione di incarico; quando saranno disponibili i dati di questo censimento si potrà tentare una valutazione dell'impatto delle coperture impermeabili sulle acque sotterranee.

Allo stato attuale si possono fare le seguenti considerazioni:

- Lo studio globale dell'impatto dei teli impermeabili non riguarda soltanto l'effetto che possono avere sulla vulnerabilità delle acque sotterranee, ma dovrebbe estendersi anche alla valutazione degli impatti su altri parametri di carattere agrotecnico, idrogeologico e idraulico, quali la conservazione delle caratteristiche agronomiche dei suoli, la ricarica naturale delle falde, il coefficiente di deflusso.
- Il danno al suolo a causa dei ridotti scambi con l'atmosfera è certamente esistente, ma attualmente, in mancanza di studi specifici, non può essere valutato. Si tratta probabilmente di un danno temporaneo: la microfauna

batterica e la fertilizzazione naturale assicurata dalla vegetazione, ridotte o eliminate del tutto dalla copertura, possono essere, a nostro avviso, ripristinate in tempi ragionevoli, una volta rimossi i teli, con normali operazioni di aratura. A questo proposito, comunque, riteniamo opportuno che l'Amministrazione acquisisca pareri più documentati da parte di esperti agronomi e pedologi.

- È evidente che la copertura con teli impermeabili incide sull'infiltrazione delle acque e sul coefficiente di deflusso, diminuendo i tempi di corrivazione delle acque piovane. Per valutare se l'alterazione di questi parametri può determinare un impatto significativo sulla situazione idrogeologica e idraulica dell'intera pianura pistoiese è indispensabile conoscere in dettaglio l'entità e la distribuzione delle superfici coperte e le caratteristiche degli impianti.
- Per quanto riguarda l'effetto sulla vulnerabilità delle acque sotterranee, scopo del presente studio, si può per il momento osservare che le coperture impermeabili diminuiscono l'infiltrazione efficace che, come visto, è uno dei fattori di vulnerabilità intrinseca, e quindi in teoria dovrebbero agire nel senso di proteggere le acque sotterranee. C'è, però, da tener presente che un eventuale inquinante veicolato dalle acque piovane o di irrigazione viene immesso, concentrato, nei fossi di scolo da dove si infiltra nel sottosuolo a partire da una quota di 50-80 centimetri più bassa di quella del suolo agrario, senza quindi essere depurato dallo strato di terreno superficiale areato e più ricco di sostanze biologiche, dove sono più forti i processi di degradazione. Possiamo quindi ritenere che ad una diminuita vulnerabilità nelle aree coperte dai teli corrisponda una maggiore vulnerabilità ed un maggior rischio di inquinamento da fitofarmaci in corrispondenza dei fossi di scolo.

Negli ultimi anni, anche a seguito di normative inserite nel Regolamento edilizio comunale, si sta estendendo negli impianti di vasetteria la pacciamatura con teli permeabili, i così detti "teli antialga". Questo tipo di telo lascia filtrare una portata certificata di 8 l/sec/mq, corrispondente ad una permeabilità di  $8 \times 10^{-3}$  m/sec, certamente superiore alla permeabilità del suolo in qualsiasi punto della pianura pistoiese. Ne deriva che l'utilizzo del telo permeabile non può di per sé alterare gli scambi idrici fra la superficie e il sottosuolo, diventando ininfluyente per quanto riguarda l'infiltrazione delle acque e i valori del coefficiente di deflusso e dei tempi di corrivazione delle acque piovane.

La valutazione dell'impatto dei teli, impermeabili o permeabili che siano, rappresenta comunque un problema di difficile soluzione dal punto di vista teorico, che, a nostro parere, deve necessariamente passare per una fase di sperimentazione. Un programma di sperimentazione sul territorio dovrebbe permettere di acquisire dati sull'infiltrazione sotto e fuori telo e sulle modalità di diffusione nel sottosuolo delle sostanze chimiche utilizzate in agricoltura, mediante la messa in opera di sensori capaci di misurare in continuo il grado di saturazione del terreno.

Riteniamo però opportuno, per prima cosa, chiarire un equivoco che ci sembra presente ogni volta che si discute il problema e cioè: si vuole valutare l'impatto dei teli di pacciamatura che di solito sono parte integrante di un impianto di vasetteria o si vuole più in generale valutare la pratica stessa della vasetteria che in teoria può anche fare a meno del telo di pacciamatura? Nel primo caso si ritiene che l'uso dei teli permeabili risolva totalmente o comunque in gran parte il problema; nel secondo caso la questione diventa molto più complessa ed investe parametri di valutazione al di fuori della presente ricerca, di carattere urbanistico, progettuale, agronomico, economico ecc.

## BIBLIOGRAFIA

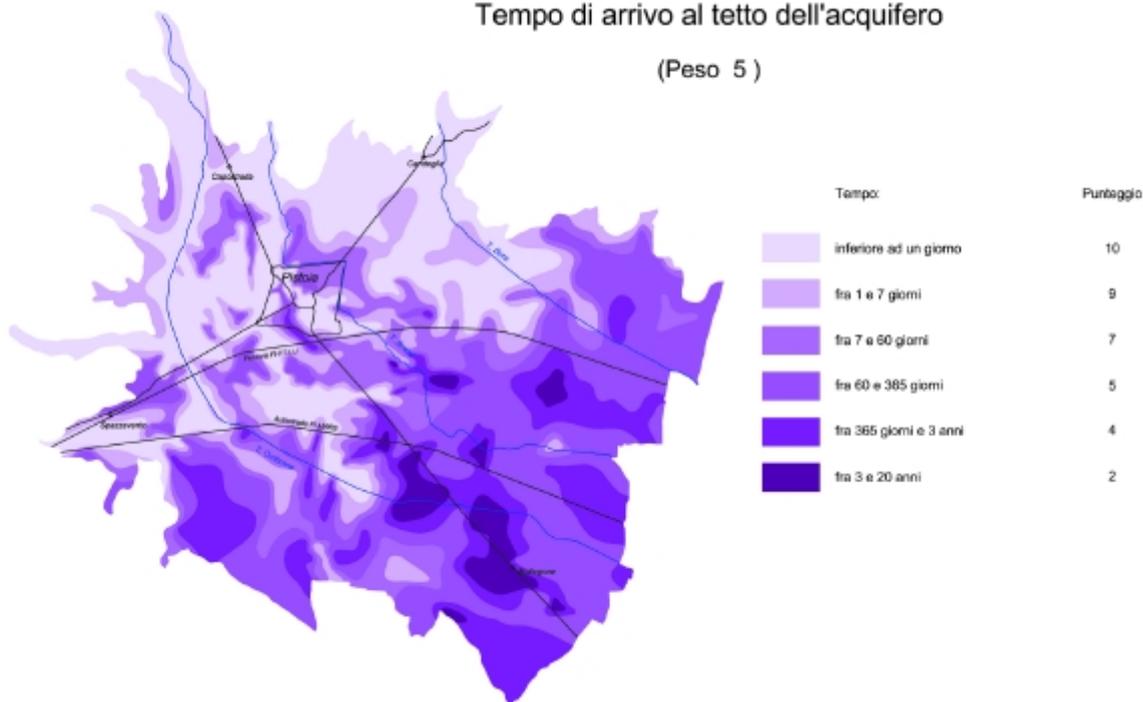
- L. Aller., T. Bennet, I.H. Leher, R.J. Perty e G. Hachett (1987) - *DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings*. NWW A/EPA Series, EPA 600/2-87-035.455.
- G.P. Beretta, L. Fumagalli, G. Gabbani e G. Pranzini (1993) - *Vulnerability of the groundwater resources in the Pistoia Plain Tuscany, Italy: a preliminary investigation using the herbicide 2,4-D*. Proc. IX Symp. Pesticide Chemistry, Piacenza, 11-13 Oct. 1993, Ed. Biagini, Lucca.
- F. Capecchi & G. Pranzini (1986) - *Studi geologici e idrogeologici nella pianura di Pistoia*. Boll. Soc. Geol. Ital., CIV (4), 1985, 601-620
- F. Capecchi, G. Guazzone e G. Pranzini (1976) - *Gli acquiferi profondi fra Firenze e Pistoia*. Boll. Ingegn. della Prov. di Firenze, 1975 (12)
- F. Capecchi, G. Gabbani, A. Gargini e G. Pranzini (1993) - *Parametrizzazione idrodinamica ed idrodispersiva con prove di pozzo dell'acquifero alluvionale Pistoiese*. Geologia Applicata ed Idrogeologia, XXVIII, pp.201-210
- M. Civita (1994) - *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica*. Pitagora Ed. Bologna.
- G. Gabbani, A. Gargini e G. Pranzini (1990) - *Un nuovo metodo di valutazione della vulnerabilità all'inquinamento di un acquifero*. Atti 1 Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee. Modena, 20-22 Set. 1990.
- A. Gargini & G. Pranzini (1995) - *Map of protection against pollution of aquifers in the Middle Valdarno (Florence-Prato-Pistoia plain)*. Con Carta 1 :50.000. Proc. 76th Summer Meeting of the " Società Geologica Italiana" The Northern Apennines. The Basin Planning. Mem. Soc. Geol. It., **48**, 923-928..

**Allegati  
parte seconda**

# ALLEGATO 1 - TEMATISMI UTILIZZATI PER LA REDAZIONE DELLA CARTA DELLA VULNERABILITÀ INTRINSECA (METODO S.I.N.T.A.C.S.)

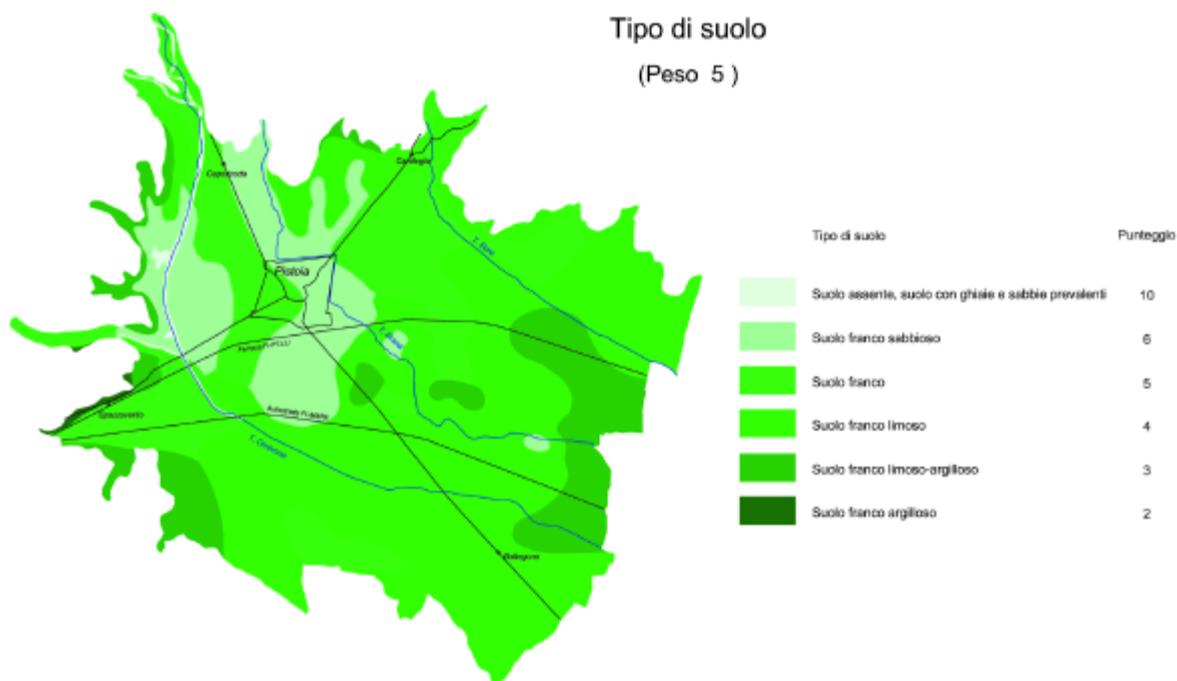
## Tempo di arrivo al tetto dell'acquifero

(Peso 5)

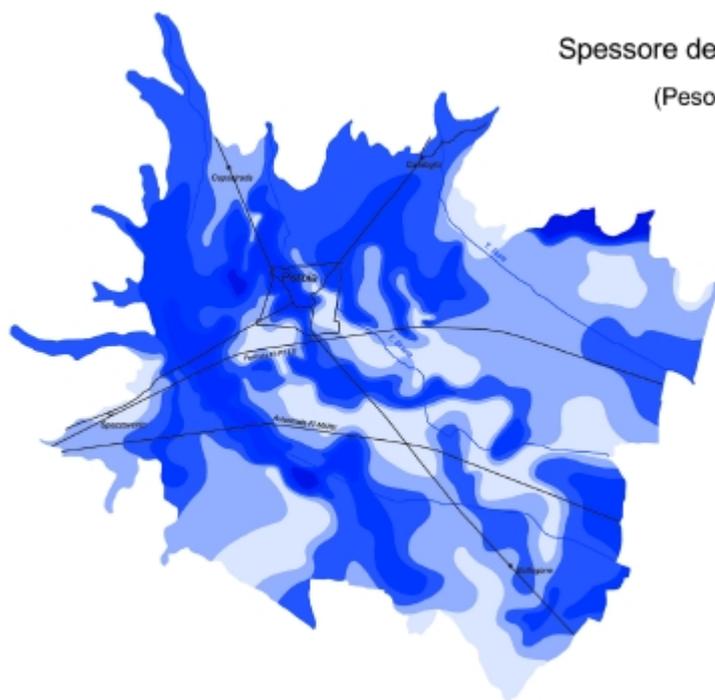


## Tipo di suolo

(Peso 5)

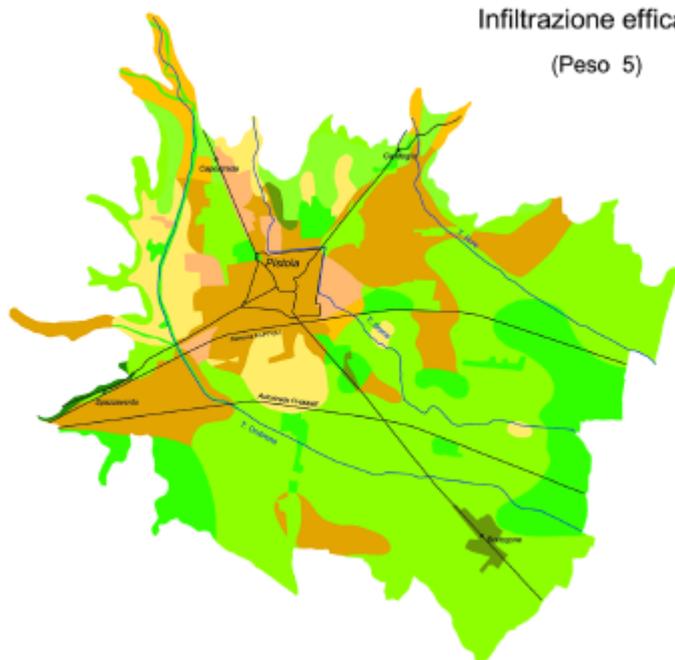


## Spessore dell'acquifero (Peso 2)



Spessore	Punteggio
inferiore a 2 m	10
compreso fra 2 e 5 m	9
compreso fra 5 e 10 m	7
compreso fra 10 e 20 m	5
compreso fra 20 e 40 m	4
compreso fra 40 e 80 m	2

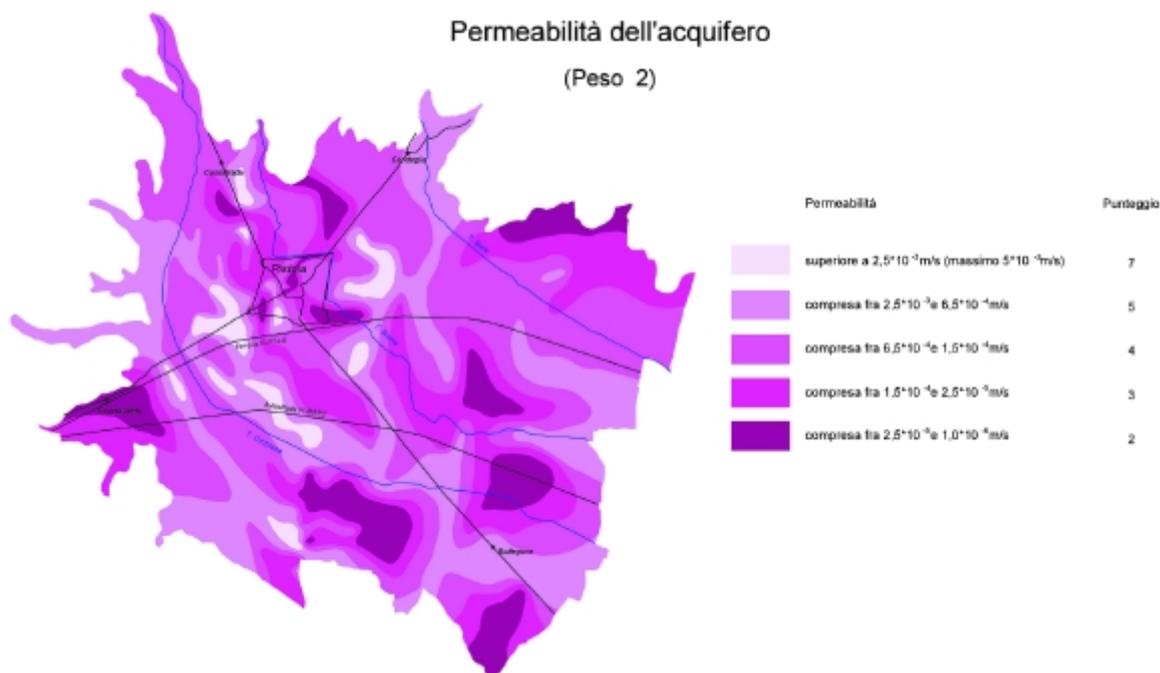
## Infiltrazione efficace (Peso 5)



Infiltrazione efficace	Punteggio
compresa fra 320 e 230 mm	10
compresa fra 230 e 200 mm - compresa fra 320 e 360 mm	9
compresa fra 200 e 170 mm - compresa fra 350 e 375 mm	8
compresa fra 170 e 140 mm - compresa fra 375 e 400 mm	7
compresa fra 140 e 120 mm - compresa fra 400 e 430 mm	6
compresa fra 120 e 90 mm - compresa fra 430 e 500 mm	5
compresa fra 90 e 70 mm - superiore a 500 mm	4
compresa fra 70 e 50 mm	3
compresa fra 50 e 25 mm	2
inferiore a 25 mm	1

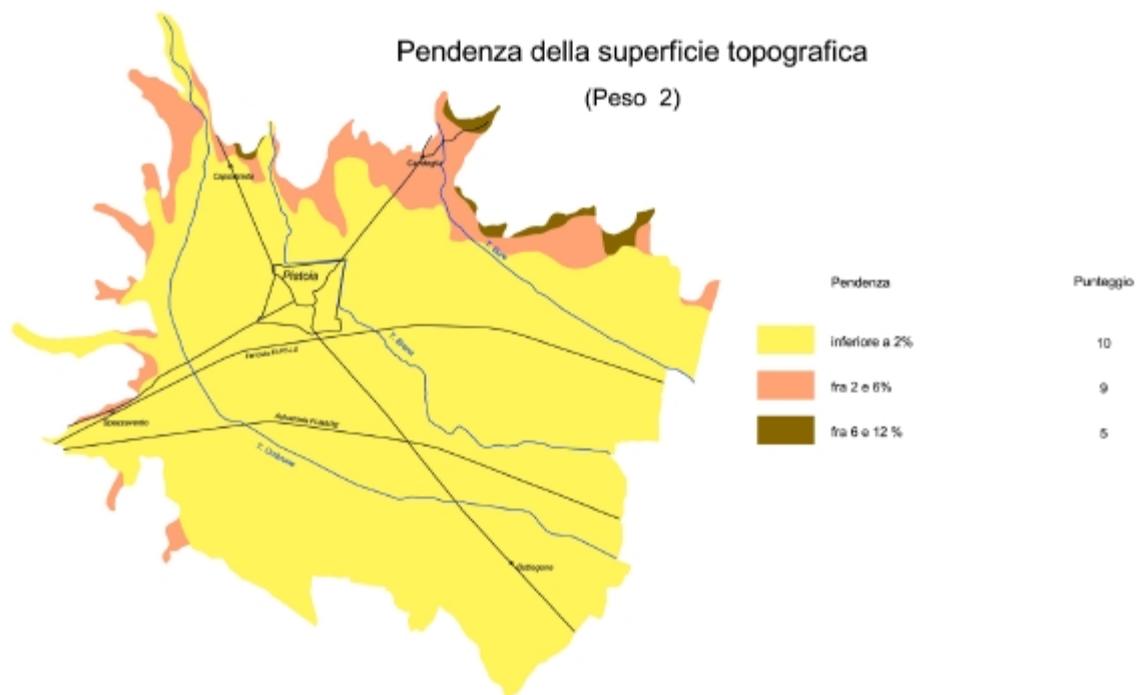
## Permeabilità dell'acquifero

(Peso 2)



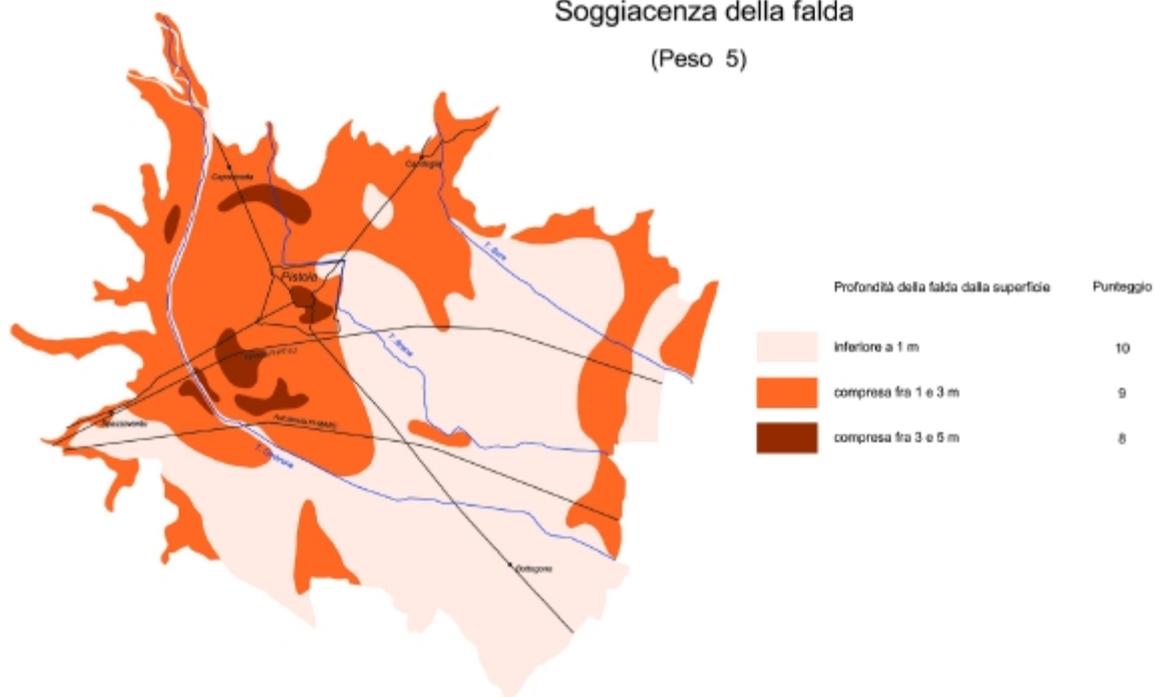
## Pendenza della superficie topografica

(Peso 2)



## Soggiacenza della falda

(Peso 5)

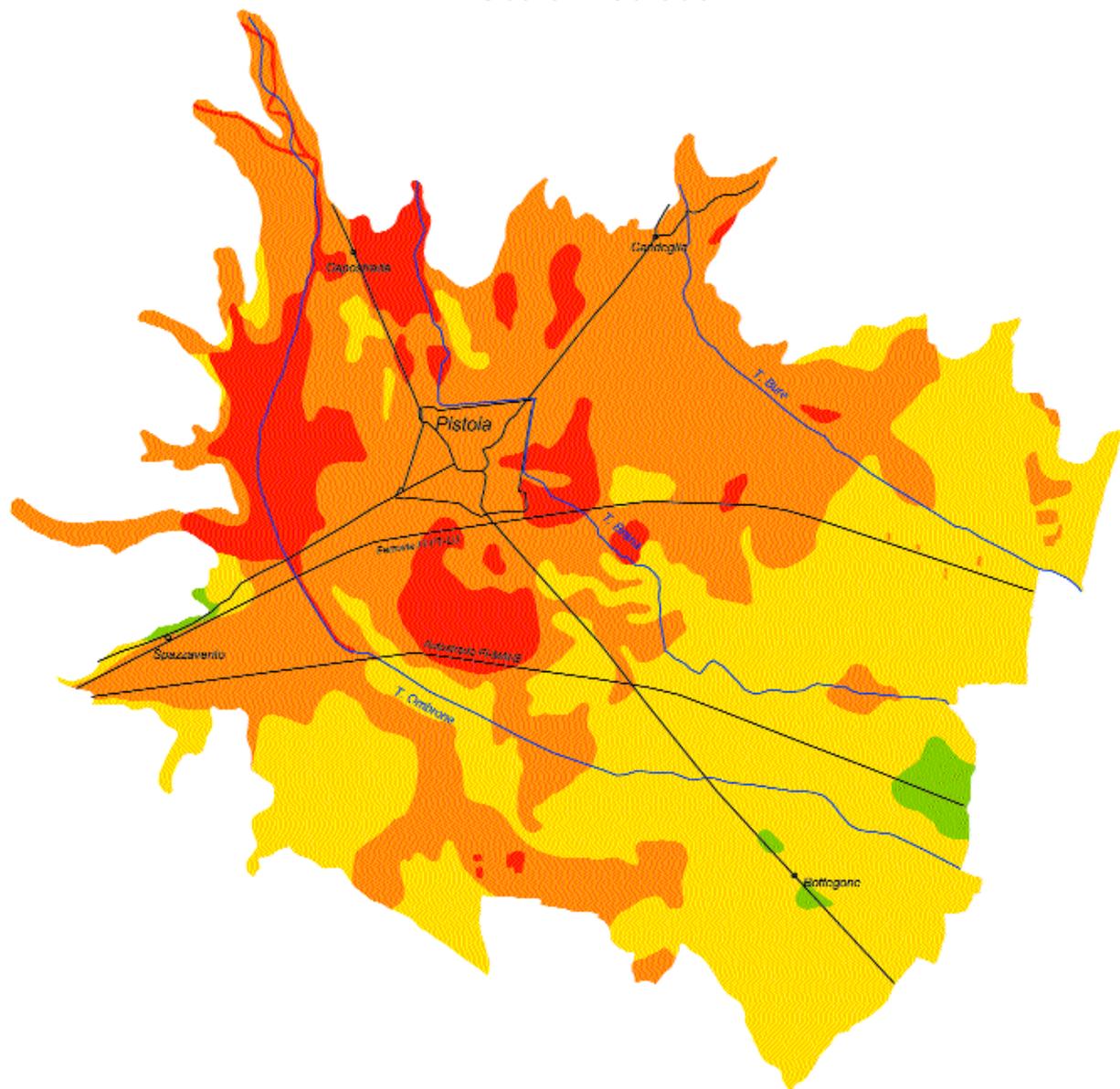




Comune di Pistoia

# VULNERABILITA' INTRINSECA DELLA PIANURA

Scala 1:50.000



## VULNERABILITA'

La vulnerabilità intrinseca delle falde idriche rappresenta la suscettibilità degli acquiferi ad assorbire e diffondere inquinanti e dipende dalle sole caratteristiche naturali del sistema idrogeologico: clima, pedologia, geologia, idrogeologia, topografia.

La zonazione di vulnerabilità deriva dalla carta di vulnerabilità intrinseca ottenuta applicando il metodo S.I.N.T.A.C.S., rispetto alla quale sono state eliminate le unità areali di dimensioni non significative, tenendo anche conto di particolari situazioni idrogeologiche e topografiche locali.

	Puntaggio SINTACS	Descrizione
	206 - 240	<p><b>VULNERABILITÀ MOLTO ALTA</b>                      Acquiferi con permeabilità elevata prossimi alla superficie topografica (&lt;2-3 m), non protetti dal terreno di copertura costituito da sabbia-limosa di permeabilità media. Un eventuale inquinante sversato in superficie raggiunge la falda in un tempo minimo (in condizioni di saturazione del terreno) di uno-tre giorni. Inquinamento della falda possibile anche da parte di inquinanti di rapida degradabilità.                      Aree con falda freatica affiorante (laghi di escavazione) ed alvei fluviali in diretto rapporto con la falda.</p>
	170 - 205	<p><b>VULNERABILITÀ ALTA</b>                      Acquiferi con permeabilità da alta a medio-alta con copertura limoso-sabbiosa (a permeabilità medio-bassa) di spessore superiore a m 3 o con copertura limoso-argillosa (permeabilità bassa) di modesto spessore (&lt; 2-3 m). Tempo minimo di arrivo alla falda di un inquinante sversato in superficie compreso fra tre e sessanta giorni. Inquinamento dell'acquifero possibile anche da parte di inquinanti di media degradabilità sversati in superficie.</p>
	141 - 169	<p><b>VULNERABILITÀ MEDIA</b>                      Acquiferi protetti da terreni di copertura da limoso-sabbiosi a limoso-argillosi ("panconc") a permeabilità da medio-bassa a bassa, di spessore non inferiore a m 5. Tempo minimo di arrivo in falda di un inquinante compreso fra sessanta giorni o tre anni. Possibilità di inquinamento dello faldo da parte di inquinanti di bassa e media degradabilità solo se sversati in quantità o con continuità.</p>
	127 - 140	<p><b>VULNERABILITÀ BASSA</b>                      Acquiferi a profondità superiore a m 10, protetti da coperture prevalentemente argillose a bassa permeabilità. Tempo minimo di arrivo in falda di un inquinante sversato in superficie superiore a tre anni. Scarse possibilità di inquinamento anche per inquinanti di alta persistenza.</p>