



**ANPA**

Agenzia Nazionale per la  
Protezione dell'Ambiente

# I prodotti fitosanitari in agricoltura

---

**Indagine sui consumi e previsione del rischio  
ambientale in un comprensorio agricolo  
dell'alto viterbese**

### **Informazioni legali**

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

#### **Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente**

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma  
Dipartimento Rischio Tecnologico e Naturale  
[www.anpa.it](http://www.anpa.it)

© ANPA, Rapporti 17/2002

ISBN 88-448-0060-8

#### **Elaborazione grafica:**

ANPA, Immagine

*Grafica di copertina: Franco Iozzoli*

*Foto di copertina: Paolo Orlandi*

#### **Coordinamento tipografico**

ANPA, Dipartimento Strategie Integrate Promozione e Comunicazione

#### **Impaginazione e stampa**

I.G.E.R. srl - Viale C. T. Odiscalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare nel mese di settembre 2002

**Autori**

Giulio Marchi (borsista ANPA), Pietro Paris, Luigi Vincenzotti (Anpa)

*Si ringrazia il Consorzio Cooperativo Ortofrutticolo Alto Viterbese (CCORAV) di Grotte di Castro (VT) per aver messo a disposizione le registrazioni dei trattamenti per la coltivazione della patata, i dati delle analisi pedologiche dei suoli della zona e l'assistenza tecnica che hanno reso possibile lo studio.*

## Sommario

Il documento riporta i risultati di uno studio condotto su un'area agricola campione dell'Alto Lazio. Lo studio utilizza i dati delle registrazioni dei trattamenti fitosanitari (quaderno di campagna) istituite da un consorzio di produttori agricoli della zona. Nella prima parte ci sono i risultati dell'indagine sull'impiego dei prodotti fitosanitari con l'individuazione delle sostanze attive utilizzate e dei carichi sul territorio. Nella seconda c'è lo studio del destino degli inquinanti con l'individuazione dei comparti ambientali più esposti.

Lo studio ha permesso di evidenziare le carenze conoscitive sia per quanto riguarda le proprietà delle sostanze, sia per le informazioni territoriali necessarie a caratterizzare lo scenario ambientale.

## Abstract

The document reports the results of a study carried out on a sample agricultural area in the north of Latium. The study takes up the data on pesticide treatments recorded by local farmers' co-operative. The first section of the document reports the results of the investigation on the utilization of pesticides together with the identification of active ingredients and loads on the fields. The second section reports fate and transport of contaminants together with the identification of the most exposed environmental compartments. The study highlights knowledge and research needs relevant to substances properties as well as gaps in site characterization.

# Indice

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>I DATI DEL QUADERNO DI CAMPAGNA</b>	<b>5</b>
2.1	Dati territoriali	6
2.2	Pratiche agronomiche	10
2.3	Consumo di prodotti fitosanitari	12
<b>3.</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELLE SOSTANZE</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>PREVISIONE DEL RISCHIO AMBIENTALE</b>	<b>27</b>
4.1	Modelli di previsione	27
4.2	Proprietà delle sostanze	31
4.3	Caratteristiche del territorio	34
4.4	Risultati dei modelli e discussione	39
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>55</b>
	<b>APPENDICE: DATI ANALITICI DEL QUADERNO DI CAMPAGNA</b>	<b>59</b>
	<b>APPENDICE I - ANNO 1995</b>	<b>61</b>
	<b>APPENDICE II - ANNO 1996</b>	<b>75</b>
	<b>APPENDICE III - ANNO 1997</b>	<b>91</b>

# 1. Introduzione

I prodotti fitosanitari, com'è noto, comprendono sostanze concepite per combattere forme di vita indesiderate, e quindi sono per definizione xenobiotiche e in generale pericolose per gli organismi viventi. Non si tratta, ovviamente, di rimettere in discussione il contributo apportato da queste sostanze allo sviluppo dell'agricoltura e, quindi, al miglioramento della qualità della vita e della salute; è d'altra parte vero, però, che, nonostante gli sforzi e i progressi compiuti per arrivare a sostanze sempre più mirate, i prodotti fitosanitari possono produrre effetti indesiderati anche su organismi che non sono il bersaglio diretto della loro azione e incidere negativamente sulla qualità dell'ambiente e quindi anche della salute umana. La presenza nelle acque di sostanze attive di prodotti fitosanitari o di derivati della loro degradazione, anche in quelle sotterranee che sono protette naturalmente, è stata infatti accertata da estese campagne di monitoraggio condotte in varie parti del mondo.

L'esigenza, pertanto, di un uso dei pesticidi compatibile con la tutela dell'ambiente e della salute umana, è un fatto riconosciuto. Quello che non sembra ovvio, o su cui almeno non c'è concordanza di pareri, sono le modalità per arrivare a questo. È chiaro che su questo influiscono fattori diversi, che la sensibilità stessa al problema varia con il livello di sviluppo delle diverse parti del mondo. Una prova per tutte è il diverso approccio normativo adottato a livello internazionale per quanto riguarda i limiti di concentrazione nelle acque potabili. L'Unione Europea di fatto ha stabilito che non ci deve essere esposizione umana per questa via: il limite consentito (0,1 µg/L per la singola sostanza) in pratica rappresenta la soglia di rilevazione strumentale. Negli U.S.A. e a livello della stessa Organizzazione Mondiale della Sanità invece i limiti, pur con differenze tra loro, sono derivati mediante analisi di rischio e, per alcune sostanze, sono sensibilmente più elevati di quelli europei.

Sembra comunque chiaro che per una corretta gestione del problema occorre sviluppare una maggiore conoscenza dei suoi vari aspetti: a partire dalle quantità immesse nell'ambiente e dalle modalità con cui diffondono, per arrivare agli effetti sugli organismi viventi. Anche se può sembrare ovvio, non bisogna dimenticare che spesso i giudizi e anche le scelte normative sono basate su valutazioni di tipo qualitativo. Occorre fare uno sforzo per precisare i termini del problema in modo da ridurre i margini di incertezza e le prese di posizione che non abbiano un fondamento tecnico scientifico.

La conoscenza del carico sul territorio è uno dei punti critici nello studio dell'impatto dei prodotti fitosanitari sull'ambiente. Le difficoltà sono dovute alla mancanza di dati reali di consumo: è nota la mancata istituzione del cosiddetto "quaderno di campagna", già previsto dal DM 217 del 25 gennaio 1991. Un'indicazione di massima può essere dedotta a partire dai dati di vendita e dalle statistiche sull'uso del suolo in agricoltura: il venduto provinciale riferito alla superficie agricola utilizzata è attualmente il massimo dettaglio ottenibile in fatto di carichi sul territorio. È comunque chiaro, conoscendo la struttura di questi dati, che per questa via non si può andare oltre una stima generica dei carichi sia in termini quantitativi sia, e questo probabilmente è il limite più serio, per quanto riguarda la loro georeferenziabilità.

È necessario conoscere le quantità realmente impiegate e le aree di effettivo utilizzo per individuare le zone a rischio, per mettere in relazione i fattori di pressione con gli eventuali effetti sull'ambiente e per indirizzare il monitoraggio. La quantificazione del problema, d'altra parte, è ugualmente necessaria anche per quello che riguarda la messa a punto di metodologie di indagine e la validazione di strumenti di previsione.

L'obiettivo principale dello studio è stato proprio la determinazione del carico dei fitofarmaci nelle aree di impiego effettivo. Si voleva arrivare, per quanto possibile, a definirne i termini, cioè le dosi per ettaro, i tempi e le modalità di impiego. Non essendo operativi strumenti per la rilevazione dei dati su vasta scala, l'unica via che sembrava percorribile era quella di affrontare il problema su una scala ridotta indagando direttamente tra gli operatori del settore.

L'opportunità è stata offerta dal fatto che un consorzio di produttori agricoli<sup>1</sup> in provincia di Viterbo, ha istituito un sistema di controlli che ha come obiettivo principale la riduzione dei residui di fitofarmaci nei prodotti. Oltre a un disciplinare di produzione e a una verifica in laboratorio del livello dei residui, è prevista anche la registrazione dei trattamenti fitosanitari effettuati. Questa registrazione che costituisce in pratica un quaderno di campagna, istituita a partire dal 1995 è rivolta alla coltivazione della patata che è il prodotto principale del consorzio e una delle colture più importanti della zona, ha permesso la realizzazione di un archivio di dati significativo sia per il numero di operatori coinvolto sia per le superfici interessate. La disponibilità di questi dati, che il Consorzio ci ha cortesemente concesso, ha consentito di conoscere le pratiche agronomiche e l'impiego reale di prodotti fitosanitari, condizioni che sono il presupposto per uno studio non generico del rischio ambientale dei prodotti fitosanitari.

A partire da questi dati, è stato possibile conoscere, per un'area significativa, le superfici effettivamente coltivate, le pratiche agronomiche, le sostanze utilizzate nei trattamenti e le quantità impiegate per unità di superficie. Al di là dell'importanza in assoluto del campione, certamente non trascurabile, è utile sottolineare il fatto che esso è rappresentativo e consente l'estrapolazione a una porzione di territorio molto più ampia. La coltivazione della patata, infatti, rappresenta una percentuale importante della superficie agricola utilizzata (SAU) per diversi comuni della zona, che hanno caratteristiche territoriali e agricole omogenee e che nell'insieme costituiscono quello che si può chiamare uno scenario agricolo ambientale.

Altro obiettivo che ci si prefiggeva era la caratterizzazione del territorio dal punto di vista idrologico, geologico, pedologico, meteorologico ai fini della valutazione della diffusione dell'inquinamento di origine agricola: insomma uno studio ambientale del territorio, propedeutico per una azione di monitoraggio degli effetti. Per fare questo si sono utilizzati sostanzialmente i dati già disponibili, mentre una definizione puntuale e accurata dello scenario ambientale avrebbe richiesto tempi e risorse di tipo diverso. Per quanto riguarda la meteorologia si è fatto ricorso a serie storiche di dati rilevati in alcune stazioni del comprensorio. Per quanto riguarda la pedologia e l'idrogeologia si sono usati i dati analitici di un campionamento dei suoli della zona effettuato per conto del consorzio.

Per individuare i comparti ambientali esposti e le sostanze più a rischio, nello studio si è quindi fatto ricorso ad alcuni modelli di previsione. Innanzi tutto è stata analizzata la distribuzione delle sostanze nei comparti ambientali (acqua, suolo, biomassa, ecc.) con un modello di fugacità (MacKay livello I); quindi sono stati usati modelli per la previsione del rischio di inquinamento delle acque sotterranee (indici di leaching); infine è stato utilizzato un indice per la valutazione del rischio per quanto riguarda gli effetti sugli organismi non bersaglio.

La necessità di reperire dati attendibili da utilizzare nei modelli, ha consentito di evidenziare il problema (peraltro ampiamente noto) delle carenze conoscitive in campo ambientale. La qualità dei dati, dove esistono, è generalmente piuttosto bassa, i dati sono incompleti, disomogenei, mancano standard di riferimento per le misure, specialmente per quelle di natura ecotossicologica. Nello studio sono stati evidenziati gli intervalli di variabilità dei parametri, i criteri di scelta dei valori di riferimento utilizzati nelle valutazioni, i limiti di conseguenza insiti nell'applicazione dei modelli (spesso utilizzati in modo acritico in valutazioni di questo tipo).

<sup>1</sup> Il CCORAV (Consorzio Cooperativo Ortofrutticolo dell'Alto Viterbese), con sede in Grotte di Castro, è un consorzio a cui fanno capo cooperative agricole di diversi comuni della zona nord dei Colli Volsini.

### **Sigle utilizzate nel testo**

Alcuni termini che ricorrono più frequentemente sono stati indicati con sigle, specialmente quando compaiono nei grafici e nelle tabelle.

QdC = quaderno di campagna  
PF = prodotti fitosanitari  
FC = formulato (i) commerciale (i)  
PA = principio (i) attivo (i)  
SAU = superficie agricola utilizzata

Così, nelle tabelle e nei grafici, a volte sono state utilizzate per brevità le seguenti sigle invece del nome per esteso del comune:

GdC = Grotte di Castro  
SLN = S. Lorenzo Nuovo.

## 2. I dati del quaderno di campagna

Alla base dello studio, come già detto, ci sono i dati del quaderno di campagna (QdC) istituito dal consorzio agricolo CCORAV di Grotte di Castro per la coltivazione della patata. I dati si riferiscono al triennio 1995 - '97 e riguardano superfici coltivate di diversi comuni della zona nord dei Colli Volsini in provincia di Viterbo; comuni che nel complesso costituiscono un'area abbastanza omogenea dal punto di vista territoriale e agricolo, dove la patata è una delle coltivazioni principali.

Il quaderno di campagna in questione è una semplice scheda dove, per ogni appezzamento coltivato a patata, sono indicate, oltre alle generalità del socio, la localizzazione (comune, nome della località, numero di foglio e di particella catastale), l'estensione del terreno, la varietà di patata coltivata, la data di semina e di raccolta e i trattamenti fitosanitari effettuati (data, formulato commerciale, quantità).

L'indagine effettuata ha assunto i caratteri di un vero e proprio censimento, per quanto monotematico e localizzato. Nel complesso dei tre anni, infatti, sono state analizzate oltre 1500 dichiarazioni per un numero di trattamenti complessivo superiore a 13000, in cui sono stati utilizzati oltre 80 preparati commerciali contenenti 42 sostanze attive diverse.

Un certo numero di schede sul totale di quelle esaminate erano incomplete: in particolare essenziali ai fini dello studio erano la conoscenza della superficie della parcella e quella delle quantità di prodotti fitosanitari impiegate. In tabella 1 sono riportati, per ciascuno dei tre anni a cui si riferisce l'indagine, il numero di schede esaminate e l'incidenza di quelle incomplete sul totale. Si vede che essa è stata molto bassa il primo anno ed è aumentata negli anni successivi fino ad arrivare a circa il 26% del totale.

Tabella 1: Le cifre del QdC

Anno	Totali	Schede	
		incomplete	% incomplete
1995	367	18	4,9
1996	565	116	20,5
1997	575	151	26,3

Nella stragrande maggioranza dei casi le schede incomplete non avevano l'indicazione delle quantità impiegate, mentre solo in un numero abbastanza contenuto non era indicata la superficie del terreno; solo in pochi casi le schede erano prive di entrambe le indicazioni. Le schede incomplete ovviamente non hanno consentito di determinare il consumo unitario (kg/ha) di prodotti fitosanitari sulla parcella, ma non erano del tutto prive di informazioni, in quanto tutte riportavano la data dei trattamenti e le sostanze utilizzate, per cui anche queste schede sono state utili per conoscere le pratiche agronomiche e per la stima dei consumi complessivi. Per stimare le quantità impiegate, là dove non dichiarate, si è ipotizzato sulle parcelle un carico (kg/ha) pari a quello medio calcolato.

Per un certo numero di schede ci sono stati problemi di interpretazione, in parte dovute alla compilazione manuale, in parte a una serie di altre cause che possono essere ricondotte alle principali di seguito elencate:

- ambiguità, nell'indicazione delle superfici, fra unità agrarie e metrico decimali;
- indicazione imprecisa dei prodotti utilizzati;
- indicazione del preparato per ettolitro di soluzione da irrorare, invece della quantità assoluta impiegata;
- mancanza delle unità di misura (peso o volume);
- palesi incongruenze tra superfici dichiarate e quantità utilizzate.

Molte di queste difficoltà sono state risolte con l'aiuto dei responsabili del consorzio e in qualche caso col colloquio diretto coi soci. Alla fine i casi irrisolti si sono ridotti a un numero veramente trascurabile. Dove non è stato possibile fare chiarezza, si è sempre utilizzato un giudizio cautelativo dal punto di vista ambientale, scegliendo i valori che rendevano massime le dosi per ettaro. Così ad esempio, in mancanza di informazioni sicure, si è optato per il formulato commerciale con le più elevate concentrazioni in principi attivi, compatibilmente con le limitazioni previste per il tipo di coltura.

Nel caso di prodotti liquidi si è assunta una densità pari a quella dell'acqua (si è posto 1 litro = 1 kg) e quindi per determinare il contenuto di principio attivo nel formulato si è sempre fatto riferimento alla percentuale in peso. Questa approssimazione, che in genere comporta una sottostima del principio attivo, si è resa necessaria per le imprecisioni e le incompletezze con cui a volte i prodotti erano indicati nelle schede, per la grande quantità di formulazioni commerciali presenti sul mercato, per l'esistenza di prodotti simili di uno stesso produttore, per le variazioni nelle formulazioni che alcuni di questi prodotti hanno subito nel corso degli anni.

## 2.1 Dati territoriali

In tabella sono riassunti i dati territoriali del QdC. Nel triennio il numero di parcelle e la superficie complessivamente coperta è aumentata progressivamente. Va detto che il 1995 è stato l'anno di istituzione e non erano disponibili le dichiarazioni di tutte le cooperative

Tabella 2: Dati territoriali del QdC

Anno	N° parcelle	Sup. media (ha)	Sup. complessiva <sup>2</sup> (ha)
1995	367	0,89	329
1996	565	0,88	498
1997	575	0,97	558

aderenti al Consorzio.

Anche se non è negli obiettivi dello studio, tuttavia può essere interessante, se non altro per comprendere meglio le caratteristiche della pressione ambientale dell'agricoltura nella zona, esaminare il quadro sull'assetto del territorio che emerge dall'analisi dei dati del QdC.

La superficie coperta dal QdC passa da 329 ha nel 1995 a 558 ha nel '97, non è quindi in termini assoluti particolarmente estesa. Il numero di parcelle interessate, con il massimo di 575 nel '97, al contrario è notevole e costituisce un campione significativo dell'agricoltura della zona, che è caratterizzata da un'elevata frammentazione del territorio. La quasi totalità delle aziende, infatti, è costituita da tanti corpi separati di piccola estensione. La superficie media delle parcelle, seppure con piccole variazioni nel triennio, è sempre inferiore all'ettaro.

La frammentazione delle superfici agricole emerge più chiaramente dall'esame dei grafici della pagina seguente, che si riferiscono ai dati del 1997 e sono i più aggiornati e significativi per la dimensione del campione. Dalla distribuzione per classi di superficie (Fig. 1), si vede che le parcelle più numerose sono quelle comprese tra 0,5 e 0,6 ettari, che circa il 70% delle parcelle ha estensione inferiore o uguale all'ettaro (Fig. 2), e che inoltre l'80% circa delle

<sup>2</sup> Comprende anche le parcelle di estensione non dichiarata, alle quali è stato attribuita la superficie media calcolata sul totale dei campioni noti.

parcelle rappresenta meno del 50% della superficie complessiva (Fig. 3).  
 La presenza di picchi in corrispondenza di alcune classi di superficie (Fig. 1) è dovuta all'approssimazione con cui spesso sono state dichiarate le superfici, che tende a privilegiare le parcelle con cifra tonda (0,5 ha, 1 ha ...); ne è conferma il fatto che le classi adiacenti a quelle di picco risultano generalmente impoverite.  
 Le minime variazioni di superficie media riscontrate nel triennio, d'altra parte, anche per tutte le regioni elencate, non consentono di evidenziare un tendenza sensibile all'accorpamento

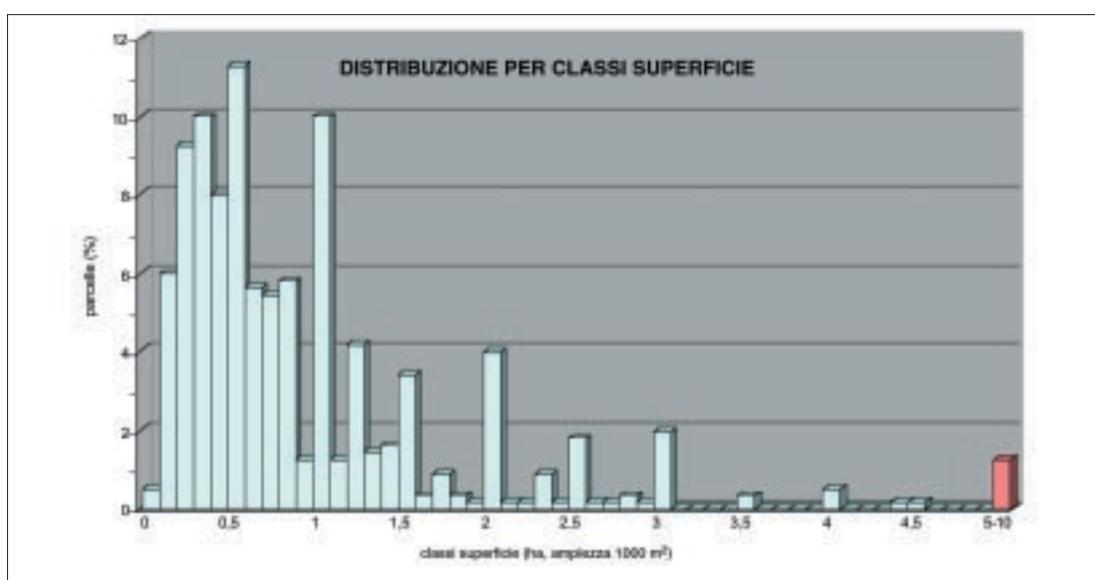


Figura 1: Distribuzione per classi superficie

aziendale.

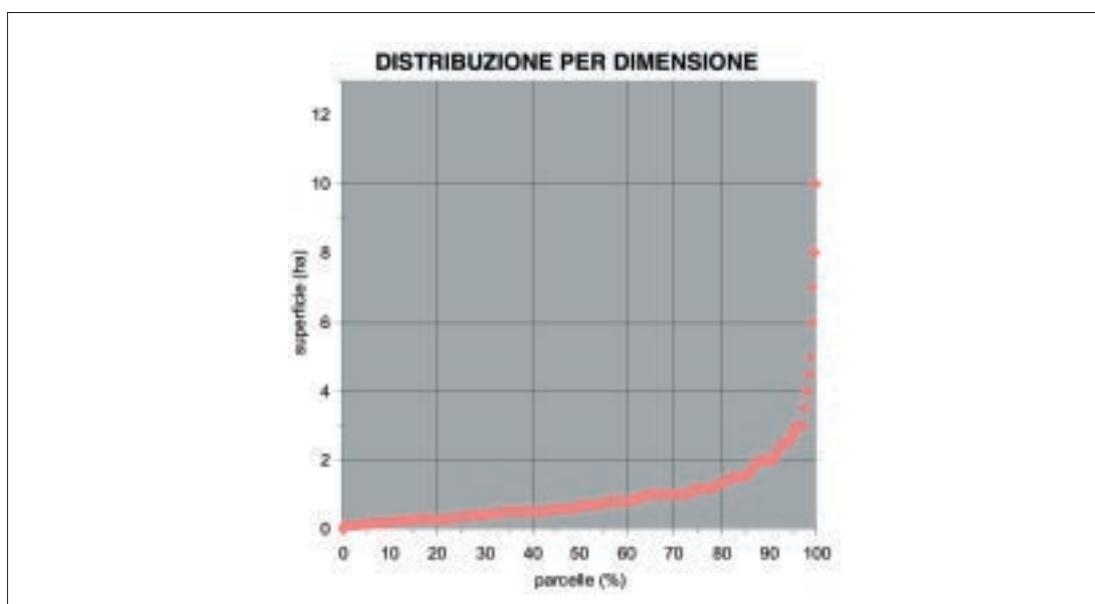


Figura 2: Distribuzione per dimensione



Figura 3: Distribuzione cumulativa

### Il comprensorio

Per inquadrare territorialmente lo studio è utile fornire alcuni dati statistici presi dall'ultimo censimento ISTAT dell'agricoltura (1991). Il QdC interessa diversi comuni della zona dei Colli Volsini, in provincia di Viterbo, che complessivamente coprono una superficie di circa 430 km<sup>2</sup>, con una superficie agricola utilizzata (SAU) totale di circa 200 km<sup>2</sup>. Nella definizione del comprensorio sono stati considerati solo i comuni per cui i dati del QdC erano significativi e con un minimo di continuità nel triennio esaminato. Nella tabella 3 per ciascuno dei comuni è riportata l'estensione della SAU e la superficie coltivata a patata in ettari e in percentuale rispetto alla SAU. La patata interessa complessivamente 1545 ettari del comprensorio, 645 dei quali nel solo comune di Grotte di Castro (il 41,8% del totale). Rispetto alla SAU, la patata rappresenta complessivamente poco meno dell'8%; in quattro

Tabella 3: SAU e patata (fonte ISTAT)

Comune	SAU (ha)	Patata (ha)	Patata (% SAU)
Acquapendente	5572,6	167,3	3,0
Bolsena	1740,0	41,1	2,4
Gradoli	955,1	123,1	12,9
Grotte di Castro	1675,1	645,4	38,5
Latera	1457,7	139,2	9,5
Onano	1119,2	179,1	16,0
Proceno	2809,3	12,9	0,5
S. Lorenzo N.	1321,3	174,7	13,2
Valentano	3422,8	62,9	1,8
Totale	20073,0	1545,6	7,7

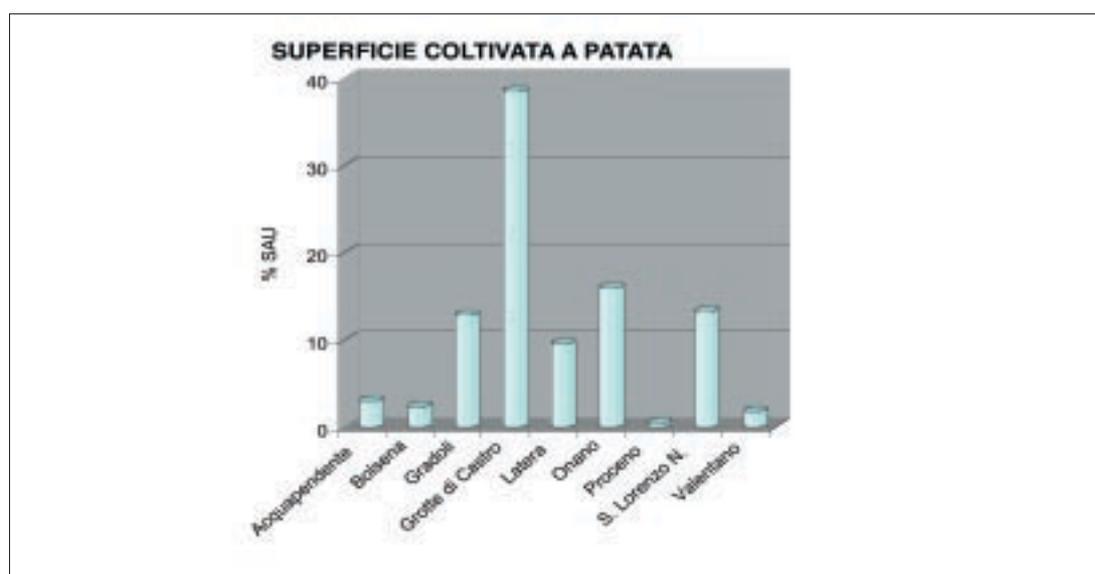


Figura 4: Superficie coltivata a patata

Tabella 4: incidenza del Qdc

Comune	1995			1996			1997		
	(ha)	% tot patata	% SAU	(ha)	% tot patata	% SAU	(ha)	% tot patata	% SAU
Acquapendente	6,1	3,6	0,1	58,1	34,7	1,0	60,9	36,4	1,1
Bolsena	-	-	-	1,4	3,3	0,1	3,8	9,3	0,2
Gradoli	5,9	4,8	0,6	26,0	21,1	2,7	49,9	40,5	5,2
Grotte di Castro	167,5	25,9	10,0	198,7	30,8	11,9	215,1	33,3	12,8
Latera	-	-	-	18,1	13,0	1,2	55,0	39,5	3,8
Onano	109,9	61,4	9,8	117,9	65,8	10,5	97,0	54,1	8,7
Proceno	-	-	-	5,2	40,3	0,2	5,0	38,6	0,2
S. Lorenzo N.	23,3	13,3	1,8	43,9	25,1	3,3	32,4	18,5	2,4
Valentano	-	-	-	23,0	36,5	0,7	15,5	24,6	0,5
Totale	312,7	20,2	1,6	492,2	31,8	2,5	534,3	34,6	2,7

comuni però supera il 10%, con un massimo a Grotte di Castro, dove arriva al 38,5%. In tabella 4 e nelle figure 5 e 6 sono riportati per i vari comuni la superficie interessata dal QdC e la sua incidenza in percentuale sul totale coltivato a patata e sulla SAU. La superficie coperta dal QdC cresce nel triennio, a partire dal minimo del 1995. Nel 1997 il QdC arriva a coprire circa il 34% della superficie complessivamente destinata alla patata, con un massimo nel comune di Onano dove rappresenta circa il 60% del totale. Rispetto alla SAU, la copertura fornita dal QdC è nel complesso abbastanza ridotta (il 2,7%), ma supera l'8% nel comune di Onano e arriva oltre il 12% a Grotte di Castro. Quindi, se in assoluto la superficie coperta dal QdC non è particolarmente rilevante, tuttavia può considerarsi rappresentativa di una coltivazione che nella zona ha una importanza considerevole.

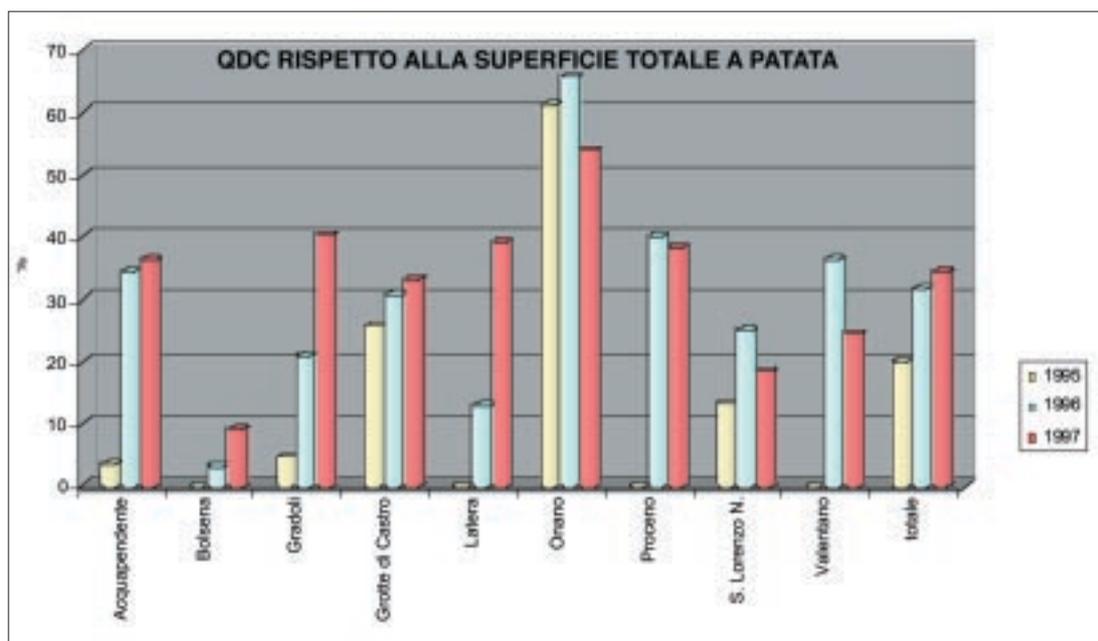


Figura 5: QDC rispetto alla superficie totale a patata

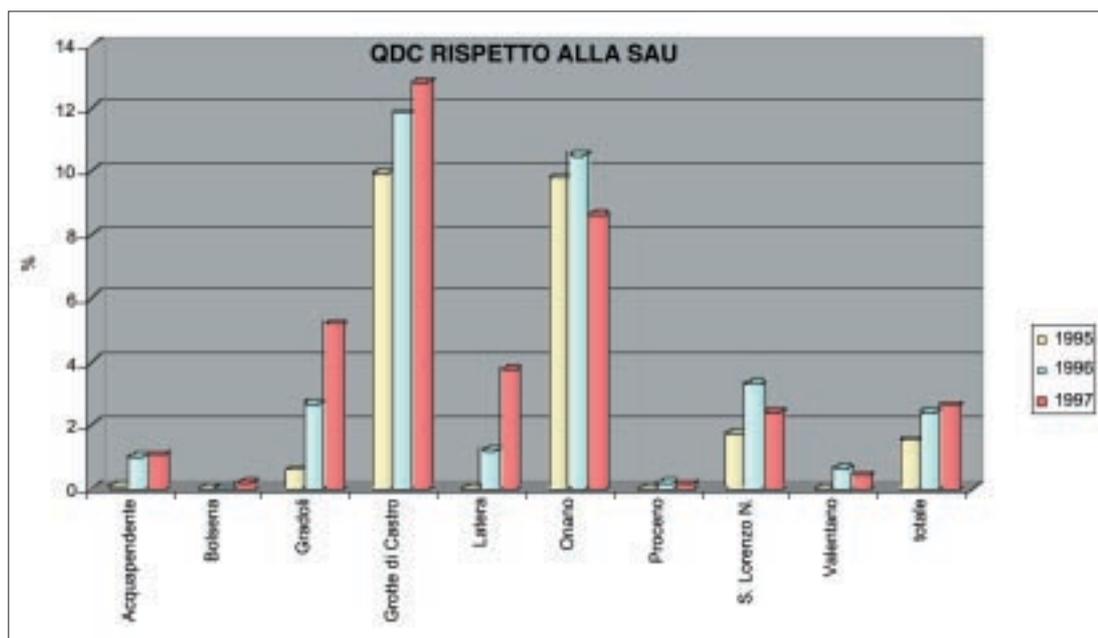


Figura 6: QDC rispetto alla SAU

## 2.2 Pratiche agronomiche

Le schede del QdC hanno reso disponibili anche le informazioni sulla data di impianto e di raccolta e hanno consentito una analisi dei trattamenti in funzione del tempo e una correlazione con le fasi colturali abbastanza significativa.

Il quadro delle pratiche agronomiche e dei trattamenti fitosanitari, che emerge dal QdC, è riassunto in tabella 5. La semina va generalmente dall'inizio di marzo a fine aprile, ma si concentra soprattutto tra la metà di marzo e quella di aprile. La rincalzatura si distribuisce normalmente tra la fine di aprile e l'inizio di giugno; la raccolta va generalmente da metà luglio a metà settembre. Limitate eccezioni rispetto a questi tempi di massima sono possibili anche in dipendenza dell'andamento meteorologico stagionale. In media vengono effettuate 5 irrigazioni con 300 m<sup>3</sup>/ha ciascuna, a intervalli di dieci giorni all'incirca da fine maggio a metà luglio<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda i trattamenti fitosanitari si hanno generalmente due geodisinfestazioni, una alla semina e una alla rincalzatura. La geodisinfestazione è effettuata con formulati di tipo granulare distribuiti in modo localizzato all'interno delle file. Subito a ridosso della semina (con uno sfasamento medio di due-tre settimane si ha un trattamento (generalmente l'unico) con erbicidi per lo più effettuato in pre-emergenza. Fungicidi e insetticidi si hanno poi normalmente da fine aprile a fine luglio.

**Tabella 5: Pratiche agronomiche e trattamenti fitosanitari**

<b>Semina</b>	<b>marzo/aprile</b>
Diserbo	generalmente in pre-emergenza 2-3 settimane dopo la semina
Rincalzatura	maggio
Geodisinfestazione	semina/rincalzatura
Fungicidi - Insetticidi	fine aprile - fine luglio
N. Irrigazioni	5 (300 m <sup>3</sup> /ha) da metà maggio a metà luglio
<b>Raccolta</b>	<b>metà luglio/metà settembre</b>

Quanto sintetizzato in tabella è reso più evidente nel grafico di figura 7, dove sono riportati, aggregati su base settimanale e divisi per classe funzionale, i trattamenti complessivamente effettuati sul territorio; sono riportati inoltre l'andamento della semina e quello della raccolta. Il grafico in figura è relativo all'anno '97; i trattamenti sono espressi in percento del peso totale dei principi attivi utilizzati; la semina e la raccolta sono espressi come numero di interventi effettuati.

Il grafico dà un'indicazione precisa di come si distribuiscono i trattamenti in funzione del tempo, evidenziando per ogni classe di prodotti i periodi interessati e i picchi in termini di quantità immesse sul territorio. Come si vede, all'inizio del ciclo si ha la geodisinfestazione con valori di picco intorno alla metà di marzo, coincidente esattamente con il picco della semina; immediatamente dopo arriva il picco degli erbicidi; quindi c'è la seconda geodisinfestazione con il picco all'incirca nella seconda metà di maggio (rincalzatura), con quantità complessive utilizzate più o meno uguali alla prima; fino a fine ciclo, poi, con punte nella seconda metà di giugno, si hanno i trattamenti con insetticidi e fungicidi (questi ultimi di gran lunga prevalenti in peso).

<sup>3</sup> I dati relativi all'irrigazione sono stati forniti dai responsabili del Consorzio.

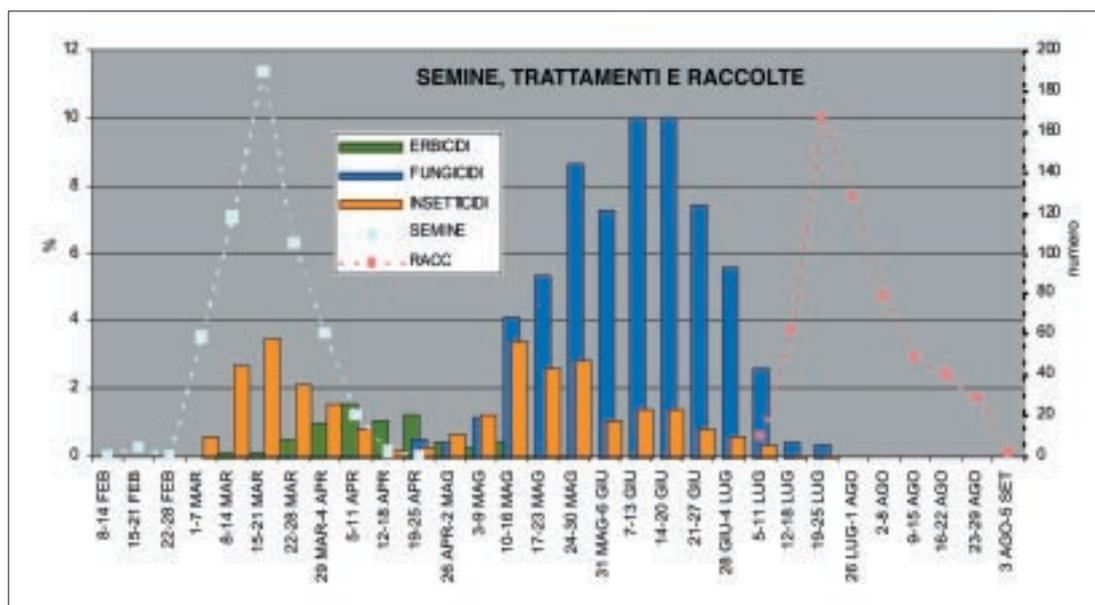


Figura 7: Semine, trattamenti e raccolte

Tabella 6: Numero medio di trattamenti

N. medio trattamenti	1995	1996	1997
Erbicidi	0,7	0,6	1,0
Geodisinfestanti	1,5	1,3	1,5
Insetticidi	2,5	2,9	3,5
Fungicidi	3,5	3,8	4,1
Totale	8,2	8,6	10,0

In tabella 6, per ciascuno dei tre anni esaminati e per classe funzionale, è riportato il numero medio di trattamenti fitosanitari dedotto dal QdC. I valori medi ottenuti probabilmente sottostimano il numero di trattamenti realmente effettuato. Il motivo è da ricercarsi nella incompletezza di un certo numero di schede, la cui compilazione spesso è stata effettuata a posteriori e a distanza di tempo. Ad esempio, per quanto riguarda gli erbicidi, salvo limitate eccezioni, un trattamento annuale è la pratica comune per questa coltura.

### 2.3 Consumo Prodotti Fitosanitari

In tabella 7 e nelle figure 8 e 9, per ciascuno dei tre anni esaminati, è riportato il consumo di prodotti fitosanitari riferito sia al peso dei formulati sia a quello dei principi attivi; sono riportati inoltre la superficie complessiva interessata dal quaderno di campagna e i consumi per ettaro, sempre con riferimento ai formulati e ai principi attivi. Il consumo complessivo di prodotti fitosanitari passa da 11629 kg nel 1995 a 21900 kg nel 1997 per quanto riguarda i formulati commerciali, mentre per quanto riguarda i principi attivi, negli stessi anni, passa da 1927 kg a 3783 kg. Poiché la base territoriale è molto diversa nel triennio, a scopo di confronto è più utile fare riferimento ai consumi per unità di superficie. I consumi per ettaro, invece, come prevedibile, sono abbastanza stabili, variano tra i 34,3 kg/ha ('96) e 39,2 kg/ha ('97) per i FC e tra i 5,9 e i 6,8 kg/ha nel caso dei PA. Le differenze in parte

dipendono, ovviamente, dall'andamento meteorologico; è difficile comunque quantificare l'incidenza dell'imprecisione delle schede. La rilevazione, inoltre, si basa su un numero di anni limitato per poter evidenziare una tendenza.

Tabella 7: Consumo PF nel triennio

	1995	1996	1997
Fc (kg)	11629	17072	21919
Pa (kg)	1927	2956	3783
Fc (kg/ha)	35,3	34,3	39,2
Pa (kg/ha)	5,9	5,9	6,8
Superficie Interessata (ha)	329	498	558

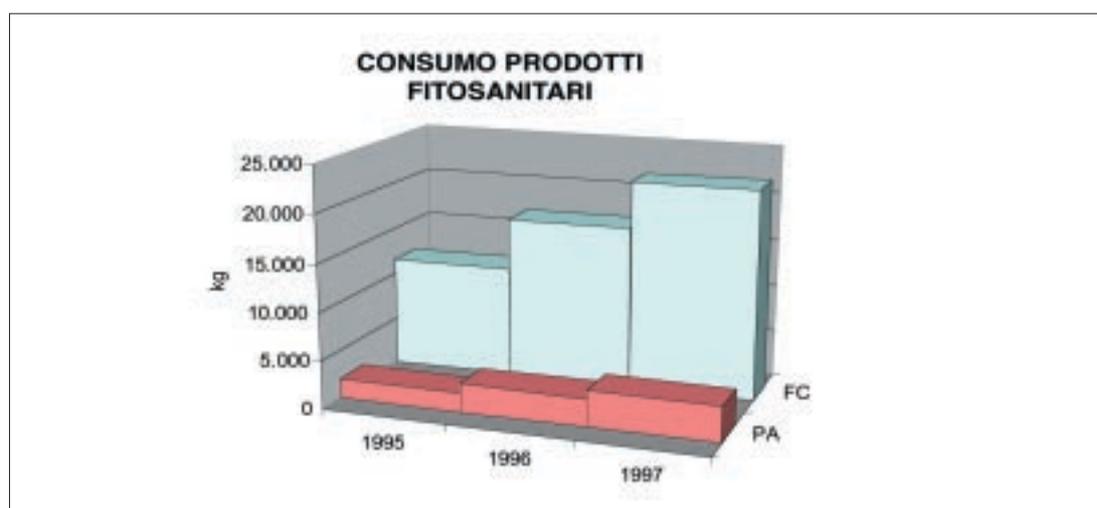


Figura 8: Consumo prodotti fitosanitari

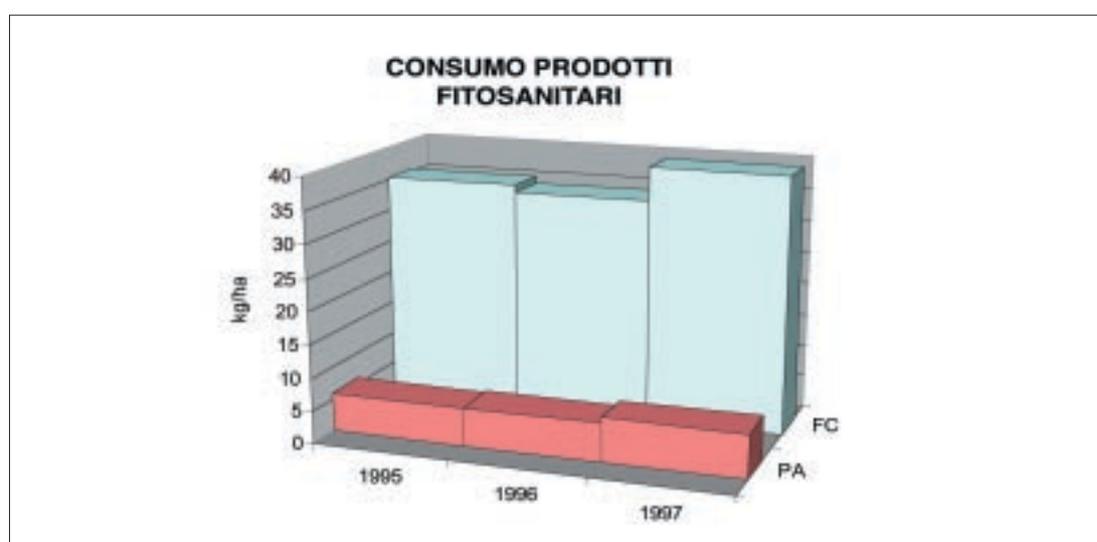


Figura 9: Consumo prodotti fitosanitari

Tabella 8: Consumo PF per classi funzionali (FC)

Anno	Consumo (kg)			Tot.	Consumo (%)			Tot.
	Erb	Fun	Ins		Erb	Fun	Ins	
1995	353,9	2733,8	8541,2	11628,9	3,0	23,5	73,4	100,0
1996	570,8	4335,0	12166,9	17072,7	3,3	25,4	71,3	100,0
1997	743,7	5571,9	15603,6	21919,2	3,4	25,4	71,2	100,0

Analizzando i consumi per classi funzionali, si vede che, relativamente al peso dei FC (tab. 8 e fig. 10), gli insetticidi sono la categoria che incide di più: nei tre anni rappresenta sempre oltre il 70% dei consumi complessivi; i fungicidi rappresentano una percentuale variabile tra il 23,5 e il 25,4% del totale; gli erbicidi si attestano nei tre anni su valori uguali o di poco superiori al 3%.

Tabella 9: Consumo PF per classi funzionali (PA)

Anno	Consumo (kg)			Tot.	Consumo (%)			Tot.
	Erb	Ins	Fun		Erb	Ins	Fun	
1995	131,8	618,5	1173,3	1926,6	6,9	32,3	60,8	100,0
1996	209,1	869,9	1876,6	2955,6	7,1	29,4	63,5	100,0
1997	265,9	1086,2	2431,2	3783,3	7,0	28,7	64,3	100,0

Considerando i PA (tab. 9 e fig. 11), la categoria che incide di più è ora quella dei fungicidi, che nei tre anni rappresenta sempre più del 60% dei consumi; gli insetticidi si attestano nel triennio intorno al 30% e gli erbicidi intorno al 7%. La differenza rispetto ai FC si spiega tenendo conto del fatto che i geodisinfestanti, che rappresentano circa il 70% del totale degli insetticidi, sono in forma di granulati a bassa concentrazione (in genere meno del 5% di PA). La costanza delle ripartizioni dei consumi per classi funzionali nel triennio, sia per i FC sia per i PA, può essere considerata una prova della coerenza interna del dato complessivo del QdC, e indirettamente della sua validità.

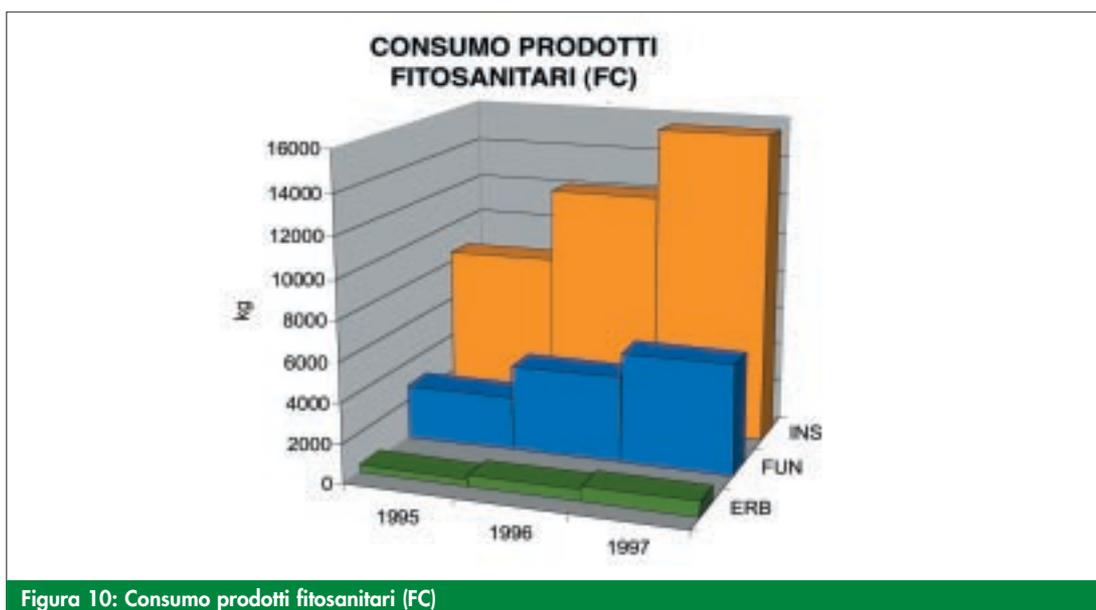


Figura 10: Consumo prodotti fitosanitari (FC)

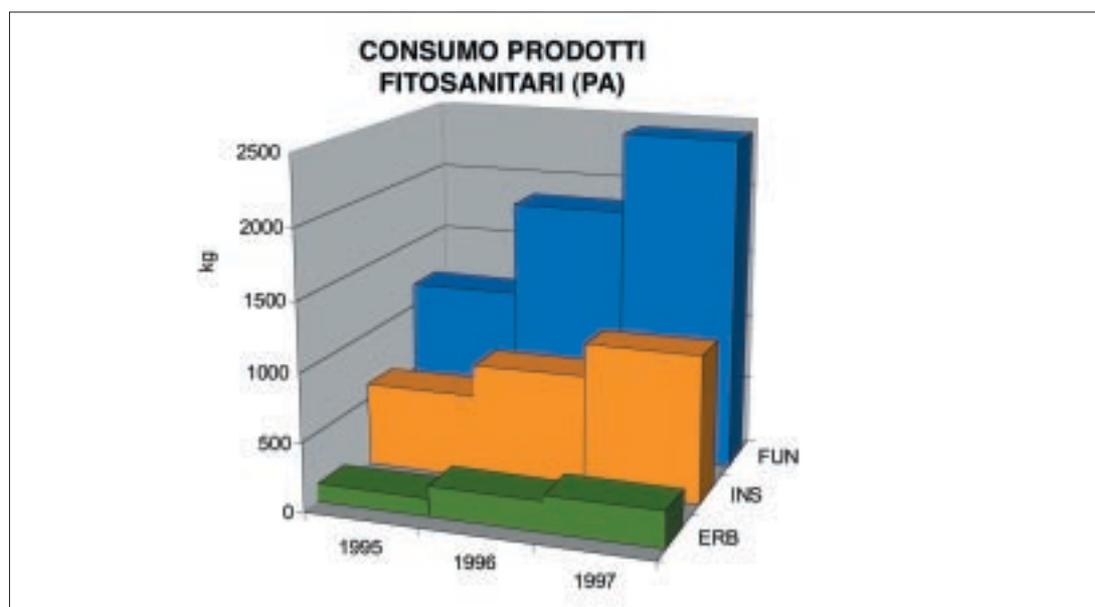


Figura 11: Consumo prodotti fitosanitari (PA)

Tabella 10: Consumo PF per composizione chimica

ANNO	RAMEICI	ORGANICI (kg)	TOT.	RAMEICI	ORGANICI (%)	TOT.
1995	1021,8	904,8	1926,6	53,0	47,0	100,0
1996	1612,2	1343,4	2955,6	54,5	45,5	100,0
1997	2066,3	1717,0	3783,3	54,6	45,4	100,0

Per quanto riguarda la composizione chimica (tab. 10 e fig. 12), i PA di origine inorganica rappresentano più della metà dei consumi complessivi (percentuali comprese tra il 53 e il 54,6 nel triennio) e sono esclusivamente composti del rame (tab. 11), con l'ossicloruro che da solo rappresenta oltre il 95% del totale della categoria; per il resto nell'ordine ci sono idrossido e solfato.

Tabella 11: Consumo rameici

QdC	OSSICLORURO CU	IDROSSIDO CU	SOLFATO CU	TOTALE	OSSICLORURO CU	IDROSSIDO CU	SOLFATO CU	TOTALE
	(kg)				(%)			
1995	979,3	42,5	0,0	1021,8	95,8	4,2	0,0	100,0
1996	1547,0	34,1	25,0	1606,1	96,3	2,1	1,6	100,0
1997	2031,2	34,0	1,1	2066,3	98,3	1,6	0,1	100,0

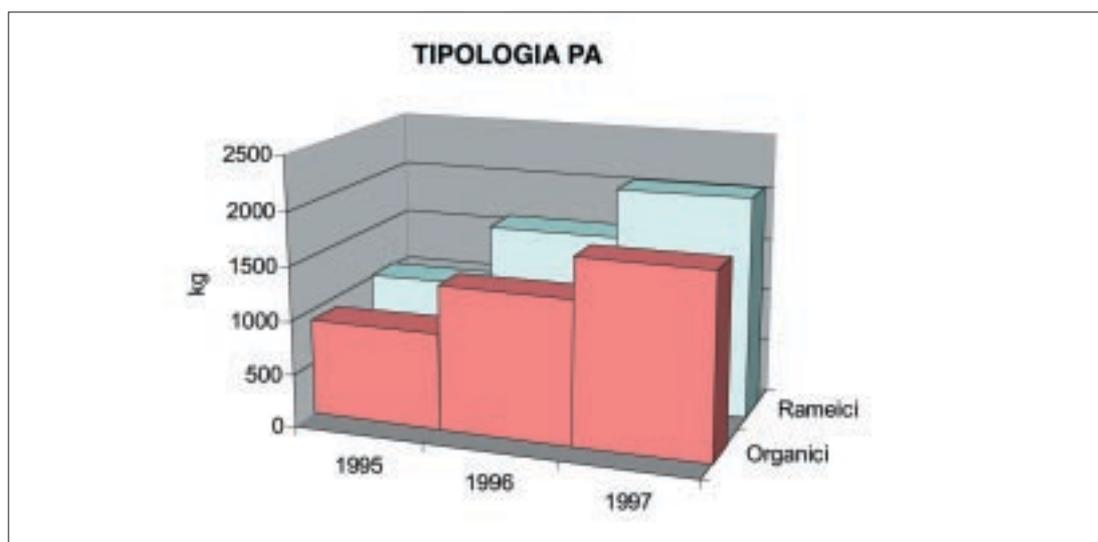


Figura 12: Tipologia PA

Tabella 12: Consumo PA organici

1995	(Kg)	(%)	1996	(Kg)	(%)	1997	(Kg)	(%)
Furathiocarb	179,6	19,8	Furathiocarb	258,2	19,2	Furathiocarb	271,0	15,8
Isofenphos	144,0	15,9	Isofenphos	171,5	12,8	Isofenphos	268,9	15,7
Linuron	118,9	13,1	Azinphos-methyl	164,9	12,3	Azinphos-methyl	220,4	12,8
Azinphos-methyl	107,3	11,9	Cymoxanil	144,4	10,7	Linuron	205,1	11,9
Cymoxanil	92,3	10,2	Linuron	128,0	9,5	Cymoxanil	185,5	10,8
Phoxim	72,0	8,0	Phoxim	85,8	6,4	Phoxim	134,5	7,8
Phosalone	32,1	3,5	Metribuzin	76,6	5,7	Dichlofluanid	72,9	4,2
Quinalphos	30,3	3,3	Phosalone	52,1	3,9	Oxadixyl	59,8	3,5
Oxadixyl	21,4	2,4	Dichlofluanid	51,2	3,8	Benfuracarb	56,7	3,3
Dichlofluanid	20,0	2,2	Oxadixyl	49,1	3,7	Metribuzin	55,3	3,2
Totale	904,8	100,0	Totale	1343,4	100,0	Totale	1717,0	100,0

In tabella 12 è riportato nell'ordine il consumo nei tre anni dei primi dieci PA organici, che insieme rappresentano circa il 90% del totale della categoria. La composizione dei consumi nel triennio è sostanzialmente stabile. Otto PA su dieci sono presenti tutti e tre gli anni: Furathiocarb e Isofenphos (che sono sempre le sostanze più utilizzate), Linuron, Azinphos-metile, Cimoxanil, Phoxim, Dichlofluanid e Oxadixil. Per il resto si trovano a seconda degli anni Quinalfos e Fosalone ('95), Metribuzin e Fosalone ('96), Benfuracarb e Metribuzin ('97). L'analisi dei consumi per classe funzionale consente di cogliere meglio le differenze puntuali nel triennio.

**Erbicidi.** Per quanto riguarda gli erbicidi (Tab. 13), nel '95 il Linuron rappresentava da solo il 90,2% dei consumi, seguito da Metribuzin (9,7%); negli anni successivi pur restando di gran lunga il PA più utilizzato, l'incidenza del Linuron scende sensibilmente, mentre aumenta in proporzione quella del Metribuzin (36,6 e 20,8 percento rispettivamente nel '96 e '97). Per quanto riguarda gli altri erbicidi, pur notando un aumento dell'incidenza complessiva, tuttavia rappresentano quote trascurabili del consumo totale.

Tabella 13: Consumo erbicidi

1995	(Kg)	(%)	1996	(Kg)	(%)	1997	(Kg)	(%)
Linuron	118,9	90,2	Linuron	128,0	61,2	Linuron	205,1	77,1
Metribuzin	12,8	9,7	Metribuzin	76,6	36,6	Metribuzin	55,3	20,8
Haloxifop-ethoxyethyl	0,1	0,1	Trifluralin	2,8	1,3	Haloxifop-ethoxyethyl	3,7	1,4
			Aclonifen	1,3	0,6	Trifluralin	1,6	0,6
			Haloxifop-ethoxyethyl	0,3	0,2	Rimsulfuron	0,3	0,1
Totale	131,9	100,0	Totale	209,1	100,0	Totale	265,9	100,0

**Fungicidi** (Tab. 14). I composti del rame rappresentano la gran parte dei consumi con una quota sostanzialmente stabile nel triennio e sempre superiore all'85% del totale. Il Cymoxanil è il più utilizzato tra i fungicidi di origine organica con una quota sul totale stabile, compresa tra il 7,6 e il 7,9. Gli altri PA rappresentano tutti quote sensibilmente più basse. Si nota un aumento di Dichlofluanid, Oxadixil e Mancozeb, mentre degli altri nessuno arriva mai a superare la soglia dell'1% dei consumi complessivi.

Tabella 14: Consumo fungicidi

1995	(Kg)	(%)	1996	(Kg)	(%)	1997	(Kg)	(%)
Rameici	1021,8	87,1	Rameici	1612,2	85,9	Rameici	2066,3	85,0
Cymoxanil	92,3	7,9	Cymoxanil	144,4	7,7	Cymoxanil	185,5	7,6
Oxadixyl	21,4	1,8	Dichlofluanid	51,2	2,7	Dichlofluanid	72,9	3,0
Dichlofluanid	20,0	1,7	Oxadixyl	49,1	2,6	Oxadixyl	59,8	2,5
Metalaxil	7,5	0,6	Mancozeb	6,7	0,4	Mancozeb	34,0	1,4
Anilazine	4,0	0,3	Metalaxil	6,4	0,3	Metalaxil	5,2	0,2
Folpet	2,6	0,2	Fosetyl-alumunium	4,8	0,3	Dimethomorph	3,7	0,2
Zineb	1,9	0,2	Benalaxyl	0,7	0,0	Benalaxyl	3,7	0,2
Dinocap	1,0	0,1	Dinocap	0,6	0,0			
Benalaxyl	0,6	0,0	Folpet	0,4	0,0			
Mancozeb	0,1	0,0						
Totale	1173,1	100,0	Totale	1876,6	100,0	Totale	2431,2	100,0

**Insetticidi** (Tab. 15). Azinphos-methyl, con una quota variabile tra il 54,2% ('96) e 65,2% ('97) è il PA di gran lunga più usato. Per il resto Phosalone, Quinalfos e Dimetoato sono nell'ordine le altre sostanze più usate nel triennio. Gli altri PA, sia in assoluto sia percentualmente, sono tutti poco significativi dal punto di vista dei consumi.

Tabella 15: Consumo insetticidi

1995	(Kg)	(%)	1996	(Kg)	(%)	1997	(Kg)	(%)
Azinphos-methyl	107,3	56,0	Azinphos-methyl	164,9	54,2	Azinphos-methyl	220,4	65,2
Phosalone	32,1	16,8	Phosalone	52,1	17,1	Phosalone	54,4	16,1
Quinalphos	30,3	15,8	Quinalphos	36,4	12,0	Quinalphos	29,9	8,9
Dimethoate	13,9	7,3	Dimethoate	21,7	7,1	Dimethoate	19,4	5,8
Chlorpyrifos-methyl	4,8	2,5	Endosulfan	15,2	5,0	Lambda-yhalothrin	9,0	2,7
Lambda-cyhalothrin	1,3	0,7	Lambda-cyhalothrin	3,7	1,2	Deltamethrin	3,1	0,9
Deltamethrin	1,2	0,6	Lindano	2,7	0,9	Imidacloprid	0,8	0,2
Cypermethrin	0,7	0,4	Chlorpyrifos-methyl	2,2	0,7	Chlorpyrifos-methyl	0,5	0,1
Cyfluthrin	0,0	0,0	Deltamethrin	2,1	0,7	Cyfluthrin	0,2	0,1
			Carbaryl	1,5	0,5	Cypermethrin	0,0	0,0
			Acephate	0,7	0,2			
			Cypermethrin	0,7	0,2			
			Cyfluthrin	0,1	0,0			
			Methiocarb	0,0	0,0			
Totale	191,6	100,0	Totale	304,1	100,0	Totale	337,8	100,0

**Geodisinfestanti.** Pur essendo insetticidi, è utile trattare i geodisinfestanti (Tab. 16) come una categoria a sé, e questo sia perché rappresentano una quota molto importante dei consumi, sia perché le modalità di applicazione comportano un rischio specifico per quanto riguarda l'inquinamento delle acque sotterranee. Furathiocarb e Isofenphos sono nell'ordine i PA più utilizzati nel triennio, con quote sempre superiori al 30% del totale. Il Phoxim, utilizzato in formulazione insieme all'Isofenphos, è in rapporto stabile (la metà) con quest'ultimo. Per il resto, percentualmente meno significativi, seguono Diazinon, Benfuracarb, Phorate, Tefluthrin. Da notare un aumento del consumo di Benfuracarb parallelo alla diminuzione del Diazinon e la scomparsa del Chlorpyrifos nel '97.

Tabella 16: Consumo geodisinfestanti

1995	(Kg)	(%)	1996	(Kg)	(%)	1997	(Kg)	(%)
Furathiocarb	179,6	41,8	Furathiocarb	258,2	45,6	Furathiocarb	271,0	36,2
Isofenphos	144,0	33,5	Isofenphos	171,5	30,3	Isofenphos	268,9	35,9
Phoxim	72,0	16,7	Phoxim	85,8	15,2	Phoxim	134,5	18,0
Diazinon	19,4	4,5	Benfuracarb	21,9	3,9	Benfuracarb	56,7	7,6
Benfuracarb	6,2	1,4	Diazinon	19,0	3,4	Phorate	10,0	1,3
Chlorpyrifos	5,5	1,3	Chlorpyrifos	4,9	0,9	Diazinon	6,4	0,9
Phorate	3,2	0,7	Phorate	3,7	0,6	Tefluthrin	0,9	0,1
			Tefluthrin	0,8	0,1			0,0
Totale	429,9	100,0	Totale	565,8	100,0	Totale	748,4	100,0

### Dosi medie

Nelle tabelle 17 e 18 sono riportate le dosi medie del QdC, espresse in kg/ha, per il singolo trattamento e per la somma dei trattamenti annuali. Sono stati considerati solo i PA per cui si avevano a disposizione almeno venti trattamenti.

Per quanto riguarda il singolo trattamento, i dati del triennio evidenziano una buona concordanza nelle dosi: le differenze, oltre che alle eventuali imprecisioni nella compilazione

delle schede, possono essere spiegate anche tenendo conto del grado di approssimazione con cui spesso erano indicate le superfici.

Per quello che concerne le dosi annuali, oltre agli elementi di imprecisione già visti, bisogna tenere conto soprattutto del diverso numero di trattamenti effettuato in ciascun anno, su cui influisce anche l'andamento stagionale. Nel '97 infatti in media sono stati effettuati 10 trattamenti, contro gli 8,2 del '95 e gli 8,6 del '96.

**Tabella 17: Dosi medie per trattamento (kg/ha)**

<b>PA</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>
Azinphos-methyl	0,289	0,320	0,300
Chlorpyrifos-methyl	0,243	#	#
Cymoxanil	0,094	0,100	0,110
Cypermethrin	0,028	0,030	#
Deltamethrin	0,007	0,010	0,010
Dichlofluanid	#	0,700	0,680
Dimethoate	0,145	0,160	0,170
Dimethomorph	#	#	0,160
Furathiocarb	0,807	0,890	0,850
Idrossido Cu	0,498	0,350	0,600
Isofenphos	0,654	0,660	0,710
Lambda-cyhalothrin	0,013	0,020	0,020
Linuron	0,738	0,770	0,750
Mancozeb	#	#	0,170
Metalaxyl	0,086	0,070	0,120
Metribuzin	0,252	0,290	0,240
Ossicloruro Cu	0,878	0,980	1,060
Oxadixyl	0,170	0,180	0,180
Phosalone	0,449	0,360	0,480
Phoxim	0,327	0,330	0,360
Quinalphos	0,303	0,320	0,320

Tabella 18: Dosi medie per anno (kg/ha)

PA	1995	1996	1997
Azinphos-methyl	0,616	0,700	0,720
Chlorpyrifos-methyl	0,294	#	#
Cymoxanil	0,268	0,360	0,430
Cypermethrin	0,032	0,050	#
Deltamethrin	0,013	0,020	0,020
Dichlofluanid	#	1,080	1,02
Dimethoate	0,241	0,300	0,440
Dimethomorph	#	#	0,27
Furathiocarb	0,905	1,010	1,000
Idrossido Cu	0,809	0,640	0,870
Isofenphos	0,731	0,740	0,790
Lambda-cyhalothrin	0,022	0,030	0,040
Linuron	0,738	0,770	0,750
Mancozeb	#	#	0,61
Metalaxyl	0,128	0,120	0,170
Metribuzin	0,261	0,310	0,250
Ossicloruro Cu	2,859	3,710	4,260
Oxadixyl	0,242	0,270	0,300
Phosalone	0,816	0,720	0,940
Phoxim	0,366	0,370	0,400
Quinalphos	0,545	0,460	0,560

### Carichi sulle parcelle

In tabella 19 sono riportati i valori del carico complessivo sulle parcelle, ottenuto dalla somma di tutti i trattamenti effettuati nell'anno.

Tabella 19: Carichi sulle parcelle (PA).

	1995	1996	1997
media (kg/ha)	5,7	6,4	7,3
dev st (kg/ha)	2,4	3,3	3,7
n. schede utili	349	453	425
n. schede totali	367	565	575

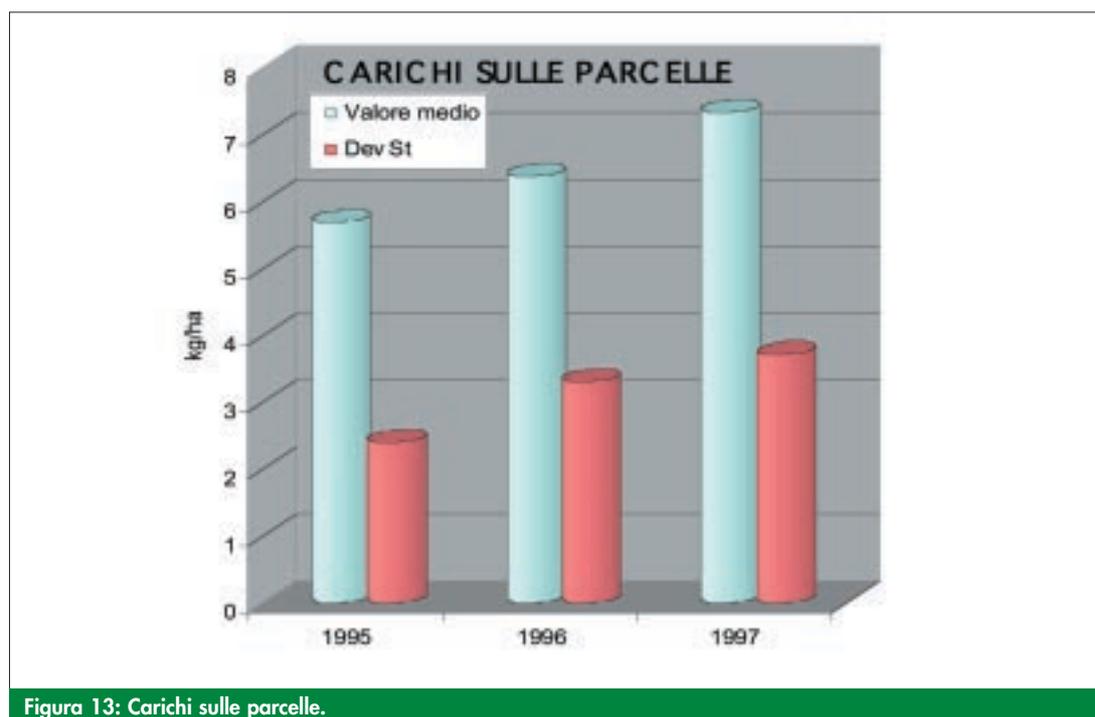


Figura 13: Carichi sulle parcelle.

Quelli riportati in tabella sono valori medi del carico effettivo, valutato sulle parcelle per cui si avevano tutti gli elementi necessari alla determinazione (superficie, quantità di PF utilizzate), e si riferiscono a un campione minore di quello complessivamente disponibile.

Il carico complessivo medio sulle parcelle è stato di 5,7 kg/ha nel '95, 6,4 kg/ha nel '96 e 7,3 kg/ha nel '97. Quello che si può dire è che nel '95 quasi tutte le schede hanno consentito di determinare il valore del carico sulla parcella (349 su 367), mentre negli anni successivi la percentuale di schede utili invece si è ridotta sensibilmente (80,2% nel '96 e 73,9% nel '97); pur aumentando quindi il campione complessivo di dati, esso è risultato di qualità mediamente più scadente, è aumentata infatti la dispersione, come si vede dall'aumento della deviazione standard, più che proporzionale rispetto a quello del valore medio.

### 3. Classificazione delle sostanze

La recente normativa (DL.vo 194/95) ha abolito la vecchia divisione in quattro classi tossicologiche già prevista (DPR 1255/68, DPR 223/88) sostituendola con la classificazione comunitaria che, dal punto di vista della tossicologia acuta, distingue i prodotti fitosanitari in "molto tossici" (indicazione di pericolo T+), "tossici" (T), "nocivi" (Xn) e "irritanti" (Xi). Le sostanze non pericolose per le quali non è richiesto né simbolo né indicazione di pericolo sono considerate non classificate.

I prodotti "molto tossici" e "tossici" corrispondono alla vecchia I classe; i prodotti "nocivi" corrispondono alla II classe; gli altri prodotti non classificabili come molto tossici, tossici e nocivi corrispondono alle vecchie III e IV classe. In tabella 20 è sintetizzata la nuova classificazione in relazione alle vecchie classi tossicologiche e ai rispettivi parametri di

Tabella 20: Corrispondenza tra vecchia e nuova classificazione dei prodotti fitosanitari.

Classificazione	Solidi (DL50 in mg/kg)		Liquidi (DL50 in mg/kg)		Gassosi (CL50 in mg/l) vinalatoria
	orale	cutanea	orale	cutanea	
Classe I: molto tossici tossici	≤ 5 da > 5 ≤ 50	≤ 10 da > 10 ≤ 100	≤ 25 da > 25 ≤ 200	≤ 50 da > 50 ≤ 400	0,5 da > 0,5 ≤ 2
Classe II: nocivi	da > 50 ≤ 500	da > 100 ≤ 1000	da > 200 ≤ 2000	da > 400 ≤ 4000	da > 2 ≤ 20

esposizione.

I prodotti fitosanitari sono classificati in base all'effettiva tossicità acuta del preparato, espressa in valore  $DL_{50}$  ottenuto su ratti mediante somministrazione per via orale, o su ratti e conigli per via cutanea, oppure in valore  $CL_{50}$  ottenuto su ratti mediante una prova di inalazione della durata di quattro ore.

La corrispondenza tra nuove e vecchie classi tossicologiche deve essere tenuta presente anche ai fini dell'applicazione delle prescrizioni in materia di commercializzazione dei prodotti fitosanitari. È utile evidenziare brevemente anche il cambiamento di filosofia che sta alla base dei più recenti indirizzi normativi. Il rischio associato ai prodotti fitosanitari, infatti, era visto in precedenza esclusivamente in relazione alla tutela della salute umana, trascurando del tutto i danni che potevano derivare all'ambiente. Il già citato DL.vo 194/95, invece, recepisce il concetto di rischio per l'ambiente, che viene definito come: "l'acqua, l'aria, il suolo, le specie selvatiche della flora e della fauna e relative interrelazioni nonché le relazioni tra tali elementi e gli organismi viventi", e subordina l'autorizzazione dei prodotti fitosanitari al fatto che essi non producano effetti inaccettabili sull'ambiente.

Analogamente a quanto visto per la salute dell'uomo, anche per quel che riguarda gli effetti sull'ambiente sono previsti limiti autorizzativi. Ad esempio, limiti vengono stabiliti per quanto riguarda la persistenza e la concentrazione nelle acque potabili risultante dall'applicazione dei prodotti fitosanitari. Per quanto riguarda gli effetti sulle specie non bersaglio, vengono stabiliti limiti al rapporto tossicità/esposizione e al fattore di bioconcentrazione. Il rispetto dei requisiti deve essere accertato con prove e analisi in condizioni agricole, fitosanitarie e ambientali adeguate a quelle dell'effettivo utilizzo.

Si è passati quindi, con la nuova legislazione, a un approccio più generale, che non solo tiene conto del rischio ambientale, ma lo fa imponendo una valutazione preventiva degli effetti per le nuove sostanze per cui si chiede l'autorizzazione, la quale è pertanto subordinata alla realizzazione di studi idonei a dimostrare il rispetto dei requisiti di sicurezza descritti.

Nella tabella 21, per ciascuno principio attivo del QdC, è riportata la classe chimica, la classe

tossicologica, la classe funzionale e il tipo di impiego. Bisogna notare che la classe tossicologica attribuita alle sostanze non necessariamente coincide con quella dei preparati commerciali in cui

Tabella 21: Classificazione delle sostanze.

Principi attivi	Classi chimiche	Classi tossicologiche	Classi funzionali e impieghi
Acephate	fosfororganici-fosforoamidotiati	nocivo	Insetticida aficida impiegato su lepidotteri ed emitteri
Aclonifen	nitroderivati-etero difenilico	irritante	Erbicida impiegato per il controllo di infestanti a foglia larga agerminazione primaverile
Anilazine	triazine	irritante	Fungicida impiegato nella lotta contro diverse crittogame in particolare peronosporacee
Azinphos methyl	fosfororganici-ditiofosfati	molto tossico	Insetticida impiegato per la lotta contro diversi insetti in particolare in frutticoltura
Benalaxil	fenilammidi-acilanine	non classificato	Fungicida sistemico indicato per il controllo delle peronospere
Benfuracarb	azotorganici-carbammati-esteri aromatici	non classificato	Insetticida geodisinfestante in varie colture
Carbaryl	azotorganici-carbammati-esteri aromatici	nocivo	Insetticida efficace contro una vasta gamma insetti in particolare cocciniglie, coleotteri e lepidotteri
Chlorpyrifos	fosfororganici-tionofosfati	tossico	Insetticida indicato per la lotta contro i principali fitofagi delle colture frutticole ed industriali
Chlorpyrifos- methyl	fosfororganici-tionofosfati	nocivo	Insetticida attivo contro le larve di lepidotteri in genere
Cyfluthrin	piretroidi	non classificato	Insetticida impiegato contro numerosi insetti ad apparato boccale succhiatore e masticatore
Cymoxanil	azotorganici-acetammidi	nocivo	Fungicida attivo nei confronti delle peronosporacee
Cypermethrin	piretroidi	nocivo	Insetticida impiegato soprattutto come larvicida
Deltamethrin	piretroidi	nocivo	Insetticida caratterizzato da azione rapida contro numerosi insetti nocivi delle principali colture
Diazinon	fosfororganici-tionofosfati	nocivo	Insetticida impiegato sia in frutticoltura che in colture orticole, floricole
Dichlofluanid	solfoanilidi	irritante	Fungicida particolarmente attivo contro Botrytis ed altre crittogame in vite, fragola, pero , orticole
Dimethoate	fosfororganici-ditiofosfati	nocivo	Insetticida impiegato nella lotta di ditteri carpofigi in frutticoltura
Dimethomorph	morfoline	non classificato	Fungicida impiegato nella lotta contro peronospora della vite e marciumi da Phytophthora
Dinocap	azotorganici-nitroderivati-dinitrofenoli	nocivo	Fungicida antiodioico con collaterale attività acaricida

segue

Principi attivi	Classi chimiche	Classi tossicologiche	Classi funzionali e impieghi
Endosulfan	organoclorurati-cicloeptani	tossico	Insetticida ed acaricida impiegato principalmente per la lotta contro fitofagi ad apparato succhiatore e masticatore
Folpet	tioftalimmidi	nocivo	Fungicida impiegato in vite contro la peronospora, muffa grigia e oidio
Fosetyl-aluminium	fosfororganici-alcoilfosfonati	non classificato	Fungicida impiegato in particolare contro le peronosporacee
Furathiocarb	azotorganici-carbammati-esteri aromatici	irritante	Insetticida geodisinfestante impiegato contro numerosi fitofagi
Haloxypop-ethoxyethyl	arilossifenossipropionati	nocivo	Erbicida impiegato per diserbo infestanti graminacee e annuali e perenni in soia, barbabietola da zucchero, patata
Imidacloprid	azotorganici-carbammati-fenossilchilcarbammati-cloronicotili	nocivo	Insetticida sistemico impiegato per la lotta contro fitofagi ad apparato boccale pungente-succhiatore e masticatore
Isofenphos	fosfororganici-ditiofosfati	non classificato	Insetticida particolarmente efficace nei confronti degli insetti del terreno
Lambda-cyhalothrin	piretroidi	irritante	Insetticida caratterizzato da rapido potere abbattente, viene utilizzato in quasi tutte le colture agrarie per i trattamenti contro afidi, cocciniglie, coleotteri ecc.
Lindane	clororganici	tossico	Insetticida impiegato per la concia delle sementi e per la disinfestazione di terreni destinati alla barbabietola da zucchero
Linuron	derivati dell'urea, feniluree	nocivo	Erbicida a largo spettro d'azione impiegato in orticoltura e per il diserbo degli argini in risaia
Mancozeb	azoto-solforganici-alchilen bis ditiocarbammati	irritante	Fungicida a vasto spettro d'azione che agisce essenzialmente per contatto fogliare
Metalaxyl	fenilammidi-acilanine	nocivo	Fungicida indicato per il controllo e la prevenzione di malattie causate da fomiceti
Methiocarb	azotorganici-carbammati-esteri aromatici	tossico	Insetticida-acaricida impiegato in frutticoltura, viticoltura e orticoltura; impiegato come geodisinfestante contro insetti terricoli
Metribuzin	triazinoni	nocivo	Erbicida ad ampio spettro d'azione impiegato in patata, pomodoro, soia, erba medica
Oxadixyl	ossazolidinoni	irritante	Fungicida con spettro d'azione ristretto a oomiceti in particolare alle peronosporacee

segue

esse compaiono, che tiene conto delle caratteristiche complessive del formulato.

segue

Principi attivi	Classi chimiche	Classi tossicologiche	Classi funzionali e impieghi
Phorate	fosfororganici-ditiofosfati	molto tossico	Insetticida indicato per la geodisinfestazione totale o localizzata dei terreni a coltura con barbabietola, mais, patata, orticole in genere
Phosalone	fosfororganici-ditiofosfati	tossico	Insetticida con azione frenante sullo sviluppo di acari
Phoxim	fosfororganici-tionofosfati	nocivo	Insetticida geodisinfestante impiegato nella lotta ai principali fitofagi nel terreno
Quinalphos	fosfororganici-tionofosfati	tossico	Insetticida impiegato nella lotta contro la maggior parte degli insetti fitofagi delle colture agrarie
Rameici		nocivo	Fungicida
Rimsulfuron	derivati dell'urea-solfoniluree	irritante	Erbicida in post-emergenza per il diserbo del mais
Tefluthrin	piretroidi	irritante	Insetticida impiegato per la geodisinfestazione di diverse colture
Trifluralin	nitroderivati-dinitroaniline	irritante	Erbicida selettivo per il controllo in pre-emergenza di infestanti annuali graminacee e dicotiledoni, in numerose colture
Zineb	azoto-solforganici-alchilen bis ditiocarbammati	irritante	Fungicida attivo nei confronti delle più diffuse crittogame, sulle quali agisce essenzialmente per contatto fogliare

## 4. Previsione del rischio ambientale

Il comportamento di una sostanza immessa nell'ambiente è regolato da una serie di processi di natura chimica, fisica e biologica. La sostanza può volatilizzare, ridepositarsi, essere trasportata dalle acque meteoriche e arrivare nei corpi d'acqua superficiali; può percolare con l'acqua di infiltrazione e raggiungere la falda; può, attraverso vari meccanismi di assunzione, passare negli organismi viventi ed entrare nelle catene alimentari. Attraverso i processi di biodegradazione, fotolisi, reazioni di ossido-riduzione e idrolisi la sostanza può trasformarsi e degradare. Va detto che i processi di degradazione non necessariamente determinano una diminuzione della tossicità, ma possono anche portare alla formazione di sostanze più pericolose di quelle di partenza. È indispensabile quindi conoscere i meccanismi che regolano il comportamento delle sostanze, solo così infatti si possono individuare i comparti e gli ecosistemi più esposti ai loro effetti.

Il monitoraggio, naturalmente, è lo strumento più efficace per conoscere la distribuzione ambientale di una sostanza. Tuttavia un monitoraggio generalizzato dell'ambiente è poco proponibile, sia per l'impegno di risorse richiesto sia perché, non essendo mirato, non è detto che produca i risultati attesi. Questo è vero in modo particolare per l'inquinamento di tipo diffuso, come è quello di origine agricola. In questo caso i carichi sono in genere poco elevati, mentre grandi sono le estensioni territoriali interessate; gli inquinanti, inoltre, seguono vie poco identificabili per la casualità degli eventi idrologici e il carattere sparso delle vie di drenaggio. Per questo è necessario che il monitoraggio sia preceduto da uno studio ambientale che, a partire dalla conoscenza delle quantità immesse, delle proprietà delle sostanze e dei meccanismi di trasporto, consenta di fare previsioni sul destino degli inquinanti e di individuare le aree a rischio. Di qui la necessità di disporre di strumenti previsionali.

### 4.1 Modelli di previsione

Per la previsione del destino degli antiparassitari nell'ambiente esistono strumenti a diversi livelli di complessità e di affinamento. I più semplici si basano sulle proprietà molecolari delle sostanze e danno indicazioni di massima sui comparti a rischio, senza arrivare a fare previsioni quantitative sulle concentrazioni ambientali. I più raffinati utilizzano complesse equazioni matematiche e si propongono l'obiettivo di simulare i meccanismi che regolano il comportamento delle sostanze nell'ambiente, e di fare previsioni sulle concentrazioni attese. Va detto però che mentre in teoria il realismo e la capacità predittiva dei modelli aumentano con la loro complessità e accuratezza, in pratica questa potenzialità è fortemente limitata dalla difficoltà di reperire dati sufficientemente precisi e dettagliati. Questo in particolare è tanto più vero quanto più aumenta la dimensione dello scenario ambientale che si vuole descrivere. Ne segue che in generale tanto più complesso è il modello tanto più ridotta è la scala su cui può essere ragionevolmente applicato.

Per tornare al discorso dell'inquinamento di tipo diffuso, come è quello di origine agricola, è interessante quanto a proposito affermato da Vighi e Di Guardo [5] *"... i modelli semplici in grado di produrre, con uno sforzo moderato, indicazioni quali le tendenze generali riguardo al destino e alla distribuzione ambientale, e valutazioni approssimate dell'ordine di grandezza delle concentrazioni nelle varie matrici, sembrano attualmente essere gli strumenti migliori, realisticamente applicabili, per la gestione dei pesticidi..."*.

Per le caratteristiche proprie dell'inquinamento dovuto ai prodotti fitosanitari (grandi estensioni territoriali, carichi generalmente poco elevati), si ritiene che le metodologie più idonee siano quelle cosiddette di screening, che utilizzano modelli relativamente semplici (indici) e consentono di fare previsioni a partire da una conoscenza e schematizzazione dell'ambiente abbastanza ridotte. Le valutazioni ottenute con questi indici sono di tipo

qualitativo, non danno l'entità reale del fenomeno, ma consentono di fare una classifica di pericolosità fra varie sostanze.

### Proprietà molecolari

Un'indicazione di massima sulla distribuzione ambientale di una sostanza si può avere semplicemente analizzando alcune proprietà molecolari fondamentali che esprimono l'affinità della sostanza per i principali comparti ambientali (acqua, aria, terreno e biomassa). Una sostanza con elevata **solubilità in acqua (S)**, ad esempio, tenderà a raggiungere il comparto acqua indipendentemente da dove sia stata immessa. La solubilità, pertanto, può essere assunta come indice di affinità per l'acqua. Per la gran parte delle sostanze organiche essa può variare dalla completa miscibilità sino ad un valore di  $10^{-6}$  g/L o minore per sostanze molto idrofobiche [5].

Così la **tensione di vapore (P)** indica la volatilità di una sostanza e, quindi, la sua affinità per l'aria. Per sostanze quali i prodotti fitosanitari, di norma poco volatili, il range dei valori è compreso tra  $10^{-3}$  e  $10^{-9}$  Pa [5].

La **costante di Henry ( $K_H$ )** è il rapporto all'equilibrio tra la tensione di vapore e la solubilità di una sostanza. In pratica essa rappresenta un coefficiente di ripartizione tra aria e acqua; tanto più  $K_H$  è elevata tanto maggiore sarà la tendenza della sostanza a passare dall'acqua all'atmosfera e viceversa. Il suo valore varia tra  $10^5$  e  $10^{-9}$  ( $\text{Pa m}^3 \text{mol}^{-1}$ ); generalmente le sostanze attive contenute nei prodotti fitosanitari hanno valori inferiori a 10 [5].

Il **coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua ( $K_{ow}$ )** è il rapporto tra la concentrazione all'equilibrio di una sostanza in n-ottanolo e la sua concentrazione in acqua ed è indicativo della tendenza ad accumularsi negli organismi viventi. Entrambe le concentrazioni sono espresse in unità massa/volume,  $K_{ow}$  pertanto è adimensionale. Il range dei valori di  $K_{ow}$  è compreso tra  $10^{-4}$  e  $10^8$  [1] e correntemente si usa il suo logaritmo decimale ( $\log K_{ow}$ ).  $K_{ow}$  è la grandezza che meglio descrive le caratteristiche idrofobiche di una sostanza, piuttosto che quelle lipofile, e di norma quando  $\log K_{ow} > 3$  le sostanze sono considerate idrofobiche.

Il **coefficiente di assorbimento per il carbonio organico ( $K_{oc}$ )**, che ha le dimensioni di una densità reciproca, è assunto come indice di affinità per il suolo. In realtà  $K_{oc}$  è un coefficiente di ripartizione tra la matrice organica del suolo e l'acqua ed è strettamente legato al  $K_{ow}$ . Dipende quindi dalle sole proprietà di ripartizione di una molecola tra sostanza organica e acqua, ed è indipendente da altri fenomeni di interazione con la matrice inorganica del suolo di cui deve invece tenere conto il coefficiente di ripartizione tra suolo e acqua ( $K_p = C_s/C_w$ ). Per molecole apolari e non ioniche si può comunque assumere che l'affinità per il suolo dipenda essenzialmente dal  $K_{oc}$  e dalla quantità di sostanza organica presente.

Il contenuto di carbonio organico nella maggior parte dei suoli agrari è compreso generalmente tra 1 e 5%, pertanto valori di  $\log K_{oc} > 5$  sono indice di alta affinità per il suolo, valori inferiori a 1 indicano bassa affinità per il suolo [5].

Per il calcolo del  $K_{oc}$  a partire dal  $K_{ow}$  si possono utilizzare le equazioni proposte da Karickhoff: (a)  $\log K_{oc} = \log K_{ow} - 0,21$ ; (b)  $\log K_{oc} = \log K_{ow} - 0,39$ .

Altra caratteristica fondamentale per la previsione del destino ambientale di una sostanza è la persistenza, cioè la sua capacità di rimanere inalterata. Il **tempo di dimezzamento,  $DT_{50}$** , è il tempo, espresso in giorni, necessario perché una sostanza riduca del 50% la propria concentrazione nel comparto ambientale in cui è stata inserita; nel caso dei prodotti

fitosanitari ci si riferisce al  $DT_{50}$  per il suolo. I dati di persistenza ambientale sono estremamente variabili in funzione della situazione ambientale e del tipo di esperimento effettuato. Bisogna inoltre distinguere la persistenza agronomica di una sostanza, cioè la permanenza nel suolo agricolo, dalla degradazione vera e propria.

### Indici di Leaching

Gli indici di leaching rappresentano un affinamento rispetto alle generiche previsioni basate sui parametri molecolari. Sono semplici algoritmi che utilizzano come dati di ingresso oltre alle caratteristiche molecolari già viste anche certi parametri ambientali. Forniscono indicazioni non quantitative che permettono di comparare e classificare le molecole in ordine di pericolosità. Alcuni di questi indici sono stati sviluppati specificatamente per le acque sotterranee e forniscono un'indicazione della capacità di una sostanza di raggiungere la falda. Nelle valutazioni che seguono sono stati applicati il Groundwater Ubiquity Score (GUS) [6] e il Fattore di Attenuazione AF [7] dei quali brevemente si illustra la struttura.

#### Groundwater Ubiquity Score (GUS)

È uno degli indici più semplici; utilizza come parametri soltanto il Koc e il  $DT_{50}$ , dipende pertanto esclusivamente dalle proprietà della sostanza. È un modello empirico dedotto da osservazioni sui residui di fitofarmaci riscontrati in falda.

$$GUS = \log(DT_{50}) [4 - \log(Koc)]$$

Più elevato è il suo valore maggiore sarà la mobilità della sostanza e quindi il rischio di inquinamento delle acque sotterranee.

Rispetto ai valori del GUS le sostanze si possono classificare come segue:

$GUS > 2.8$	alta mobilità
$GUS < 1.8$	bassa mobilità
$1.8 < GUS < 2.8$	indicazioni discordanti

#### Fattore di attenuazione (AF)

È anche questo un indicatore della capacità di percolazione di una sostanza; rispetto al GUS però rappresenta un affinamento in quanto considera anche la capacità di attenuazione del terreno. Dipende dal tempo di dimezzamento, dalla velocità di infiltrazione, dalla densità del terreno, dalla porosità, dalla profondità della falda, dalla costante di Henry e dal coefficiente di ripartizione suolo-acqua. Per quanto riguarda la degradazione assume una cinetica del primo ordine.

$$AF = M/M_0 = \exp(-0,693t_r/DT_{50})$$

Il risultato è un numero compreso tra 0 e 1; maggiore è il valore più elevato è il rischio di contaminazione della falda.

$M_0$  e  $M$  sono rispettivamente la quantità di pesticida applicata al terreno e quella che arriva in falda.

$$t_r = L \times FC \times RF/J_w$$

è il tempo necessario per raggiungere la falda

$$RF = [1+(r \times f_{oc} \times K_{oc})/(FC)+(AC \times K_H)/FC]$$

è detto fattore di attenuazione

$$AC = 1 - r/2,65 - FC$$

è la porosità ( $m^3/m^3$ ); 2,65 è la densità teorica del terreno in assenza dei vuoti

inoltre:

L = profondità della falda (m)

$J_w$  = ricarica annua della falda (m/anno)

FC = capacità di campo ( $m^3/m^3$ )

r = densità apparente del suolo ( $kg/dm^3$ )

f = frazione di carbonio organico nel suolo

$\overset{oc}{OM}$  = 1,72 OC relazione tra percentuale di sostanza organica e di carbonio organico

$K_{oc}$  = coefficiente di ripartizione carbonio organico acqua ( $dm^3/kg$ )

$K_H$  = costante di Henry

#### Modello Di Fugacità Di Mackay

La fugacità può essere definita come la tendenza di una molecola a sfuggire da una fase e si può esprimere in termini di pressione parziale esercitata dalla sostanza. La fugacità può essere messa in relazione lineare con la concentrazione tramite una costante di proporzionalità che può essere calcolata per ogni sostanza e per ciascuna fase.

In condizioni di equilibrio, quando cioè le concentrazioni della sostanza nelle varie fasi sono in equilibrio tra loro, la sua fugacità è la stessa in tutte le fasi; allora si può valutare la distribuzione della sostanza determinando la sua concentrazione nei vari comparti ambientali.

Il modello di fugacità può essere applicato a vari livelli di complessità; qui ci si limita a descrivere il livello I° che è quello a cui si fa riferimento nel seguito. Il livello I° del modello di fugacità assume un sistema chiuso all'equilibrio e in condizioni stazionarie; ipotizza che non ci siano degradazioni e che l'immissione della sostanza avvenga in un'unica soluzione. Il modello utilizza come dati di ingresso le sole proprietà fisico-chimiche: peso molecolare, solubilità, tensione di vapore, coefficiente di partizione ottanolo-acqua.

#### Rischio Ecotossicologico

L'uso di prodotti fitosanitari può produrre conseguenze indesiderate anche su organismi che non costituiscono l'obiettivo diretto del trattamento (organismi non bersaglio). Nell'impossibilità di valutare gli effetti di una determinata sostanza su tutti gli organismi potenzialmente esposti, sono stati individuati alcuni organismi rappresentativi di un determinato ecosistema (indicatori biologici).

In modo analogo a quanto visto per le acque sotterranee, anche per gli organismi non bersaglio sono stati formulati indici che consentono di valutare la pericolosità delle sostanze. Anche in questo caso l'uso degli indici non dà una misura quantitativa assoluta, ma consente di compilare graduatorie di pericolosità dei differenti PA.

La pericolosità delle sostanze nei confronti degli organismi non bersaglio è stata valutata mediante l'Indice Complessivo di Rischio per l'Ambiente (ICRA) [1], che assegna alle sostanze un punteggio in funzione della pericolosità ambientale complessiva. La procedura di assegnazione dei punteggi può chiaramente avere margini di soggettività e arbitrarietà, tuttavia essa rappresenta un valido tentativo di effettuare una stima globale del rischio dei prodotti fitosanitari per gli organismi non bersaglio e tiene conto dei diversi sistemi

ambientali: acquatico e sedimenti, epigeo (soprasuolo) ed aria, ipogeo (sottosuolo). L'indice di rischio è essenzialmente di tipo qualitativo e può fornire solo indicazioni di massima sulla pericolosità ambientale di un prodotto fitosanitario.

L'indice tiene conto della distribuzione nei vari comparti, che viene calcolata applicando il concetto di fugacità (Mackay livello I), considera i vari parametri di esposizione (rata di applicazione, persistenza, bioaccumulo), individua per ciascuno dei comparti ambientali considerati gli organismi indicatori e considera la tossicità della sostanza nei loro confronti.

Gli organismi non bersaglio a cui si fa riferimento (indicatori) sono **Alghe, Daphnia e Pesci** per il comparto acquatico, **Piante, Api**, altri **Artropodi utili, Uccelli e Mammiferi** per il comparto epigeo, **Lombrichi e Microrganismi** per il comparto ipogeo.

Per la struttura dell'indice e l'attribuzione dei punteggi si rimanda al documento citato [1].

## 4.2 Proprietà delle sostanze

Un limite notevole all'applicazione dei modelli di previsione è dovuto alla mancanza di dati ambientali affidabili e confrontabili. Non è chiaro se esistano standard di riferimento per le misure, gli ambiti di variabilità sono molto ampi e le varie fonti spesso non concordano affatto. Nella tabella 22, per i principi attivi analizzati, sono riportati la solubilità (S), la tensione di vapore (P), la costante di Henry ( $K_H$ ), il tempo di dimezzamento ( $DT_{50}$ ), il coefficiente di partizione ottanolo/acqua ( $K_{ow}$ ), il coefficiente di assorbimento per il carbonio organico (Koc). Per ogni parametro è indicato un valore di riferimento, che è quello utilizzato nelle valutazioni, e l'intervallo di variabilità riscontrato in letteratura.

Per la compilazione della tabella si è fatto riferimento essenzialmente alle seguenti fonti:

- ANPA "L'impatto ambientale dei prodotti fitosanitari - Valutazione del rischio per gli organismi non bersaglio" [1];
- ANPA: "L'impatto ambientale dei prodotti fitosanitari"[2];
- Tomlin C. "The pesticide manual" Decima edizione [3];
- Hornsby et al. "Pesticide properties in the environment" [4].

Il valore di Koc, quando non disponibile in letteratura, è stato calcolato a partire da quello del  $K_{ow}$  mediante la formula di Karickhoff  $\log Koc = \log Kow - 0,39$ .

Il valore di  $K_H$ , quando non direttamente disponibile, è stato ricavato come rapporto tra la tensione di vapore e la solubilità.

Come valore di riferimento per i parametri si è in genere assunto quello proposto nel documento [1] sopra citato. Allegato al documento, infatti, c'è un archivio di dati sulle proprietà di rilevanza ambientale per 300 principi attivi di prodotti fitosanitari. Nel data base sono riportati i dati raccolti nella letteratura scientifica e se ne effettua anche una valutazione critica comparativa, con indicazione dei valori più affidabili.

Per le sostanze non comprese nel suddetto rapporto e là dove nello stesso non era indicato un valore di riferimento si è assunto come tale il valore medio dell'intervallo di validità. È utile ribadire, pertanto, che il valore presentato in tabella non ha necessariamente il significato di "migliore stima" del parametro, ma spesso è solo una scelta indispensabile per poter applicare gli indici.

È utile sottolineare ancora la variabilità riscontrata nei valori di tutti i parametri, variabilità che in certi casi può arrivare a diversi ordini di grandezza. È evidente che il risultato delle valutazioni con questi intervalli di variabilità può essere influenzato notevolmente dal valore di ingresso utilizzato e pertanto i margini di arbitrarietà sono elevati.

Tab. 22: Caratteristiche ambientali delle sostanze.

Principi attivi	P (Pa)	$\Delta$ (P) (Pa)	S (mg/l)	$\Delta$ (S) (mg/l)	$K_H$ ( $\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ )	$\Delta$ ( $K_H$ ) ( $\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ )	$DT_{50}$ (g)	$\Delta$ ( $DT_{50}$ ) (g)	$\log K_{oc}$	$\Delta$ ( $\log K_{oc}$ )	$\log K_{ow}$	$\Delta$ ( $\log K_{ow}$ )
Acephate	2,3E-04		7,9E+05	5,0E+03÷8,2E+05	6,4E-08	5,3E-08÷6,4E-08	6,5	3,0÷10,0	0,5	0,3÷0,5	1,1	-0,9÷1,1
Aclomifen	1,6E-05	9,0E-09÷1,6E-05	2,5E+00	1,4E+00÷2,5E+00	3,9E-07		71,0	36,0÷80,0	3,7	3,7÷4,1	4,2	4,2÷4,4
Anilazine	8,2E-07	8,2E-07÷8,3E-07	8,0E+00		1,0E-07		1,0	0,5±1,0	3,0		3,8	1,9÷4,4
Azinphos-methyl	3,0E-05	1,0E-06÷5,1E-02	2,9E+01	1,5E+01÷3,3E+01	1,5E-05	1,5E-05÷3,2E-03	34,5	5,0÷64,0	2,6	1,3÷3,5	2,7	2,7÷3,8
Bendaxyl	1,3E-03	6,7E-04÷1,3E-03	3,7E+01		5,7E-03		45,5	20,0÷71,0	3,0	3,0÷3,9	3,4	
Bentfuracarb	2,6E-05		8,0E+00		4,1E-03		1,0	0,2±1,2	4,1		4,3	
Carbaryl	1,6E-04	4,1E-05÷6,6E-01	1,2E+02	3,0E+01÷1,0E+03	4,4E-04	4,4E-04÷3,2E+00	10,0		2,0	2,0÷3,0	2,4	1,6÷3,1
Chlorpyrifos	2,5E-03	8,8E-04÷1,0E-02	7,3E-01	7,3E-02÷6,2E+01	4,1E-03	4,1E-03÷7,9E+00	75,0	30,0÷120,0	4,1	1,6÷4,9	5,3	3,3÷5,3
Chlorpyrifos-methyl	5,6E-03	9,9E-05÷5,6E-03	4,0E+00		7,4E-06		12,5	4,0÷21,0	4,2	3,5÷4,2	4,3	3,8÷4,3
Cyfluthrin	1,0E-08	9,0E-08÷2,0E-06	2,0E-03	1,9E-03÷4,3E-03	1,4E-05		63,0	30,0÷63,0	5,0		6,0	5,6÷6,0
Cymoxanil	8,0E-05		1,0E+03	8,9E+02÷1,0E+03	6,4E-12		1,5	0,8±14,0	0,5		0,7	0,6÷0,7
Cypermethrin	1,9E-07	5,0E-10÷1,3E-05	4,0E-03	-1,0E-02÷4,1E-02	1,9E-02	1,9E-02÷8,0E-02	30,0		5,0	4,0÷5,0	6,4	2,4÷6,6
Deltamethrin	4,0E-08	4,0E-08÷1,3E-05	2,0E-04	2,0E-04÷2,0E-03	4,2E-06	< 4,2E-06	23,0	< 23,0	6,2	5,7÷6,2	6,5	4,6÷6,5
Diazinon	8,0E-03	9,7E-05÷1,1E-02	6,0E+01	3,2E+00÷7,0E+01	6,7E-02	7,0E-03÷1,4E-01	52,5	40,0÷65,0	2,9	2,3÷3,3	3,4	1,9÷4,2
Dichlofluamid	2,1E-05		1,3E+00		1,6E-05				3,3		3,7	
Dimethoate	3,3E-03	2,9E-04÷1,0E-02	2,5E+04	5,0E+03÷4,0E+04	1,1E-04	1,4E-06÷1,1E-04	7,0	2,0÷16,0	0,7	0,1±1,7	0,8	-0,3÷2,7
Dimethomorph	1,0E-06	9,7E-07÷1,0E-06	1,2E+01	6,0E+00÷5,0E+01	1,3E-08		-	-	2,4	-	2,6	-
Dinocap	5,3E-06	5,3E-09÷5,3E-06	4,0E+00	1,0E-01÷4,0E+00	1,3E-06		5,0	4,5±6,1	2,8	2,7±2,8	4,5	
Endosulfan	1,3E-03	2,3E-05÷1,2+01	5,3E-01	5,0E-02÷1,2E+00	1,1E+00	3,3E-02÷1,0E+01	50,0	30,0÷70,0	3,5 a; 3,8 b	3,1±4,3	3,6	2,2÷5,1
Folpet	1,3E-03	<1,3E-03	1,0E+00	-	1,3E-03		4,3		3,3	1,8±3,3	3,6	2,8÷3,6
Fosetyl-aluminium	1,3E-04	1,3E-05÷1,3E-02	1,2E+05	-	1,6E-11		0,1	0,01÷0,1	1,3	1,3±2,5	-2,7	
Furathiocarb	3,9E-06		1,1E+01	-	3,5E-07		4,0	-	4,4	-	4,6	

segue

segue

Principi attivi	P (Pa)	$\Delta(P)$ (Pa)	S (mg/l)	$\Delta(S)$ (mg/l)	$K_n$ (Pa·m <sup>3</sup> ·mol <sup>-1</sup> )	$\Delta(K_n)$ (Pa·m <sup>3</sup> ·mol <sup>-1</sup> )	DT <sup>90</sup> (g)	$\Delta(DT_{90})$ (g)	$\log K_{c,\Delta} (\log K_{c,\Delta}) \log K_{c,\Delta} (\log K_{c,\Delta})$	
Haloxyfop-ethoxyethyl	1,6E-02	1,3E-06÷1,6E-02	1,9E+00	1,9E+00÷2,7E+00	8,4E-08		77,5	55,0÷100,0	4,1 -	4,3 4,3÷4,5
Imidacloprid	2,0E-07		5,1E+02	-	3,9E-10		-	-	0,4 -	0,6
Isafenphos	4,0E-04	2,2E-04÷5,3E-04	2,4E+01	1,8E+01÷2,4E+01	3,2E-06		165,0	30,0÷300,0	2,8 1,2÷2,8	4,0 3,6÷4,0
Lambda-cyhalothrin	2,0E-07		5,0E-03	3,0E-06÷5,0E-03	7,4E-06		56,0	28,0÷84,0	5,3	7,0
Lindane	4,1E-03	1,7E-02÷7,4E-04	7,3E+00	1,5E-01÷1,2E+01	1,6E-01		400,0		3,1 0,1÷4,6	3,7 2,8÷5,4
Linuron	2,0E-03	1,1E-03÷2,7E-03	7,5E+01	6,5E+01÷8,1E+01	5,4E-03	4,0E-03÷6,2E-03	60,0	20,0÷100,0	2,6 2,6÷2,9	2,8 2,2÷3,3
Mancozeb	1,0E-09		6,0E+00	6,0E+00÷2,0E+01	1,0E-10		70,0	6,0÷70,0	3,3 >3,3	
Metaxyl	7,5E-04	2,9E-04÷7,5E-04	8,4E+03	7,0E+03÷8,4E+03	8,9E-08		70,0	70,0÷90,0	1,6 1,6÷3,2	1,7 1,3÷1,7
Methiocarb	1,6E-02	3,6E-05÷1,6E-02	3,0E+01	2,4E+01÷4,0E+02	5,3E-04		30,0		2,5 2,5÷2,8	2,9 2,9÷3,3
Metribuzin	1,3E-05	1,3E-05÷5,8E-05	1,2E+03	1,0E+03÷1,2E+03	1,1E-08		45,0	30,0÷60,0	1,6 0,9÷2,0	2,0 1,2÷2,4
Oxadixyl	3,3E-06		3,4E+03		9,7E-10		225,0	180,0÷270,0	0,4	0,7 0,6÷0,8
Phorate	8,5E-02	1,1E-02÷2,5E-01	2,2E+01	1,4E+01÷2,2E+02	7,7E-01	6,5E-01÷1,0E+00	53,5	25,0÷82,0	2,8 2,5÷3,5	3,8 1,3÷4,7
Phosalone	6,7E-05	6,5E-05÷6,6E-03	3,0E+00	1,7E+00÷1,0E+01	5,8E-06		2,5	2,0÷3,0	3,4 3,1÷3,4	4,3 3,8÷4,4
Phoxim	2,1E-03		1,5E+00		1,4E-03		7,2		3,2	3,4
Quinalphos	3,5E-04		1,8E+01		1,9E-05		21,0		4,2	4,4
Rimsulfuron	1,5E-06		7,3E+03	1,0E+01÷7,3E+03	2,6E-08		3,0	1,7-4,3	-1,68	-1,5 -1,5÷1,9
Tefluthrin	2,5E-03	2,5E-03÷8,0E-03	2,0E-02		2,0E-02	2,0E-02÷7,0E-01	24,0		6,3	6,5
Trifluralin	2,9E-03	2,9E-03÷3,2E-02	2,2E-01	5,0E-02÷6,0E+01	5,2E+00	4,0E+00÷1,7E+01	60,0	57,0÷126,0	4,1 2,7÷4,5	5,0 3,0÷5,4
Zineb	1,0E-05		1,0E+01		2,8E-04		30,0		3,0	1,3 <1,3

### 4.3 Caratteristiche del territorio

L'applicazione dell'indice AF per la previsione della capacità di percolazione nelle acque sotterranee, ha richiesto la disponibilità di dati pedologici, idrogeologici e meteorologici dell'area studiata. I dati, per i campioni di suolo considerati, sono riportati in tabella 23.

Per quanto riguarda i dati sulla composizione del suolo, la percentuale di sostanza organica, la capacità di campo, il punto di appassimento si è fatto riferimento alle analisi pedologiche eseguite su campioni di suolo del comprensorio [8].

La densità apparente del suolo è stata valutata a partire dal contenuto di sabbia e argilla in base al grafico di figura 14 derivato dal modello PRZM del Department of Agriculture, Agricultural Research Service degli Stati Uniti (USDA).

Il parametro AWC (Available Water Content), che indica il contenuto d'acqua del suolo utilizzabile dalle piante, è la differenza tra il contenuto d'acqua alla capacità di campo e quello al punto di appassimento. La ricarica netta ( $J_w$ ) è stata valutata tenendo conto delle precipitazioni, dell'evapotraspirazione e dell'irrigazione.

Per i dati climatologici si è fatto riferimento alle serie storiche rilevate in alcune stazioni del comprensorio [9]. In particolare i dati pluviometrici riguardano il periodo dal 1921 al 1967 e le temperature il periodo dal 1951 al 1967.

Tabella 23: Proprietà pedologiche e idrogeologiche dei suoli

Campione	Località	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Tessitura	Sost. Organica (%)	Densità Apparente (kg/dm <sup>3</sup> )	Capacità di Campo (%)	Punto Appassimento (%)	Porosità Efficace	AWC (mm)	Jw (mm/anno)
1	Gradoli - Le Mattee	61,0	25,0	14,0	franco sabbiosa	1,77	1,55	22,00	12,30	0,20	0,097	0,091
2	Grotte di Castro - La Pieve	67,0	20,0	13,0	franco sabbiosa	0,99	1,60	32,00	17,80	0,08	0,142	0,046
3	Acquapendente - Valtieri	74,0	16,0	10,0	franco sabbiosa	1,35	1,60	27,00	15,00	0,13	0,12	0,068
4	Grotte di Castro - Pianinciano	62,0	25,0	13,0	franco sabbiosa	1,25	1,55	28,00	15,10	0,14	0,129	0,059
5	Acquapendente - Valtieri	66,0	22,0	12,0	franco sabbiosa	1,71	1,57	26,00	14,70	0,15	0,113	0,075
6	Grotte di Castro - Scapornano	70,0	20,0	10,0	franco sabbiosa con sensibile presenza di scheletro	1,28	1,57	27,00	14,90	0,14	0,121	0,067
7	Acquapendente - Valtieri	78,0	14,0	8,0	franco sabbiosa con sensibile presenza di scheletro	1,94	1,63	25,00	14,00	0,13	0,11	0,078
8	Acquapendente - Valtieri	77,0	13,0	10,0	franco sabbiosa	0,72	1,63	23,00	13,00	0,15	0,1	0,088
9	Acquapendente - S.Francesco	78,0	13,0	9,0	franco sabbiosa	0,99	1,64	24,00	13,00	0,14	0,11	0,078
10	Grotte di Castro - Pagano	77,0	15,0	8,0	franco sabbiosa	0,99	1,60	26,00	14,70	0,14	0,113	0,075
11	Onano - Leprata	56,0	27,0	17,0	franco sabbiosa	2,50	1,53	29,00	15,90	0,13	0,131	0,057
12	Latera - Trattio	61,0	23,0	16,0	franco sabbiosa	2,50	1,57	26,00	14,30	0,15	0,117	0,071
14	Latera - Querciarota	72,0	18,0	10,0	franco sabbiosa	1,84	1,61	26,00	14,70	0,13	0,113	0,075
18	Grotte di Castro - Salcinella	57,0	22,0	21,0	franco argilloso sabbiosa	1,05	1,57	23,00	12,70	0,18	0,103	0,085
22	Grotte di Castro - Campomoro	49,0	28,0	23,0	franca	1,64	1,53	24,00	13,20	0,18	0,108	0,08

segue

segue

Campione	Località	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Tessitura	Sost. Organica (%)	Densità Apparente (kg/dm <sup>3</sup> )	Capacità di Campo (%)	Punto Appassimento (%)	Porosità Efficace	AWC (mm)	Jv (mm/anno)
24	Grotte di Castro - Pagano	45,0	23,0	32,0	franco argillosa	1,35	1,55	25,00	14,00	0,17	0,11	0,078
29	Grotte di Castro - Pagano	57,0	24,0	19,0	franco sabbiosa	0,95	1,56	29,00	16,30	0,12	0,127	0,061
30	Grotte di Castro - Cunicchio	70,0	20,0	10,0	franco sabbiosa	1,48	1,61	21,00	11,50	0,18	0,095	0,093
31	S.Lorenzo Nuovo - Ponticello	69,0	20,0	11,0	franco sabbiosa	1,61	1,60	27,00	15,40	0,13	0,116	0,072
33	S.Lorenzo Nuovo - Candele	54,0	32,0	14,0	franco sabbiosa	1,71	1,53	32,00	17,80	0,10	0,142	0,046
35	S.Lorenzo Nuovo - S. Giovanni	67,0	21,0	12,0	franco sabbiosa	1,45	1,58	24,00	14,00	0,16	0,1	0,088
36	Onano - Valloni	74,0	17,0	9,0	franco sabbiosa	0,95	1,62	25,00	14,00	0,14	0,11	0,078
37	Onano - Lampugnano	65,0	23,0	12,0	franco sabbiosa	1,41	1,57	27,00	15,00	0,14	0,12	0,068
39	S. Lorenzo Nuovo - Le Quarte	59,0	28,0	13,0	franco sabbiosa	1,38	1,54	29,00	15,30	0,13	0,137	0,051
40	Onano - Ara della Pastorella	76,0	15,0	9,0	franco sabbiosa	1,08	1,62	24,00	13,00	0,15	0,11	0,078
42	Onano - La Selva	70,0	21,0	9,0	franco sabbiosa	1,38	1,59	25,00	13,90	0,15	0,111	0,077
43	Gradoli - Il Rigo	73,0	19,0	8,0	franco sabbiosa	1,45	1,59	15,00	8,30	0,25	0,067	0,121
44	Gradoli - Il Borgo	56,0	29,0	15,0	franco sabbiosa	1,84	1,53	19,00	10,70	0,23	0,083	0,105
45	Onano - Banditella	75,0	16,0	9,0	franco sabbiosa	1,05	1,61	19,00	10,50	0,20	0,085	0,103
46	Onano - Borogni	69,0	19,0	12,0	franco sabbiosa	0,56	1,60	22,00	12,00	0,18	0,1	0,088
49	Gradoli - Il Rosignone	70,0	20,0	10,0	franco sabbiosa con sensibile presenza di scheletro	1,84	1,61	16,00	9,00	0,23	0,07	0,118
50	Onano - Il Bicchiere	64,0	23,0	13,0	franco sabbiosa	1,45	1,56	18,00	10,00	0,23	0,08	0,108
51	Grotte di Castro - Montecuculo	72,0	19,0	9,0	franco sabbiosa	1,15	1,61	13,00	7,50	0,26	0,055	0,133

segue

segue

Campione	Località	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Tessitura	Sost. Organica (%)	Densità Apparente (kg/dm <sup>3</sup> )	Capacità di Campo (%)	Punto Appassimento (%)	Porosità Efficace	AWC (mm)	Jw (mm/anno)
52	Gradoli - Campo della rete	70,0	20,0	10,0	franco sabbiosa con sensibile presenza di scheletro	1,64	1,61	7,80	4,00	0,31	0,038	0,15
55	Onano - La Fratta	70,0	20,0	10,0	franco sabbiosa	0,95	1,61	17,00	9,70	0,22	0,073	0,115
56	Acquapendente - S. Francesco	61,0	23,0	16,0	franco sabbiosa	1,53	1,57	19,00	10,80	0,22	0,082	0,106

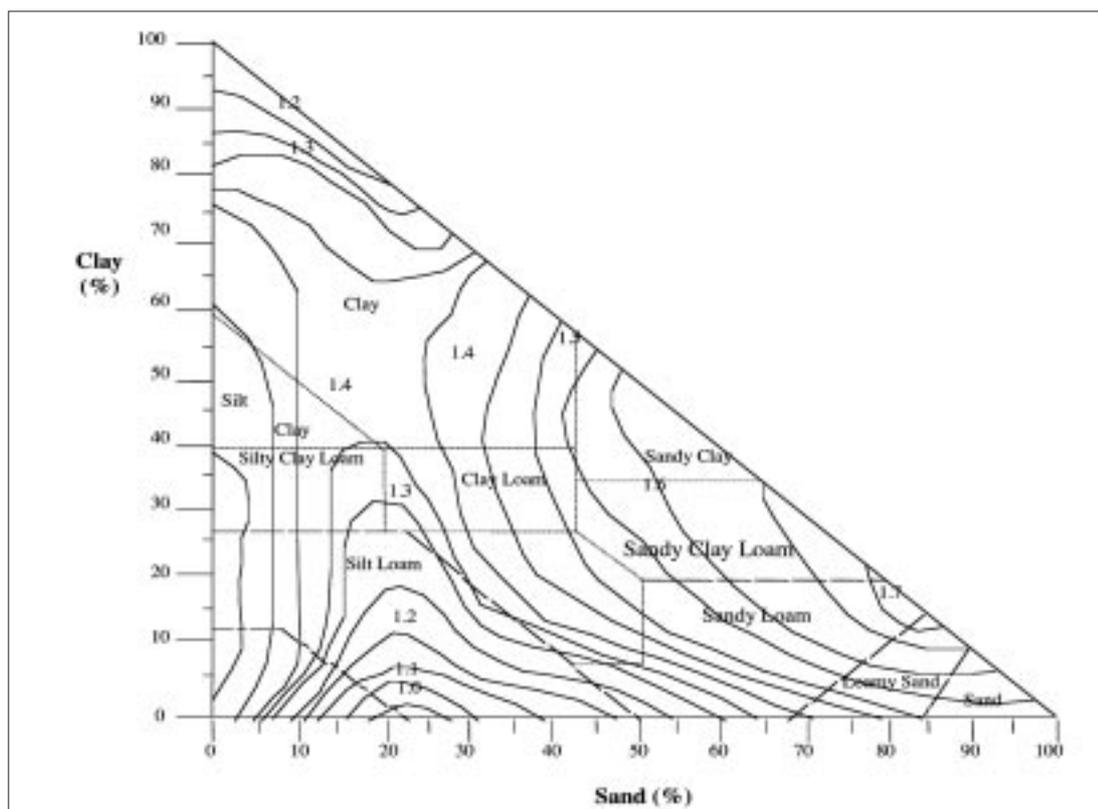


Figura 14: Densità apparente del suolo (g/cm<sup>3</sup>). (W. J. Rawls, U.S.D.A.).

### Bilancio Idrico

Il clima nella zona è di tipo sub-continentale con una piovosità concentrata nei mesi autunnali e invernali. Le precipitazioni si attestano sui 1000 mm/anno, così distribuiti: il 65-70% nel periodo autunno-inverno, il 20-25% in primavera e il resto in estate. La temperatura media nell'anno è 13 °C, in inverno è 5,7 °C e in estate 20,9 °C.

Il bilancio idrico valutato a partire da questi dati meteorologici e corretto per tenere conto dell'irrigazione, è sintetizzato in tabella 24 e rappresentato nel grafico di fig. 15.

Nel periodo primavera-estate, anche tenendo conto del contributo dell'irrigazione, si ha sostanzialmente una condizione di deficit idrico del terreno in quanto l'evapotraspirazione supera le precipitazioni.

Tabella 24: Bilancio idrico

Mese	Temp. medie (°C)	Evapotrasp. potenziale (mm)	Precip. utili (mm)	Irrigazione (mm)	Bilancio idrico (mm)
Gennaio	5,3	49	72		23
Febbraio	5,5	49	76		27
Marzo	7,8	68	76		8
Aprile	10,9	83	70		-13
Maggio	14,6	105	49	30	-26
Giugno	18,9	120	41	60	-19
Luglio	21,8	131	28	60	-43
Agosto	22,0	122	31		-91
Settembre	18,9	99	66		-33
Ottobre	14,3	79	101		22
Novembre	9,7	53	114		56
Dicembre	6,3	49	100		51

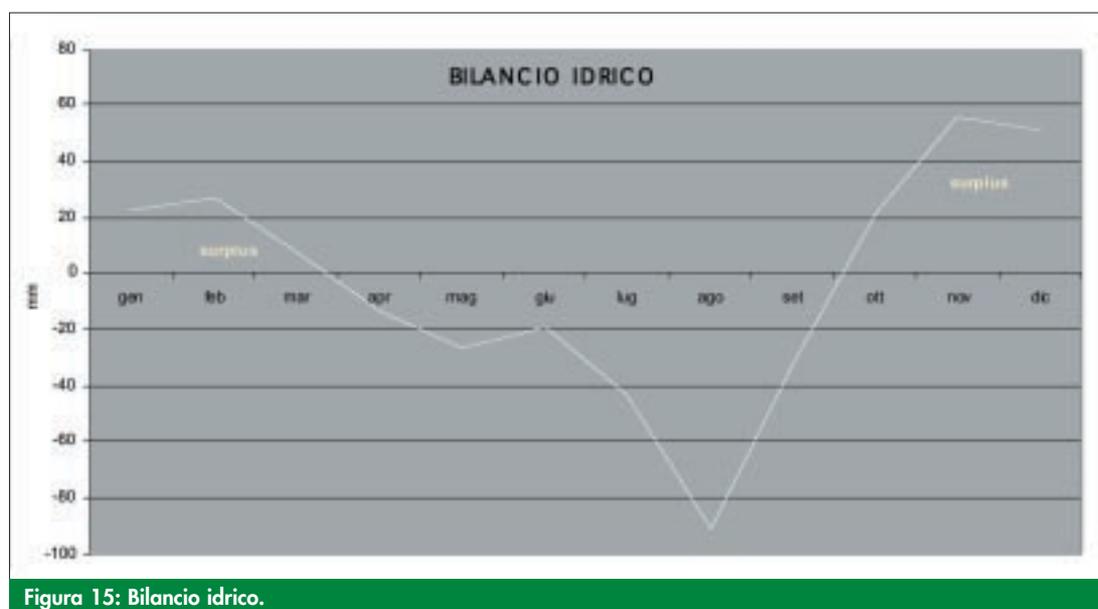


Figura 15: Bilancio idrico.

#### 4.5 Risultati dei modelli e discussione

##### Modello di fugacità di Mackay

In tabella 25, per i principi attivi considerati è riportata la distribuzione ambientale secondo il modello di fugacità di Mackay (livello 1°). I valori sono tratti dalle schede riportate nel documento ANPA già citato [1].

Tabella 25: Distribuzione ambientale secondo il modello di fugacità di Mackay livello I

Principi attivi	Aria	Acqua	Suolo	Sedimenti	Solidi sospesi	Biomassa acquatica	Biomassa vegetale	Totale moli
Rimsulfuron	0,00	99,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	100
Cymoxanil	0,00	99,83	0,06	0,05	0,00	0,00	0,06	100
Dimethoate	0,00	99,80	0,07	0,07	0,00	0,00	0,07	100
Oxadixyl	0,00	99,79	0,07	0,07	0,00	0,00	0,07	100
Acephate	0,00	99,62	0,16	0,15	0,00	0,00	0,08	100
Metalaxyl	0,00	98,74	0,59	0,55	0,00	0,00	0,12	100
Metribuzin	0,00	97,64	1,14	1,06	0,00	0,00	0,17	100
Carbaryl	0,01	94,74	2,58	2,41	0,00	0,00	0,26	100
Dimethomorph	0,00	90,72	4,60	4,30	0,01	0,00	0,38	100
Azinphos-methyl	0,01	89,49	5,21	4,87	0,01	0,00	0,41	100
Linuron	0,20	87,73	6,00	5,60	0,01	0,00	0,45	100
Methiocarb	3,35	80,66	7,98	7,45	0,01	0,00	0,54	100
Benalaxyl	0,25	62,58	18,69	17,45	0,03	0,01	0,99	100
Diazinon	0,86	61,13	19,12	17,85	0,03	0,01	1,00	100
Phoxim	8,44	58,42	16,66	15,55	0,03	0,01	0,89	100
Folpet	6,23	46,74	23,71	22,13	0,04	0,01	1,14	100
Dichlofluanid	0,09	45,81	27,30	25,48	0,04	0,01	1,28	100
Lindane	2,53	44,69	26,63	24,86	0,04	0,01	1,24	100
Endosulfan	15,41	43,62	20,65	19,27	0,03	0,01	1,00	100
Anilazine	0,00	40,78	29,90	27,91	0,05	0,01	1,35	100
Phorate	12,30	35,30	26,50	24,70	0,01	0,40	0,70	100
Isofenphos	0,06	27,93	36,42	33,99	0,06	0,02	1,52	100
Aclonifen	0,00	22,35	39,31	36,69	0,06	0,02	1,59	100
Benfuracarb	0,01	17,59	41,74	38,95	0,06	0,02	1,63	100
Chlorpyrifos-methyl	2,67	17,12	40,62	37,92	0,06	0,02	1,59	100
Haloxypop-ethoxyethyl	2,11	16,27	41,35	38,59	0,06	0,02	1,60	100
Dinocap	0,00	10,95	45,15	42,14	0,07	0,02	1,67	100
Furathiocarb	0,00	9,68	45,81	42,75	0,07	0,02	1,68	100
Quinalphos	68,27	3,93	14,10	13,16	0,02	0,01	0,53	100
Trifluralin	5,87	3,85	45,84	42,78	0,07	0,01	1,58	100
Chlorpyrifos	0,00	2,29	49,64	46,33	0,08	0,01	1,65	100
Cyfluthrin	0,00	0,43	50,65	47,27	0,08	0,01	1,57	100
Cypermethrin	0,00	0,19	50,79	47,40	0,08	0,01	1,54	100
Deltamethrin	0,00	0,14	50,82	47,43	0,08	0,01	1,52	100
Tefluthrin	2,39	0,13	49,61	46,30	0,08	0,01	1,49	100
Lambda-cyhalothrin	0,27	0,04	50,76	47,37	0,08	0,01	1,48	100
Fosetyl-aluminium	-	-	-	-	-	-	-	-
Imidacloprid	-	-	-	-	-	-	-	-
Mancozeb	-	-	-	-	-	-	-	-
Phosalone	-	-	-	-	-	-	-	-
Rameici	-	-	-	-	-	-	-	-
Zineb	-	-	-	-	-	-	-	-

Dalla distribuzione ambientale secondo Mackay emerge che l'acqua è il comparto più a rischio per la maggior parte delle sostanze. In particolare (fig. 16), più del 30% delle sostanze (12 PA sui 36 per i quali si dispone di dati) hanno una distribuzione in acqua superiore

all'ottanta per cento del totale. Tra le sostanze con alta affinità per l'acqua ci sono gli erbicidi Rimsulfuron, Metribuzin, Linuron; i fungicidi Cymoxanil, Oxadixil, Metalaxil, Dimethomorph; gli insetticidi Dimetoato, Acephate, Carbaryl, Azinphos-methyl.

Con oltre il 40% della distribuzione complessiva, invece, hanno alta affinità per il suolo: Lamda-Cialotrina, Teflutrin, Deltametrina, Cipermetrina, Ciflutrin, Clorpirifos, Trifluralin, Dinocap, Furatiocarb, Haloxifop-ethoxyethyl, Clorpirifos-metile, Benfuracarb.

Nei grafici di fig. 17, 18, 19 è riportata per le varie sostanze la percentuale di distribuzione nell'acqua, nel suolo e nella biomassa in generale.

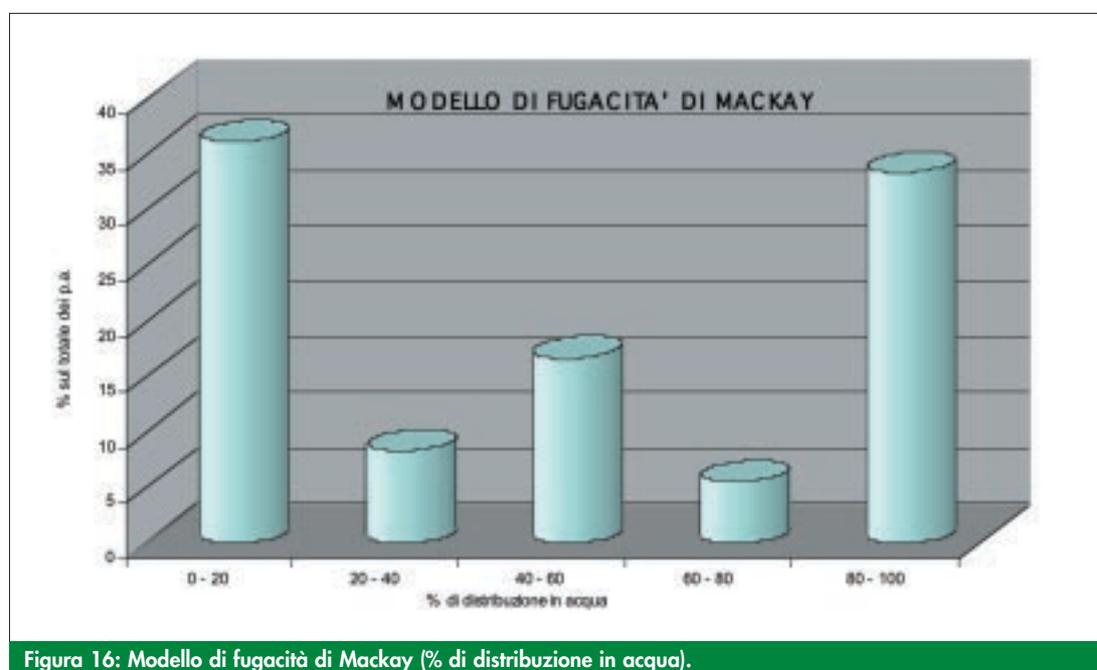


Figura 16: Modello di fugacità di Mackay (% di distribuzione in acqua).



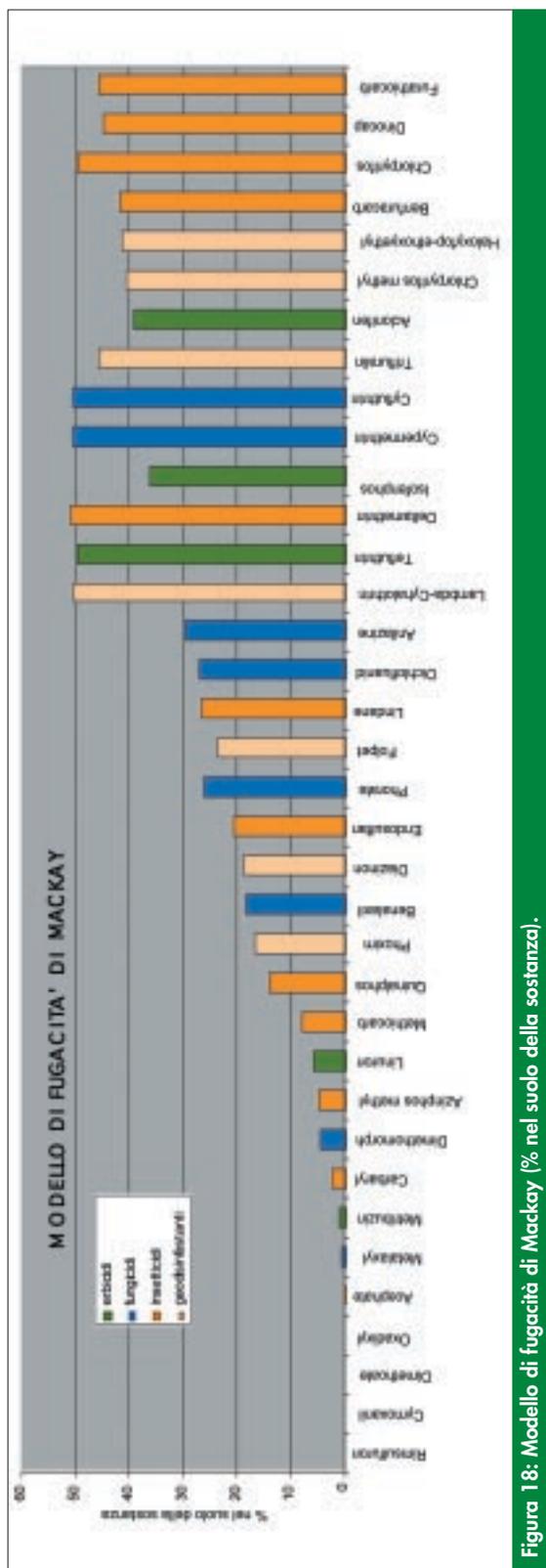


Figura 18: Modello di fugacità di Mackay (% nel suolo della sostanza).

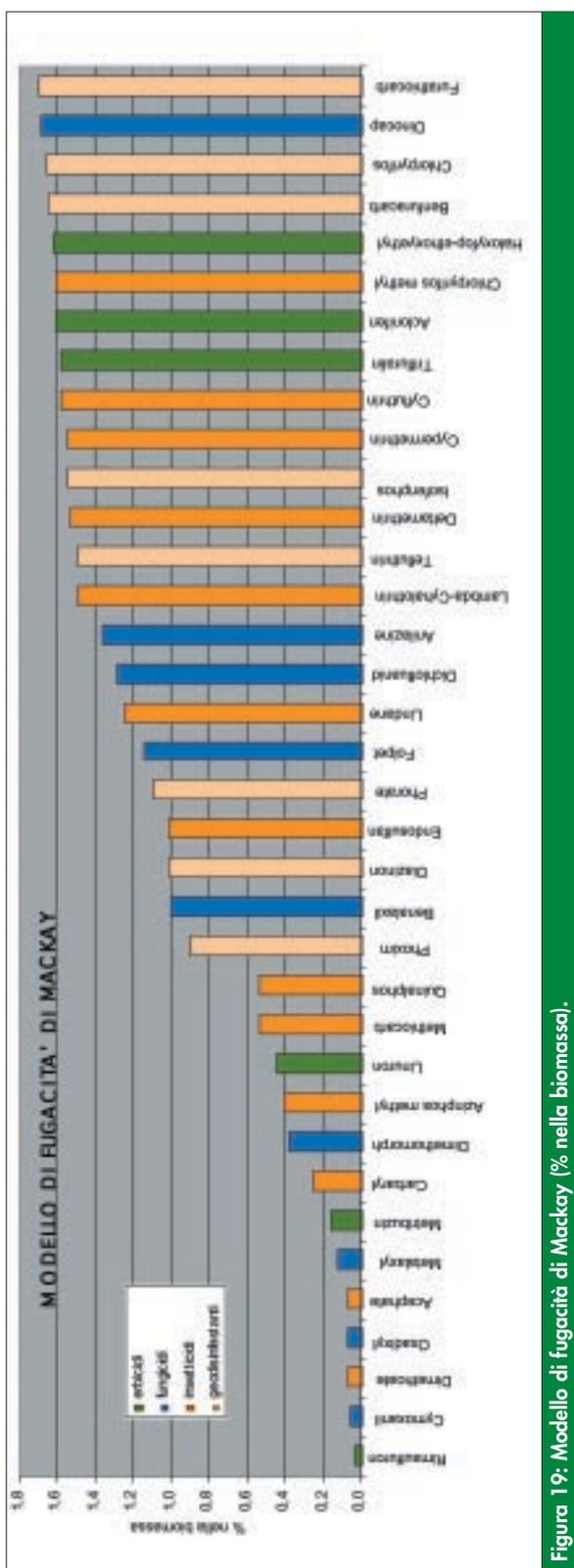


Figura 19: Modello di fugacità di Mackay (% nella biomassa).

### Indici di Leaching

Il risultato dell'applicazione degli indici GUS e AF è riportato in tabella 26; i principi attivi sono numerati in ordine progressivo e per ciascuno è riportato anche il valore medio del carico annuale (kg/ha) che risulta dal QdC. Poiché entrambi misurano il rischio di inquinamento per la falda è pertanto possibile una loro correlazione. L'applicazione del **GUS** ai 41 principi attivi di origine organica del QdC ha dato i seguenti risultati:

- 4 hanno valori di GUS > 2,8 (mobilità elevata): sono due fungicidi (Oxadixil e Metalaxil), un erbicida (Metribuzin) e un insetticida (Acephate). L'Oxadixil in particolare è risultato quello con la più alta possibilità di raggiungere la falda, per la concomitanza di una persistenza elevata e di un Koc basso;
- 10 hanno valori compresi tra 2,8 e 1,8 (indicazioni discordanti sulla mobilità);
- 24 hanno valori di GUS < 1,8 (bassa mobilità);
- per 3 di essi non è stato possibile calcolare l'indice per mancanza di dati.

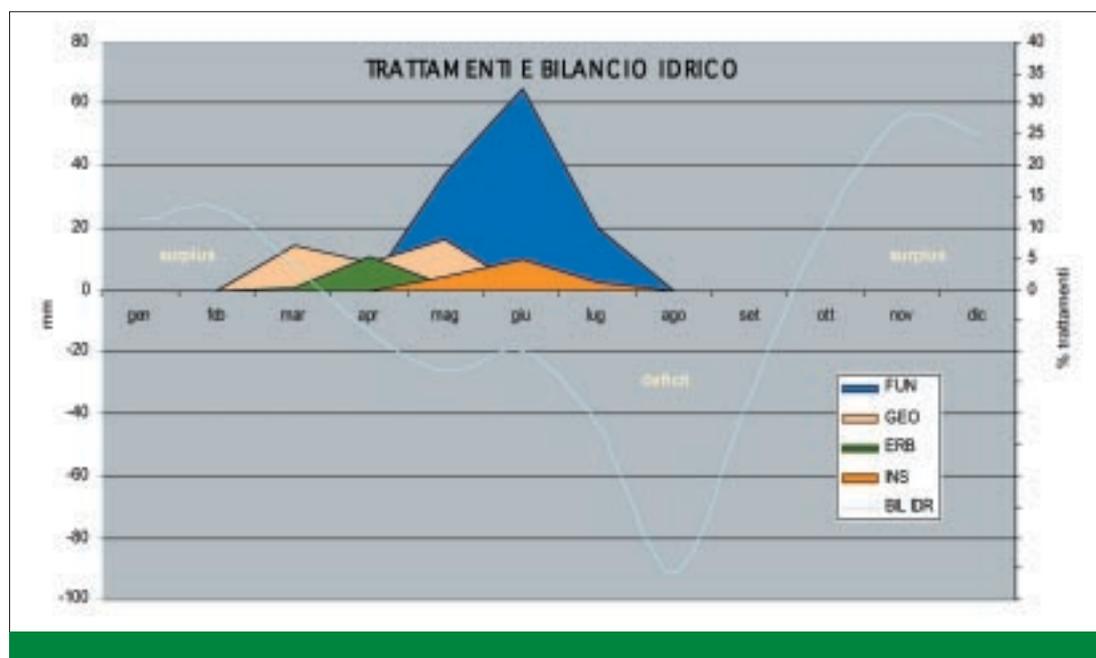
In figura 20 i valori del GUS sono riportati su un diagramma logaritmico; i PA, numerati secondo l'ordine di tabella 26, sono messi in relazione con le curve che delimitano le aree di alta e bassa mobilità. Per valutare meglio il rischio di inquinamento della falda è utile mettere in relazione i valori del GUS con le quantità medie applicate in un anno<sup>4</sup> (fig. 21). Si vede che oltre alle quattro sostanze ad alta mobilità già viste, vi sono alcune che, pur con valori di GUS

<sup>4</sup> I carichi medi annuali sono relativi al 1997, ad eccezione dei PA per cui non c'erano dati nell'anno per i quali si è fatto riferimento agli anni precedenti.

intermedi, presentano carichi per ettaro abbastanza elevati: è il caso di Isofenphos, Linuron, Lindano, Azinphos-methyl, Phorate, Carbaryl e Diazinon. Altre ancora come lo Zineb pur con valori bassi di GUS hanno dosi di impiego elevate. Le sostanze per cui sembra meno probabile il rischio di contaminazione della falda sono Cypermethrin, Cyfluthrin, Lambda-Cialotrina, Deltametrina, Tefluthrin, che oltre valori di GUS molto bassi presentano anche dosi di impiego ridotte.

L'applicazione degli indici ipotizza un'infiltrazione di acqua nel sottosuolo costante, dedotta dal valore medio annuale della ricarica. In realtà la mobilità delle sostanze deve essere messa in relazione con l'effettiva disponibilità d'acqua nel terreno e quindi con l'andamento reale delle precipitazioni. È evidente che se non ci sono precipitazioni a ridosso dei trattamenti, non c'è infiltrazione e viene a mancare il veicolo principale di trasporto nel terreno. Questo fatto è fondamentale specialmente per le sostanze a vita media breve. Un'analisi puntuale di questo tipo richiederebbe la disponibilità degli andamenti delle precipitazioni per gli anni a cui si riferisce il QdC. Un'indicazione utile, in mancanza di meglio, può venire dall'esame del bilancio idrico effettuato sulle serie meteorologiche storiche del comprensorio. Nella figura sottostante il bilancio idrico è messo in relazione con l'andamento dei carichi sul territorio.

Per quanto riguarda il rischio di inquinamento delle acque sotterranee è importante, quindi, considerare i trattamenti che avvengono nella prima parte del ciclo colturale. Le sostanze che vanno considerate prioritariamente sono pertanto i geodisinfestanti e gli erbicidi che proprio in questo periodo presentano picchi di carico complessivo sul territorio. Come già detto, inoltre, le modalità di applicazione (gli erbicidi direttamente al suolo, i geodisinfestanti interrati).



Per gli erbicidi, oltre il Metribuzin che è tra le sostanze più mobili, va considerato il Linuron che, sebbene meno mobile (GUS = 2,49), è di gran lunga l'erbicida più usato sul territorio e presenta inoltre elevati carichi unitari. Tra i geodisinfestanti vanno considerati in modo

prioritario Isufenphos (ha un carico unitario tra i più alti e da solo rappresenta circa il 16% del consumo totale dei composti organici), ma anche il Phorate e il Diazinon. Quello che dovrebbe presentare meno problemi per le acque sotterranee è il Furathiocarb, sebbene sia in assoluto la sostanza organica più utilizzata sul territorio e presenti carichi unitari tra i più alti.

Per le altre sostanze, specialmente quelle a persistenza minore, anche con valori di GUS medio alto, è più probabile una presenza nelle acque di superficie piuttosto che un rischio di contaminazione della falda.

Nell'applicazione dell'**indice AF** si è ipotizzato che la capacità di attenuazione sia tutta concentrata in un unico strato superficiale di suolo con caratteristiche omogenee di spessore pari a due metri. Per ogni tipo di suolo si è inoltre valutato il valore della ricarica netta. È evidente la semplificazione insita in queste assunzioni, specialmente nella prima che da un lato trascura l'effetto degli strati profondi della zona sottosatura e dall'altro considera l'efficacia dei meccanismi di attenuazione indipendente dalla profondità, mentre è noto che la biodegradazione in modo particolare avviene sostanzialmente nello strato più superficiale (alcune decine di centimetri), dove più alta è la popolazione microbica.

L'indice è stato applicato ad alcuni PA presi a riferimento, per tutte le condizioni di suolo riportate in tabella 23. Nel caso del Linuron (fig. 22) e dell'Isufenphos (fig. 23) l'attenuazione calcolata nelle condizioni ipotizzate è molto bassa per tutti i tipi di suolo, i valori di AF infatti non scendono sotto 0,99. Più sensibile, invece, l'attenuazione nel caso del Phoxim (fig. 24), con valori di AF che arrivano fino a 0,7. Nel caso del Furathiocarb (fig. 25), in linea con quanto già emerso dall'applicazione del GUS, i valori dell'attenuazione sono generalmente molto alti per tutti i tipi di suolo. Da notare che, fra i parametri del suolo, quello che dà il contributo più significativo all'attenuazione sembra essere il contenuto di carbonio organico; i valori più bassi di AF, infatti, si hanno in corrispondenza dei campioni di suolo col più alto contenuto di sostanza organica.

L'applicazione di AF fatta per tutti i PA su un campione di suolo con capacità di attenuazione intermedia (camp. 35) dà risultati che concordano abbastanza bene con le indicazioni del GUS almeno per quanto riguarda le sostanze poco mobili e quelle molto mobili. Per le sostanze con valori di GUS intermedio (es.: Dimetoato, Rimsulfuron, Isufenphos, Linuron, Lindano ecc. ), invece, l'attenuazione, in tutte le condizioni di suolo riportate, è sempre piuttosto bassa. Non bisogna dimenticare d'altra parte le assunzioni fatte che, almeno nel caso di falda profonda, portano a trascurare completamente il contributo degli strati profondi del suolo. Il fatto di avere ottenuto alti valori di AF per queste sostanze, peraltro, sembra confermare la necessità, già emersa analizzando il GUS in relazione ai carichi effettivi sul territorio, che per le sostanze con indicazioni discordanti sulla mobilità (valori di GUS intermedi), non si può a priori escludere la contaminazione delle acque sotterranee.

Tabella 26: Indici GUS e AF

N.	Principi attivi	GUS	AF	kg/ha
1	Oxadixyl	8,37	1,00	0,27
2	Metaxyl	4,45	1,00	0,12
3	Metribuzin	3,95	1,00	0,31
4	Acephate	2,86	1,00	0,21
5	Dimethoate	2,78	1,00	0,30
6	Rimsulfuron	2,71	1,00	0,01
7	Isofenphos	2,59	1,00	0,74
8	Linuron	2,49	1,00	0,77
9	Lindane	2,32	1,00	0,50
10	Methiocarb	2,25	0,99	0,13
11	Azinphos-methyl	2,14	0,99	0,70
12	Phorate	2,04	0,99	1,00
13	Carbaryl	1,98	0,99	0,59
14	Diazinon	1,84	0,99	0,81
15	Benalaxyl	1,66	0,99	0,16
16	Zineb	1,48	0,98	1,75
17	Mancozeb	1,29	0,98	0,53
18	Endosulfan	0,92	0,97	0,89
19	Dinocap	0,84	0,93	0,14
20	Phoxim	0,71	0,89	0,37
21	Cymoxanil	0,62	0,99	0,36
22	Aclonifen	0,52	0,96	0,61
23	Folpet	0,46	0,78	0,50
24	Phosalone	0,23	0,55	0,72
25	Anilazine	0,00	0,56	1,29
26	Benfuracarb	0,00	0,00	1,10
27	Chlorpyrifos-methyl	-0,20	0,50	0,30
28	Haloxifop-ethoxyethyl	-0,23	0,91	0,13
29	Furathiocarb	-0,23	0,03	1,01
30	Chlorpyrifos	-0,24	0,90	1,21
31	Trifluralin	-0,25	0,88	0,94
32	Quinalphos	-0,30	0,63	0,46
33	Cypermethrin	-1,48	0,15	0,05
34	Cyfluthrin	-1,80	0,40	0,05
35	Lambda-cyhalothrin	-2,19	0,16	0,03
36	Fosetyl-aluminium	-2,70	0,80	0,84
37	Deltamethrin	-3,01	0,00	0,02
38	Tefluthrin	-3,16	0,00	0,07
39	Dichlofluanid	-	-	1,08
40	Imidacloprid	-	-	0,10
41	Dimethomorph	-	-	0,27

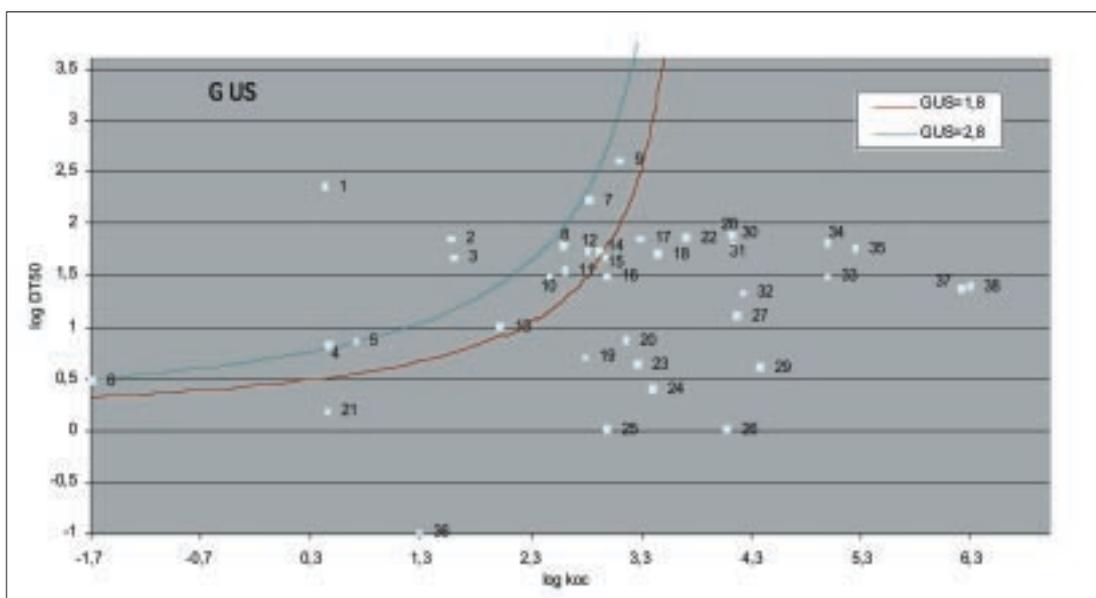


Figura 20: Indice GUS.

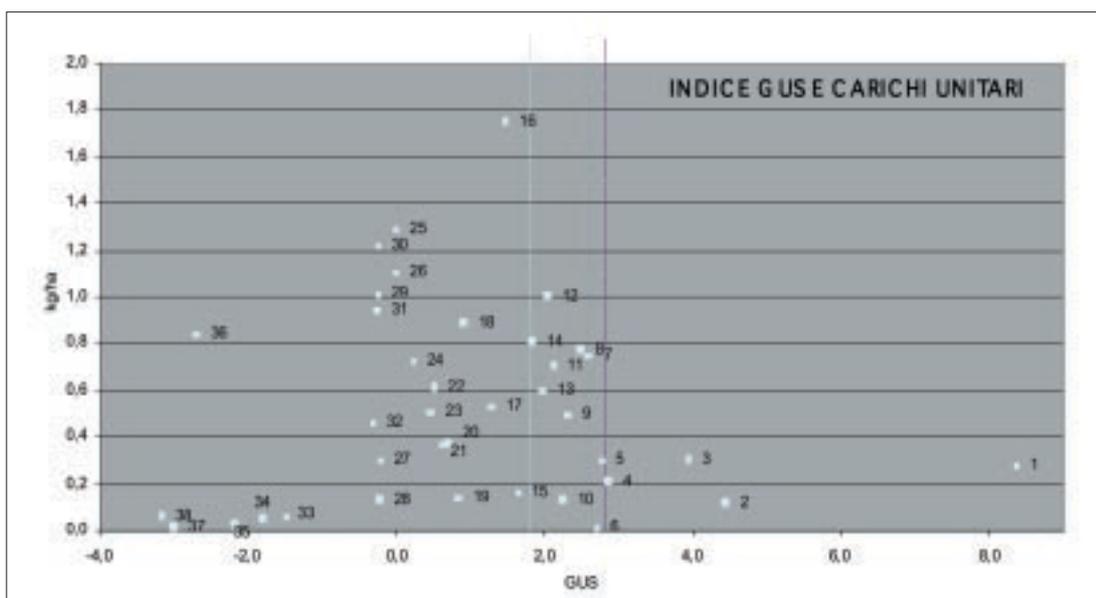


Figura 21: Indice GUS e carichi unitari.

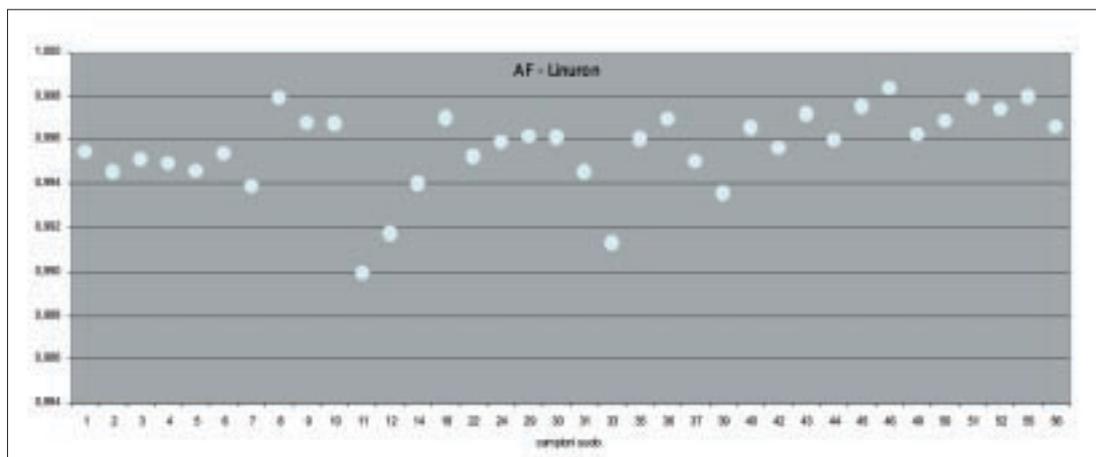


Figura 22: AF - Linuron.

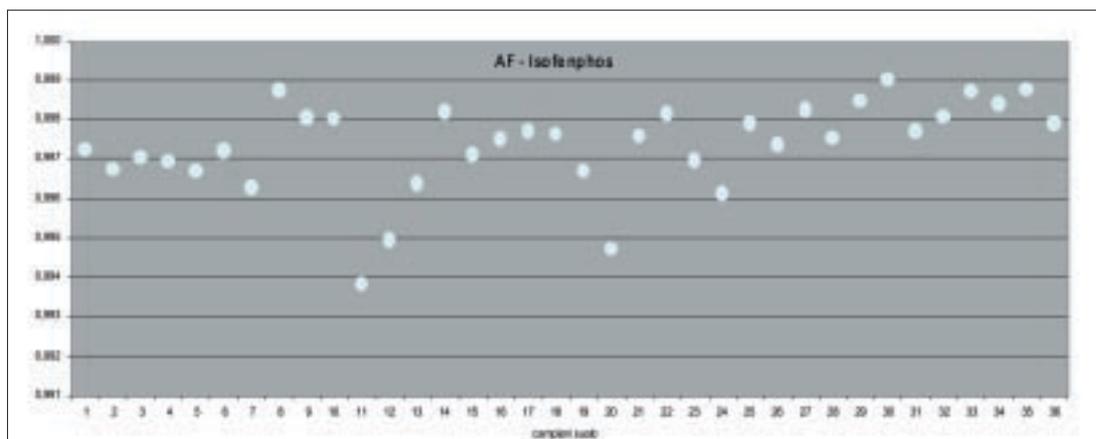


Figura 23: AF - Isfenphos.

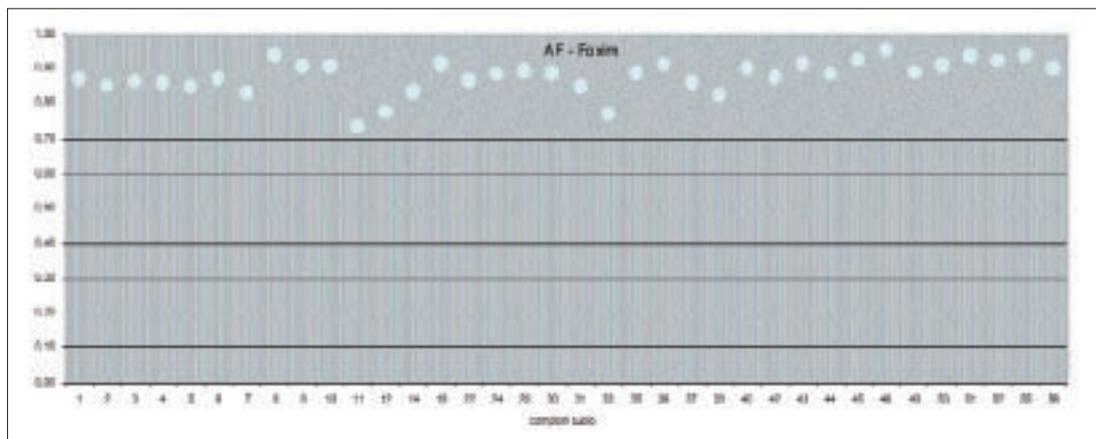


Figura 24: AF - Foxim.

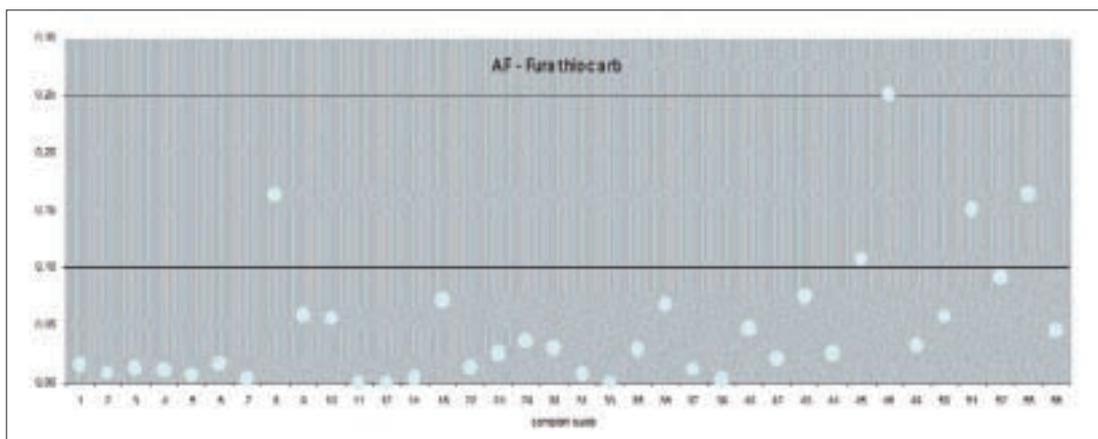


Figura 25: AF - Furathiocarb.

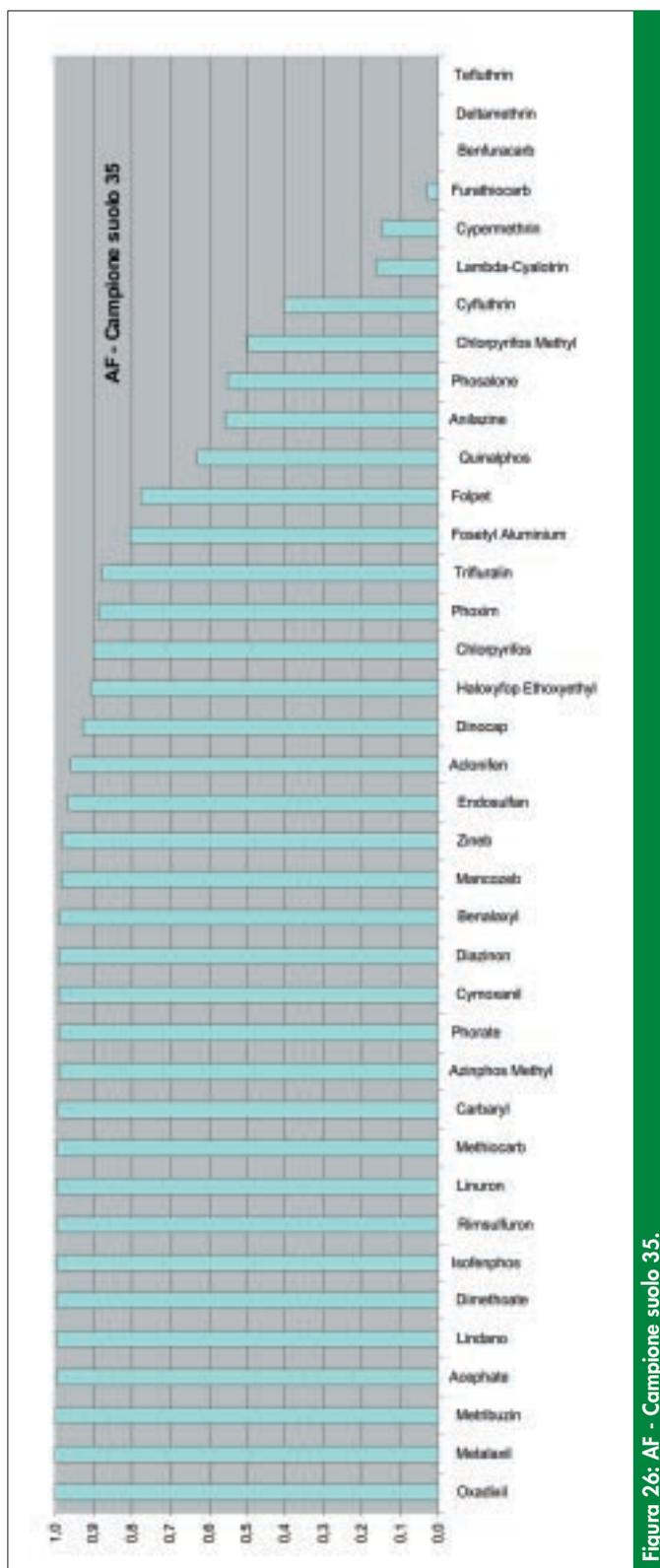


Figura 26: AF - Campione suolo 35.

## lcra

Per quanto riguarda l'Indice Complessivo di Rischio per l'Ambiente per gli organismi non bersaglio (ICRA) si è fatto riferimento al documento ANPA già citato [1], al quale facciamo riferimento ovviamente anche per la discussione dei risultati.

Nel nostro caso il valore dell'ICRA era disponibile solo per 21 dei 41 PA di natura organica del QdC. Il valore dell'indice per le sostanze considerate varia tra 0,9 (Rimsulfuron) e 57,4 (Lindano). Il valore massimo che può assumere l'indice è 120, che però è un valore puramente

teorico *"in quanto è impensabile che una sostanza possa avere elevata affinità per tutti i comparti ambientali o alta tossicità per tutti i gruppi sistematici di organismi viventi [1]."*

Tabella 27: Punteggi dell'indice ICRA

Principi attivi	lcra
Lindane	57,4
Chlorpyrifos	51,9
Isofenphos	48,7
Endosulfan	46,4
Diazinon	34,1
Aclonifen	32,9
Linuron	31,4
Metribuzin	26,8
Haloxypop-ethoxyethyl	24,7
Quinalphos	24,1
Azinphos-methyl	22,1
Cypermethrin	17,7
Methiocarb	16,9
Anilazine	15,2
Cyfluthrin	12,4
Metalaxyl	12,1
Deltamethrin	10,1
Carbaryl	9,3
Folpet	4,1
Cymoxanil	2,1
Rimsulfuron	0,9

La classificazione proposta nel documento [1] è la seguente:

I	$0 < ICRA \leq 10$	rischio potenziale trascurabile
II	$10 < ICRA \leq 20$	rischio potenziale moderato
III	$20 < ICRA \leq 40$	rischio potenziale alto
IV	$ICRA > 40$	rischio potenziale molto alto

In base a questa classificazione risulterebbero nella classe di rischio più elevata quattro insetticidi (Lindano, Chlorpyrifos, Isofenphos, Endosulfan), mentre i fungicidi e gli erbicidi rientrerebbero al massimo nella III classe di rischio.

Nel dettaglio tra i fungicidi, Cymoxanil e Folpet appartengono alla I classe, Anilazine e Metalaxil alla II classe.

Per gli erbicidi, il Rimsulfuron appartiene alla I classe, Aclonifen, Metribuzin, Linuron, Haloxypop Ethoxyethyl alla terza.

Per gli insetticidi, il Carbaryl appartiene alla I classe,

Deltamethrin, Cyfluthrin, Methiocarb, Cypermethrin alla seconda, Azinphos methyl, Quinalfos, Diazinon alla terza, e i quattro già visti nella categoria di rischio più elevato.

Il fatto che Lindano e Endosulfan risultino tra le sostanze a potenziale di rischio più alto sembra confermare la validità dell'indice: è ben nota e documentata, infatti, la pericolosità ambientale degli organoclorurati. Meno documentata è la pericolosità ambientale di Isofenphos e Chlorpyrifos, tuttavia tenendo conto dei dati che evidenziano un pericolo per alcune specie animali (api, insetti utili, pesci) e della *"elevata persistenza sembra legittimo ipotizzare la loro potenziale pericolosità ambientale."*

Nelle categorie di rischio più basso sembrano essere i piretroidi (Deltametrina, Cipermetrina) e le solfoniluree (Rimsulfuron)

Dall'applicazione dell'indice *"sembra emergere una maggiore pericolosità ambientale degli insetticidi rispetto alle altre due categorie" il che potrebbe far pensare a uno sbilanciamento dell'indice nel senso di far pesare di più "gli organismi animali ... rispetto alla componente vegetale o microbica" [1].* D'altra parte è anche vero che *"se da un lato, tutte le componenti di una catena trofica hanno pari importanza per garantire l'omeostasi di un sistema*

ecologico, dall'altro la componente animale è più sensibile ad uno stress (in termini di capacità di recupero) rispetto a quella microbica o vegetale e come tale, a nostro avviso deve essere maggiormente salvaguardata."

Nel grafico di figura 27 sono riportati in forma di istogramma i risultati dell'ICRA suddivisi, in base al colore, per classi funzionali.

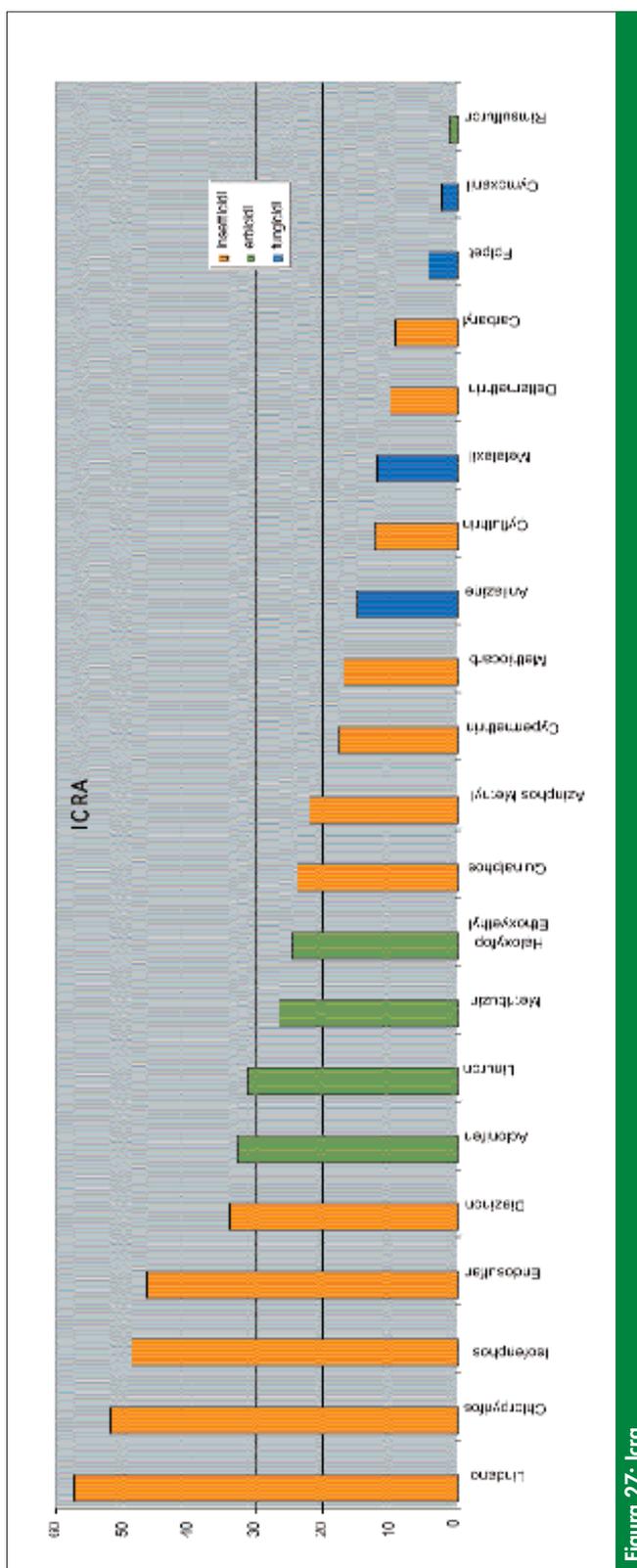


Figura 27: Icrs.

## 5. Conclusioni

Lo studio aveva per obiettivo la determinazione dei consumi effettivi di prodotti fitosanitari in un'area agricola campione e, quindi, la valutazione previsionale del destino delle sostanze inquinanti e del conseguente rischio per l'ambiente. Si voleva inoltre verificare, utilizzandoli su una scala ridotta e in un contesto abbastanza noto, l'efficacia di alcune metodologie di previsione da esportare eventualmente su scala più ampia.

A questo scopo è stata individuata una zona che comprende diversi comuni a nord del lago di Bolsena in provincia di Viterbo. La scelta è stata dettata dal fatto che erano disponibili i dati del quaderno di campagna istituito da un consorzio di produttori della zona. Il quaderno di campagna riguarda solo la patata, che però è una delle colture più importanti; interessa infatti diversi comuni con elevate percentuali di superficie agricola utilizzata (SAU); inoltre l'omogeneità delle caratteristiche territoriali conferiscono all'area studiata le caratteristiche di quello che si può definire uno scenario agricolo ambientale.

L'indagine sui consumi, per quanto monotematica e localizzata, ha tuttavia assunto, per le dimensioni del campione di territorio coinvolto, il carattere di un vero e proprio censimento delle pratiche agricole e dei trattamenti fitosanitari. I dati analizzati riguardavano il triennio 1995- '97, con oltre 1500 dichiarazioni complessive e una superficie interessata che nel '97 è stata di 558 ettari.

Come primo risultato dello studio, per quanto non fosse tra gli obiettivi dichiarati, si è avuta una fotografia della situazione territoriale della zona, che consente di comprenderne meglio il tipo di agricoltura e di conseguenza anche il tipo di pressione ambientale che ne discende. Dall'indagine emerge il quadro di un'agricoltura intensiva caratterizzata da una frammentazione del territorio molto alta. Le aziende agricole sono costituite da tanti corpi separati di dimensioni piccole e spesso ridottissime. Nel triennio c'è stato un lieve incremento della superficie media, la cui interpretazione peraltro non è univoca, che comunque è sempre risultata inferiore all'ettaro. La distribuzione per classi di superficie ha mostrato inoltre che il caso più frequente è quello di appezzamenti intorno al mezzo ettaro.

Per quanto riguarda i consumi dei prodotti fitosanitari sono stati censiti oltre 80 preparati e di più di 40 sostanze attive. Il numero di trattamenti effettuato in media sui terreni è compreso, anche in dipendenza dell'andamento stagionale, tra otto e dieci.

I consumi sono stati analizzati per composizione chimica e per classe funzionale. Si è visto che oltre la metà (53 - 54%) dei consumi è rappresentato da sostanze inorganiche (solo rameici e quasi esclusivamente ossicloruro di rame). Dal punto di vista funzionale i fungicidi rappresentano oltre il 60% dei consumi, gli insetticidi circa il 30% e gli erbicidi circa il 7%.

Le sostanze complessivamente utilizzate sul territorio, come già detto, sono oltre 40, poche però sono quelle percentualmente importanti. Oltre all'ossicloruro di rame già citato, per quello che riguarda i composti organici, sei principi attivi da soli rappresentano una quota dei consumi compresa nel triennio tra il 70 e l'80% del totale. C'è costanza, inoltre, sia nelle sostanze più utilizzate sia nelle quote di consumo. In assoluto sono i geodisinfestanti i prodotti che più incidono sui consumi (3 PA rappresentano oltre il 40% dei composti organici).

Per quanto riguarda i consumi unitari si sono ottenuti valori compresi tra 35 e 40 kg/ha per i formulati e 6 - 7 kg/ha per i principi attivi.

Per tutte le sostanze sono state valutate le dosi nella singola applicazione e come somma dei trattamenti annuali. I valori ottenuti mostrano una notevole concordanza nel triennio, e, là dove è stato possibile il confronto, concordano abbastanza bene con le dosi di etichetta (questo risultato conforta anche sulla coerenza interna dei dati del QdC).

È stato possibile inoltre analizzare la distribuzione dei trattamenti in funzione del tempo e in relazione alle pratiche agronomiche. L'andamento temporale dei consumi complessivi nell'area, oltre a confermare ulteriormente la sostanziale validità dei dati del QdC, ha consentito di individuare per ciascuna classe di prodotti i periodi di maggiore pressione

ambientale. Questo fatto unito alla georeferenziabilità dei carichi (non solo a livello di comune, ma anche a quello estremamente dettagliato di località) e all'andamento meteorologico della zona ha permesso di effettuare previsioni non generiche sul destino delle sostanze.

La seconda parte del lavoro ha riguardato lo studio del destino delle sostanze e la previsione del rischio per l'ambiente. Il rischio per l'ambiente è stato analizzato considerando l'impatto sulle componenti vulnerabili (acqua, suolo) e sugli organismi non bersaglio.

La specificità dell'inquinamento di origine agricola (grandi estensioni, casualità degli eventi meteorici) di fatto, preclude l'uso di modelli di previsione complessi, che teoricamente sarebbero in grado di simulare i fenomeni che intervengono e controllano il destino delle sostanze. Questa limitazione è dovuta all'impossibilità di arrivare a una descrizione puntuale degli scenari per estensioni così ampie. Di fatto non si può far altro che utilizzare modelli semplici, che basandosi su pochi parametri facilmente reperibili, consentano di prevedere le tendenze generali riguardo alla distribuzione ambientale delle sostanze.

Con il modello di fugacità di Mackay si è fatta una stima della ripartizione delle sostanze nelle diverse matrici ambientali; quindi sono stati utilizzati indici di leaching (GUS, AF) per fare previsioni sulle sostanze più a rischio per le acque sotterranee. Per quanto riguarda gli organismi non bersaglio si è utilizzato un indice di rischio complessivo per l'ambiente (ICRA) per costruire una scala di pericolosità delle sostanze.

Anche l'uso di semplici indici basati su pochi dati di ingresso ha permesso di evidenziare le carenze conoscitive in campo ambientale. I dati infatti non sempre sono disponibili e in genere sono di scarsa affidabilità e confrontabilità. L'esame della letteratura ha evidenziato l'esistenza di intervalli di variabilità molto ampi (fino a diversi ordini di grandezza) per i parametri utilizzati nelle valutazioni. La scelta del valore di riferimento nelle valutazioni è pertanto fondamentale e i risultati possono variare notevolmente in funzione di questa.

Nelle valutazioni si è cercato di adottare un valore di migliore stima per i parametri, ma non sempre questo è stato possibile; in molti casi la scelta è stata dettata unicamente dalla necessità di disporre di un dato per applicare gli indici. È chiaro pertanto che i risultati delle valutazioni vanno presi con cautela.

Dalla ripartizione ambientale secondo Mackay (livello I) emerge che l'acqua è generalmente il comparto più a rischio di inquinamento con oltre il 30% delle sostanze indagate che hanno mostrato una distribuzione in acqua superiore al 80%. Tra le sostanze ad alta affinità per l'acqua ci sono gli erbicidi Rimsulfuron, Metribuzin, Linuron; i fungicidi Cymoxanil, Oxadixil, Metalaxil, Dimethomorph; gli insetticidi Dimetoato, Acephate, Carbaryl, Azinphos-methyl.

Per quanto riguarda il rischio di inquinamento delle acque sotterranee, l'applicazione dell'indice GUS, che misura la capacità di percolazione considerando solo le caratteristiche molecolari della sostanza, ha evidenziato la presenza di quattro sostanze ad alta mobilità ( $GUS > 2,8$ ), dieci con mobilità intermedia ( $1,8 < GUS < 2,8$ ) e il resto a bassa mobilità ( $GUS < 1,8$ ). Le sostanze a più alta mobilità sono Oxadixil, Metalaxil, Metribuzin e Acephate.

L'indice AF, che tiene conto anche dell'interazione col suolo, è stato applicato a diversi tipi di suolo della zona e ha sostanzialmente confermato i risultati del GUS per quello che riguarda le sostanze molto mobili e poco mobili; per le sostanze, invece, con valori di GUS intermedio l'applicazione di AF ha mostrato in genere bassi valori dell'attenuazione. Questo in parte è dovuto alle approssimazioni adottate. L'analisi di sensibilità ai parametri che intervengono nella struttura dell'indice ha mostrato inoltre che un contributo importante all'attenuazione è dato dal contenuto di sostanza organica del suolo. Il basso tenore di quest'ultima riscontrato generalmente nei suoli della zona è quindi senz'altro una delle cause della ridotta capacità

di attenuazione evidenziata.

Per valutare meglio il rischio di inquinamento della falda i valori del GUS trovati sono stati messi in relazione con le dosi medie applicate in un anno. Si è visto che alcune sostanze che hanno valori di GUS intermedi, presentano però carichi per ettaro abbastanza elevati: è il caso di Isofenphos, Linuron, Lindano, Azinphos-methyl, Phorate, Carbaryl e Diazinon.

L'applicazione degli indici ipotizza un'infiltrazione di acqua nel sottosuolo costante, dedotta dal valore medio annuale della ricarica. In realtà la mobilità delle sostanze deve essere messa in relazione con l'effettiva disponibilità d'acqua nel terreno e quindi con l'andamento reale delle precipitazioni. Non disponendo dei dati meteorologici puntuali per il triennio studiato, si è fatto riferimento alle serie meteorologiche storiche del comprensorio. Si è visto così che le precipitazioni sono concentrate sostanzialmente nei mesi autunnali e invernali e che a partire da aprile, anche tenendo conto dell'irrigazione, si ha sostanzialmente una condizione di deficit per quanto riguarda il contenuto d'acqua del suolo.

Per quanto riguarda il rischio di inquinamento delle acque sotterranee è importante, quindi, considerare i trattamenti che avvengono nella prima parte del ciclo colturale. Le sostanze che vanno considerate prioritariamente sono pertanto gli erbicidi e i geodisinfezzanti, che proprio in questo periodo presentano picchi di carico complessivo sul territorio e che oltre al resto, hanno modalità di applicazione (direttamente al suolo i primi, interrati i secondi) che implicano maggiori rischi per le acque sotterranee.

Tra gli erbicidi, oltre il Metribuzin che è tra le sostanze più mobili, va considerato il Linuron che, sebbene meno mobile (GUS = 2,49), è di gran lunga il diserbante più usato in zona e presenta inoltre elevati carichi unitari.

Tra i geodisinfezzanti vanno considerati in modo prioritario Isofenphos (ha un carico unitario tra i più elevati e da solo rappresenta circa il 16% del consumo totale dei composti organici), ma anche il Phorate e il Diazinon. Quello che dovrebbe presentare meno problemi per le acque sotterranee è il Furathiocarb, sebbene sia in assoluto la sostanza organica più utilizzata sul territorio e presenti carichi unitari tra i più alti; e questo per la concomitanza di una bassa persistenza e di un'elevata affinità per il suolo.

Per le altre sostanze, specialmente quelle a persistenza minore, anche con valori di GUS medio alto, è più probabile una presenza nel suolo e nelle acque di superficie piuttosto che un rischio di contaminazione della falda.

La valutazione del rischio per quanto riguarda gli organismi non bersaglio (ICRA) mostra in generale una maggiore pericolosità degli insetticidi rispetto alle altre sostanze. I punteggi ottenuti con l'indice sembrano peraltro confermare la pericolosità ben documentata degli organoclorurati (Endosulfan e Lindano); mentre nelle categorie di rischio più basso si collocano i piretroidi (Deltametrina, Cipermetrina) e le solfoniluree (Rimsulfuron).

Riguardo all'efficacia delle metodologie di previsione, premesso che una risposta documentata potrebbe venire solo da un monitoraggio degli effetti, quello che si può dire è che attualmente, per un problema come quello delle sorgenti diffuse, non è pensabile andare oltre previsioni sulle tendenze generali riguardo al modo di distribuirsi delle sostanze nell'ambiente. Bisogna dire, anzi, che anche per i pochi parametri richiesti a questo scopo si è ben lontani dal disporre di dati attendibili. La qualità delle informazioni ambientali è generalmente bassa, i dati sono incompleti, disomogenei, mancano standard di riferimento per le misure, specialmente per quelle di natura ecotossicologica. La variabilità dei parametri, considerando i valori presenti in letteratura, è quasi sempre molto alta e, anche semplici indici come quelli utilizzati nello studio possono dare risultati tutt'altro che univoci. Questo non toglie che un uso attento e combinato di strumenti abbastanza generici e con modesta capacità di risoluzione possa portare a informazioni utili sul destino delle sostanze. La strada quindi è sicuramente da percorrere e deve essere fatto uno sforzo maggiore nel

campo della qualità dei dati ambientali.

Qualche parola in conclusione riguardo all'utilità di uno strumento per la rilevazione del consumo di prodotti fitosanitari. Si è visto che anche una semplice scheda come quella adottata dal CCORAV, con poche informazioni essenziali, consente di ottenere dati e di formulare analisi altrimenti impensabili.

Il fatto, poi, che l'esigenza di una disciplina nell'uso dei prodotti fitosanitari sia ormai avvertita dagli stessi operatori del settore, consente di affermare che le resistenze reali o paventate all'adozione di uno strumento di rilevazione dei consumi possono essere superate. È chiaro che il successo di un eventuale strumento di rilevazione da adottare a livello nazionale dipende molto dalla semplicità dello stesso, che dovrebbe badare alle informazioni essenziali.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- [1] ANPA: "L'impatto ambientale dei prodotti fitosanitari - Valutazione del Rischio per gli Organismi non Bersaglio". Serie Documenti 10/1999.
- [2] ANPA: "L'impatto ambientale dei prodotti fitosanitari" Serie documenti 4/98.
- [3] Tomlin C. "The pesticide manual" Decima edizione ; 1994
- [4] Hornsby et al. "Pesticide properties in the environment" Prima edizione ; 1996
- [5] M. Vighi, E. Funari: Pesticide Risk in Groundwater, 1995.
- [6] Gustafson D.I. Groundwater Ubiquity Score: A simple method for assessing pesticide leachability. Environmental Toxicology and Chemistry. 8: 339-357, 1989.
- [7] Rao, P.S.C., A.G. Hornsby, and R.E. Jessup. "Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater" Proc. Soil Crop Sci. Soc-Fla. 44: 1-8, 1985.
- [8] C.C.OR.A.V.: "Progetto Collettivo Inerente la Realizzazione di un Servizio Agrometeorologico... - Analisi Pedologiche".
- [9] Consorzio di Bonifica della Val di Paglia Superiore – Piano generale di bonifica del comprensorio di ampliamento, 1974.
- [10] Muccinelli: Prontuario dei Fitofarmaci – Ottava edizione – Edagricole.
- [11] Istat: 4° censimento generale dell'agricoltura – 21 ottobre 1990 – 22 febbraio 1991. Fascicoli provinciali: Viterbo.
- [12] L'informatore agrario: N. 2, 10-16 gennaio 1997.
- [13] M. Vighi, E. Bacci – Ecotossicologia – UTET 1998.
- [14] E. Bacci – Ecotoxicology of organic contaminants – Lewis publishers, 1994.

# Appendice

## Dati analitici del quaderno di campagna

## Appendice I Anno 1995

### Analisi superfici

Il 1995 è il primo anno di applicazione del quaderno di campagna ed è quello con il minor numero di dichiarazioni disponibili. Nel 1995, infatti, non c'erano i dati di tutte le cooperative aderenti al Consorzio. Le superfici coltivate sono comprese essenzialmente nei comuni di Grotte di Castro, Onano e San Lorenzo Nuovo (Tabella 1 e Figura 1). Sono state esaminate 367 schede, ognuna identifica una parcella, per una superficie complessiva di 329 ha. Le schede incomplete (senza indicazione della superficie e/o delle quantità di PF impiegate), sono 18 corrispondenti al 4,9 % del totale.

In tabella 1 i dati territoriali del QdC sono aggregati su base comunale. Per ogni comune è riportato il numero di parcella, la superficie media, la superficie complessiva in ettari e in percento della superficie totale.

Tabella 1: Ripartizione superficie per comune

Comune	Parcelle	Media	Superficie Complessiva	
		(ha)	(ha)	(%)
Acquapendente	4	2,2	6,1	1,9
Gradoli	9	0,6	5,9	1,8
Grotte di Castro	188	0,9	167,5	50,9
Onano	134	0,8	109,9	33,4
San Lorenzo Nuovo	28	0,8	23,3	7,1
Sorano	2	2,8	5,6	1,7
Viterbo	1	8,0	8,0	2,4
Non specificato	1	3,0	3,0	0,9
Totale	367	0,9	329,3	100,0

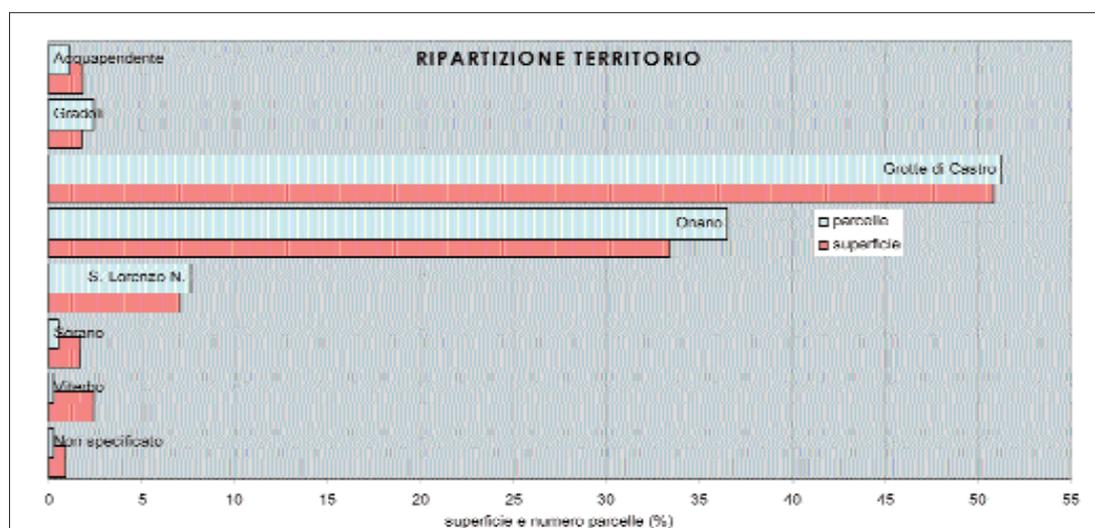


Figura 1: Ripartizione territorio.

Più del 50% della superficie coperta dal QdC si trova nel comune di Grotte di Castro, che insieme a Onano e S. Lorenzo incide per oltre il 90% del totale. Gli altri comuni danno un contributo poco significativo sia come numero di parcelle che come superficie interessata; alcuni come Viterbo e Sorano inoltre sono anche decentrati rispetto al comprensorio studiato e figurano probabilmente solo in modo occasionale.

Le parcelle presentano nella quasi totalità una superficie ridotta, risultando così un'estrema frammentazione del territorio agricolo. La classe più numerosa (modale) è quella compresa tra 0,4 e 0,5 ha (Fig. 2) e la superficie media delle parcelle è 0,9 ha. Circa il 75% delle parcelle ha superficie inferiore a 1 ha mentre l'80% rappresenta appena il 50% della superficie complessiva (Fig. 3 e 4).

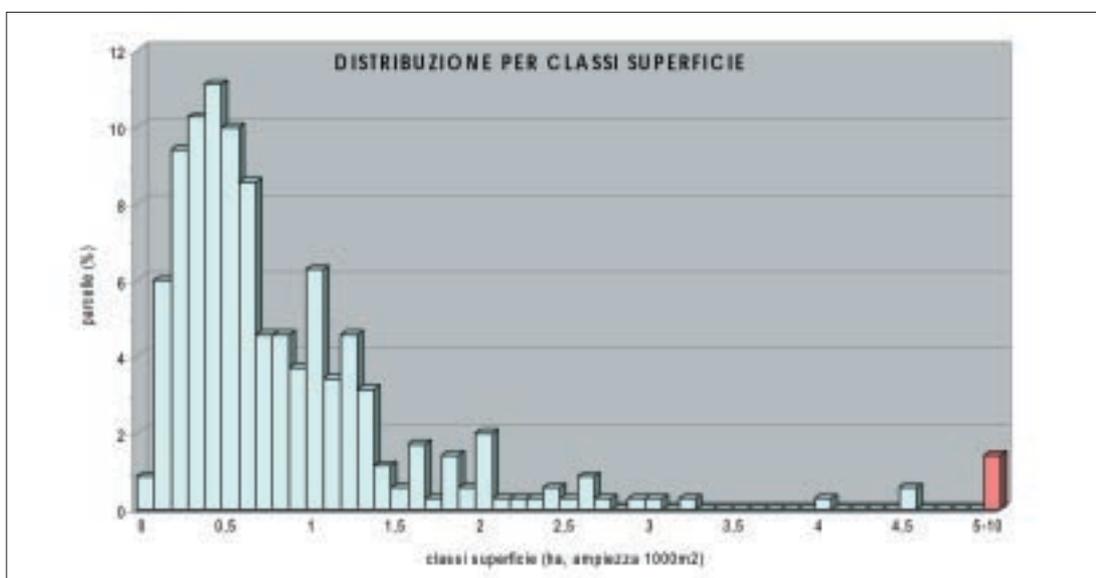


Figura 2: Distribuzione per classi superficie.

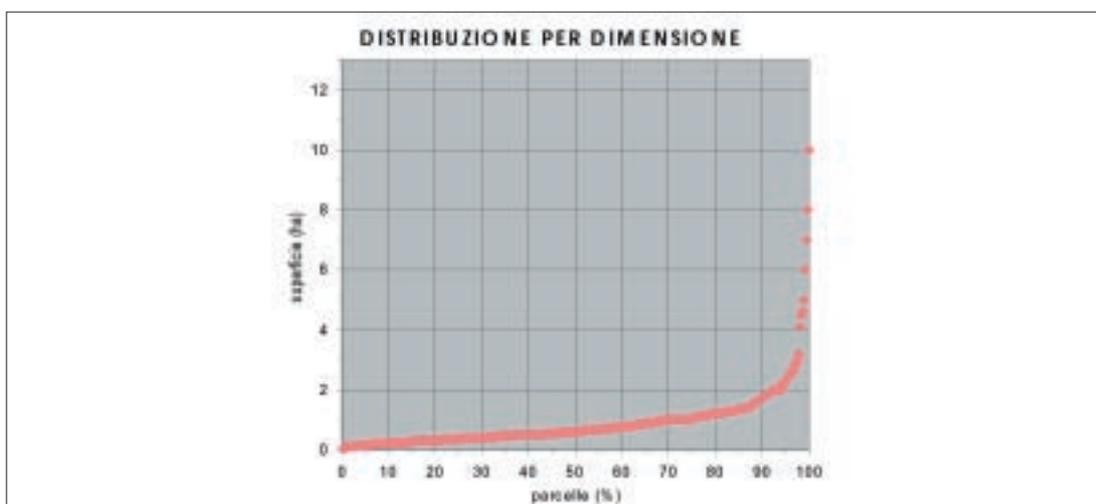


Figura 3: Distribuzione per dimensione.

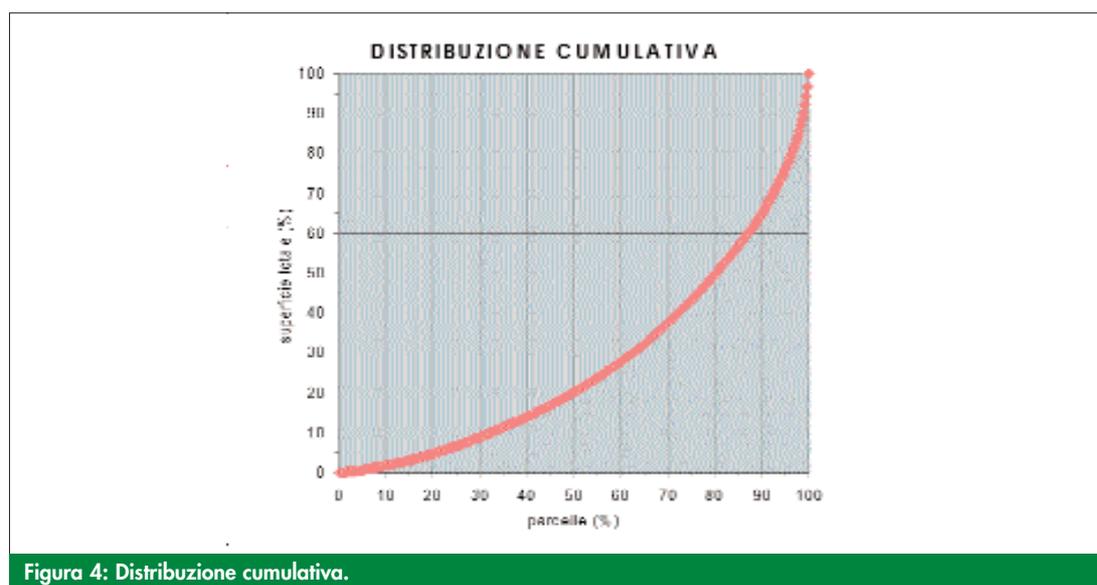


Figura 4: Distribuzione cumulativa.

### Pratiche agronomiche

In tabella 5 è riportato il quadro sintetico delle pratiche agronomiche e dei trattamenti fitosanitari dell'anno. La fase di impianto (Fig. 5) inizia a marzo e si protrae fino alla seconda metà di aprile; per la maggioranza delle parcelle l'impianto si colloca nel periodo compreso tra la metà di marzo e la prima decade di aprile, con il valore di picco tra la terza e la quarta settimana di marzo. La raccolta va dall'inizio di luglio alla terza settimana di settembre.

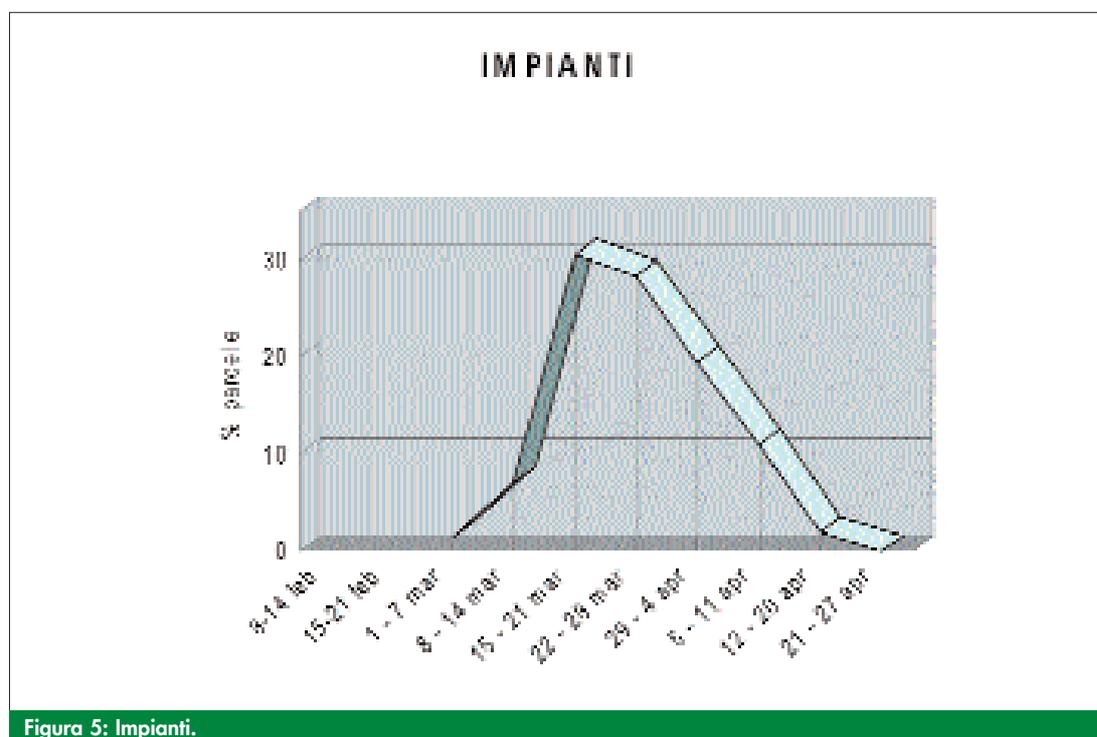


Figura 5: Impianti.

Per quanto riguarda i trattamenti fitosanitari (Tab. 2) si hanno due picchi di geodisinfestazione: il primo compreso tra la seconda settimana di marzo e la seconda di aprile, il secondo tra la quarta di aprile e la prima di giugno; coincidenti con la semina e la rincalzatura rispettivamente. Il diserbo va da metà marzo a fine maggio, con il picco nella terza di aprile. Fungicidi e insetticidi sono stati impiegati da fine aprile a fine luglio.

In media su ogni parcella sono stati effettuati 8,2 trattamenti, di cui 4 con insetticidi, 3,5 con fungicidi e 0,7 con erbicidi (Tabella 3). Bisogna tenere in considerazione che è molto frequente l'applicazione contemporanea di insetticidi e fungicidi nello stesso trattamento.

### Consumo fitofarmaci

Durante il 1995, sui 329 ha interessati dallo studio, sono stati utilizzati complessivamente 11629 kg di prodotti fitosanitari. Il consumo totale, riferito ai formulati commerciali, risulta per 11473 kg (98,7 %) dalle dichiarazioni, il resto (1,3%) è stato stimato per le parcelle dove non erano dichiarate le quantità ma solo il numero di trattamenti e le sostanze utilizzate. Nel complesso sono stati utilizzati 43 prodotti commerciali diversi, derivanti da 31 principi attivi. Il consumo di prodotti fitosanitari ripartito per comune (Tabella 4 e Figura 6) è ovviamente in stretta relazione con la ripartizione territoriale della superficie interessata dal QdC. Attribuire un significato agli scostamenti fra le ripartizioni di fitofarmaci e di superficie tra comuni è azzardato, specialmente per i comuni con minor consumo dichiarato.

**Tabella 2: Pratiche agronomiche e trattamenti fitosanitari**

<b>Semina: I marzo - III aprile</b>	
<b>Trattamento</b>	<b>Periodo</b>
Geodisinfestazione	I marzo - III aprile IV aprile - III giugno
Erbicidi	III marzo - IV maggio
Fungicidi	III aprile - ultima luglio/I ago
Insetticidi	I maggio - ultima luglio/I ago
<b>Raccolta: I luglio - III settembre</b>	

**Tabella 3: Numero trattamenti per tipologia**

<b>Media trattamenti/parcella</b>	
Erbicidi	0,7
Fungicidi	3,5
Geodisinfestazione	1,5
Insetticidi	2,5
Totale	8,2

**Tabella 4: Consumo FC per Comune**

<b>Comune</b>	<b>kg</b>	<b>%</b>
Acquapendente	282,7	2,4
Grotte di Castro	6726,3	57,8
Gradoli	126,0	1,1
Onano	3473,7	29,9
San Lorenzo Nuovo	819,2	7,0
Sorano	122,6	1,1
Viterbo	64,0	0,6
Non specificato	14,5	0,1
Totale	11628,9	100,0

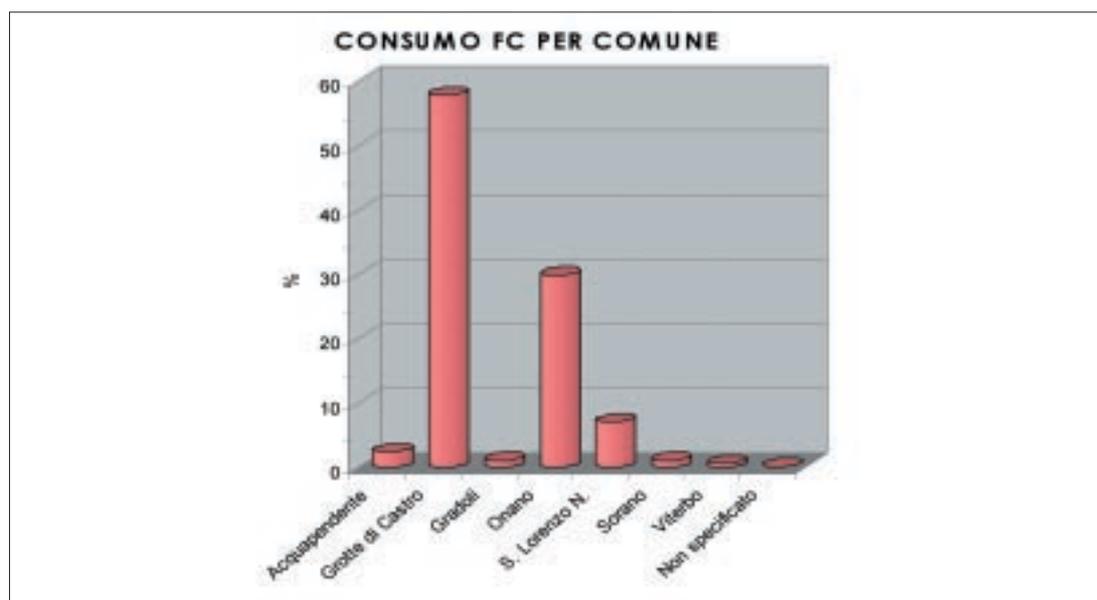


Figura 6: Consumo FC per Comune.

Tabella 5: Consumo FC per Classi

Classe	kg	%
Erbicidi	353,9	3,0
Fungicidi	2733,8	23,5
Insetticidi	8541,2	73,4
Totale	11628,9	100,0

La suddivisione dei consumi per classi funzionali (Tabella 5) evidenzia una netta prevalenza degli insetticidi (73%) e percentuali minori per fungicidi (24 %) ed erbicidi (3 %).

## Principi attivi

Il consumo complessivo di principi attivi è pari a 1926,5 kg, il 51% circa dei quali è rappresentato da ossicloruro di rame (Tabella 6).

Tabella 6: Consumo PA

Principio attivo	Azione	kg	%
Ossicloruro di rame	fun	979,31	50,832
Furathiocarb	ins	179,56	9,320
Isofenphos	ins	144,02	7,475
Linuron	erb	118,93	6,173
Azinphos-methyl	ins	107,30	5,570
Cymoxanil	fun	92,28	4,790
Phoxim	ins	72,01	3,738
Iossido di rame	fun	42,51	2,207
Phosalone	ins	32,13	1,668
Quinalphos	ins	30,29	1,572
Oxadixyl	fun	21,38	1,110
Dichlofluanid	fun	20,00	1,038
Diazinon	ins	19,35	1,005
Dimethoate	ins	13,95	0,724
Metribuzin	erb	12,82	0,665
Metalaxyl	fun	7,55	0,392
Benfuracarb	ins	6,20	0,322
Chlorpyriphos	ins	5,48	0,284
Chlorpyriphos- Methyl	ins	4,79	0,248
Anilazine	fun	4,00	0,208
Phorate	ins	3,20	0,166
Folpet	fun	2,56	0,133
Zineb	fun	1,92	0,100
Lambda-cyhalothrin	ins	1,31	0,068
Deltamethrin	ins	1,24	0,065
Dinocap	fun	0,98	0,051
Cypermethrin	ins	0,69	0,036
Benalaxyl	fun	0,56	0,029
Haloxyfop-Ethoxyethyl	erb	0,13	0,007
Mancozeb	fun	0,10	0,005
Cyfluthrin	ins	0,01	0,001
Totale		1926,54	100,000

La suddivisione dei consumi per classi funzionali (Tabella 7) mostra un quadro diverso da quello visto per i formulati. Il dato più evidente, dovuto alla diversa concentrazione media delle classi, è che ora i fungicidi rappresentano il 61% del totale e gli insetticidi coprono solo 32,3 %, mentre prima erano la classe che incideva di più con oltre il 73%.

Tabella 7: Consumo PA per classi

Principi attivi	kg	%
Erbicidi	131,9	6,8
Fungicidi	1173,1	60,9
Insetticidi	621,6	32,3
Totale	1926,6	100,0

Riguardo alla composizione chimica, si ha che il 53% del totale sono sostanze inorganiche rameiche (Tabella 8), nella quasi totalità (oltre il 95%) ossicloruro di rame.

Nel consumo di principi attivi organici, realizzato per l'80% dai primi sei, prevalgono i geodisinfestanti come Furathio-carb e Isofenphos (Figura 7). Erbicidi (Tabella 9). Nel comprensorio sono stati utilizzati solo tre prodotti per un totale di circa 132 kg, con il Linuron che da solo rappresenta oltre il 90 % del totale.

Tra gli anticrittogamici (Tabella 10) si ha la prevalenza dei rameici (ossicloruro e idrossido di rame) che rappresentano circa l'87% del totale della classe; tra i composti di origine organica il più utilizzato è il Cymoxanil (7,9%) mentre gli altri sono

Tabella 8: Consumo PA per composizione

Principi attivi	kg	%
Rameici	Ossicloruro di rame	979,3
	Idrossido di rame	42,5
Totale rameici	1021,8	53,0
Totale organici	904,7	47,0
Totale	1926,5	100,0

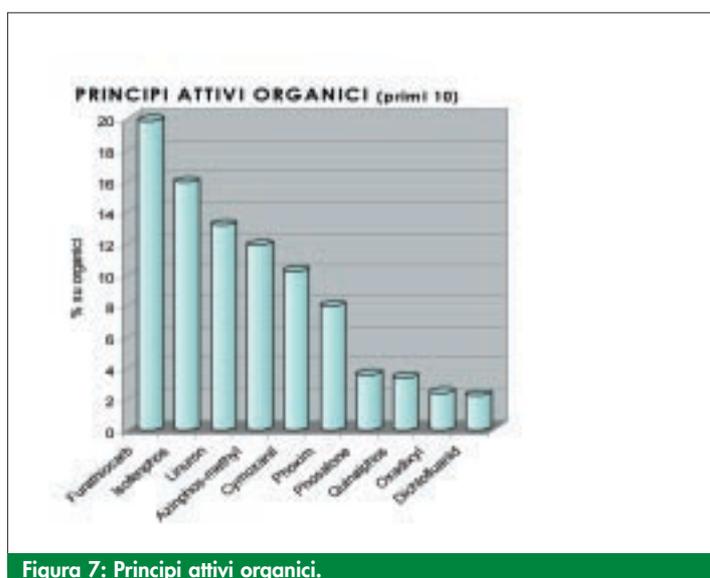


Figura 7: Principi attivi organici.

Tabella 9: Consumo erbicidi

Principi attivi	kg	%
Linuron	118,9	90,2
Metribuzin	12,8	9,7
Haloxyp-ethoxyethyl	0,1	0,1
totale	131,9	100,0

tutti percentualmente poco significativi.

Tabella 10: Consumo fungicidi

Principi attivi	kg	%	% su org
Rameici	1021,8	87,101	
Cymoxanil	92,3	7,866	61,0
Oxadixyl	21,4	1,823	14,1
Dichlofluanid	20,0	1,705	13,2
Metalaxyl	7,5	0,643	5,0
Anilazine	4,0	0,341	2,6
Folpet	2,6	0,218	1,7
Zineb	1,9	0,164	1,3
Dinocap	1,0	0,083	0,6
Benalaxyl	0,6	0,048	0,4
Mancozeb	0,1	0,009	0,1
Totale	1173,1	100,000	100,0

Tra gli insetticidi i consumi più elevati riguardano i geodisinfestanti (Furathiocarb, Isofenphos) mentre tra gli altri più utilizzati sono Azinphos-methyl, Phosalone, Quinalphos (Tabella 11).

L'andamento temporale di tutti i trattamenti dell'anno suddivisi per classi permette l'identificazione dei periodi di maggiore applicazione di fitofarmaci assieme alla differente rilevanza delle varie classi (Tabella 12 e Figura 8).

Tabella 11: Consumo insetticidi

Principi attivi	kg	%
Furathiocarb	179,56	28,891
Isofenphos	144,02	23,171
Azinphos-methyl	107,30	17,264
Phoxim	72,01	11,586
Phosalone	32,13	5,170
Quinalphos	30,29	4,873
Diazinon	19,35	3,114
Dimethoate	13,95	2,244
Benfuracarb	6,20	0,998
Chlorpyrifos	5,48	0,881
Chlorpyrifos-Methyl	4,79	0,770
Phorate	3,20	0,514
Lambda-Cyhalothrin	1,31	0,210
Deltamethrin	1,24	0,200
Cypermethrin	0,69	0,112
Cyfluthrin	0,01	0,002
Totale	621,53	100,000

## Carichi

L'affidabilità del valore medio della dose (kg/ha) applicata per singolo trattamento (Tabella 13) è legata al numero di campioni ed alla rispettiva deviazione standard.

Il Diazinon risulterebbe il composto con la dose media più alta, se il ridotto numero di

campioni (11) e l'alto valore della deviazione standard non lasciassero ampi dubbi sull'attendibilità del dato.

I valori medi riscontrati, almeno dove basati su un numero di campioni significativo, concordano comunque abbastanza con le dosi di etichetta.

Tabella 12: Consumo PA per settimana

Settimana	Erb	Fun	Geo (kg)	Ins	Totali	Erb	Fun	Geo (%)	Ins	Totali
1 - 7 Mar										
8 - 14 Mar			7,38		7,38			0,38		0,38
15 - 21 Mar	0,19		70,42		70,61	0,01		3,65		3,66
22 - 28 Mar	2,06		64,36		66,42	0,11		3,34		3,45
29 - 4 Apr	7,84		47,29		55,13	0,41		2,45		2,86
5 - 11 Apr	22,87	1,16	22,13		46,16	1,19	0,06	1,15		2,40
12 - 18 Apr	28,74		2,47	0,13	31,33	1,49		0,13	0,01	1,63
19 - 25 Apr	43,63	1,28	4,61	0,05	49,57	2,26	0,07	0,24	0,00	2,57
26 - 2 Mag	13,44	4,75	9,51	0,02	27,72	0,70	0,25	0,49	0,00	1,44
3 - 9 Mag	7,71	13,93	14,68	1,27	37,59	0,40	0,72	0,76	0,07	1,95
10 - 16 Mag	4,01	47,56	64,95	2,90	121,65	0,21	2,47	3,37	0,15	6,31
17 - 23 Mag	1,21	92,26	66,80	14,00	175,21	0,06	4,79	3,47	0,73	9,09
24 - 30 Mag	0,19	155,00	32,97	16,03	204,18	0,01	8,05	1,71	0,83	10,60
31 - 6 Giu		131,39	8,84	20,79	161,02		6,82	0,46	1,08	8,36
7 - 13 Giu		162,12	2,25	34,33	198,70		8,41	0,12	1,78	10,31
14 - 20 Giu		195,77	10,35	30,10	236,22		10,16	0,54	1,56	12,26
21 - 27 Giu		135,44	0,80	20,33	156,56		7,03	0,04	1,05	8,13
28 - 4 Lug		133,81		20,98	154,79		6,95		1,09	8,03
5 - 11 Lug		65,20		17,97	83,16		3,38		0,93	4,32
12 - 18 Lug		21,75		5,34	27,09		1,13		0,28	1,41
19 - 25 Lug		10,08		3,24	13,32		0,52		0,17	0,69
26 - 1 Ago		1,63		1,20	2,83		0,08		0,06	0,15
<b>Totali</b>	<b>131,88</b>	<b>1173,14</b>	<b>429,78</b>	<b>188,68</b>	<b>1926,64</b>	<b>6,85</b>	<b>60,89</b>	<b>22,31</b>	<b>9,79</b>	<b>100,00</b>

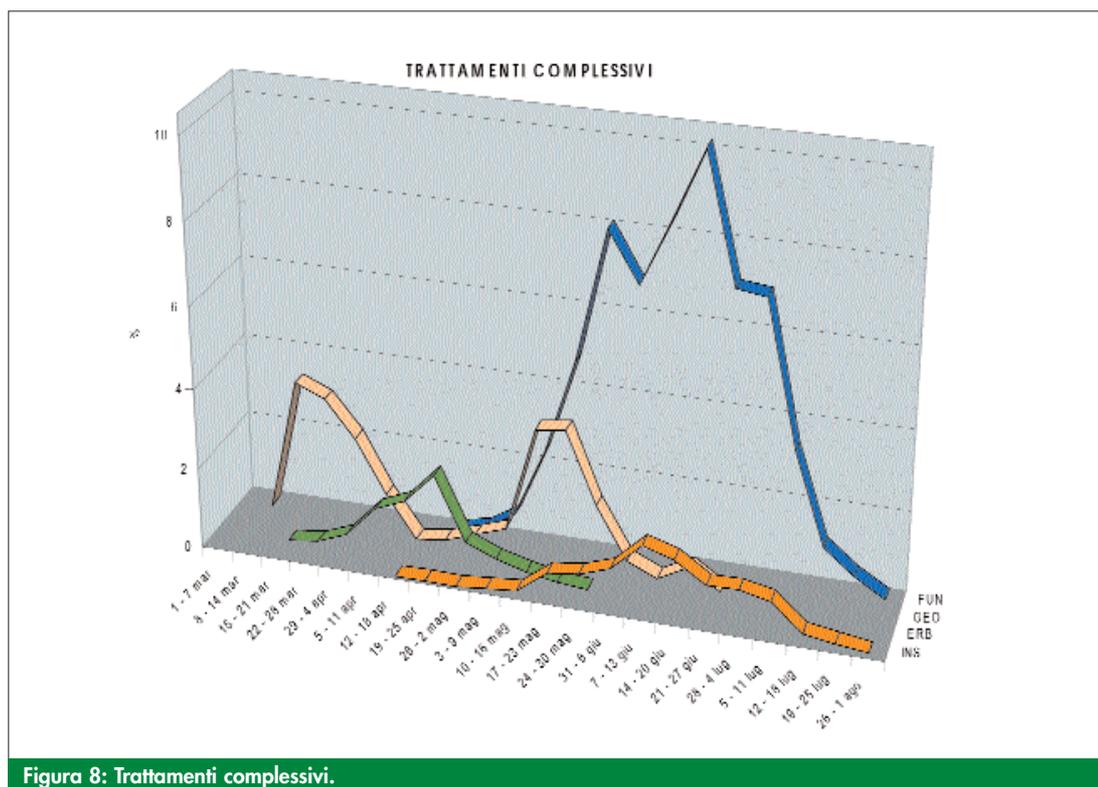


Figura 8: Trattamenti complessivi.

Le dosi per ettaro risultanti dalla somma dei trattamenti annuali indicano invece l'effettivo carico sul territorio per ogni principio attivo (Tabella 14). Il numero di campioni in questo caso coincide con quello delle parcelle dove è stata applicata una determinata sostanza.

Tabella 13: Dosi medie per trattamento

Principi Attivi	Media (Kg/Ha)	N Camp	Dev Sta (Kg/Ha)
Diazinon	1,947	11	2,419
Anilazine	1,071	6	0,099
Chlorpyrifos	0,937	13	0,494
Ossicloruro Di Rame	0,878	1108	0,369
Furathiocarb	0,807	248	0,401
Linuron	0,738	205	0,232
Folpet	0,675	6	0,179
Dichlofluanid	0,667	6	0,258
Isofenphos	0,654	256	0,317
Benfuracarb	0,625	2	0,066
Mancozeb	0,500	1	-
Phorate	0,500	3	0,384
Idrossido Di Rame	0,498	91	0,264
Phosalone	0,449	118	0,228
Zineb	0,436	4	0,000
Phoxim	0,327	256	0,159
Azinphos-Methyl	0,289	380	0,113
Metribuzin	0,252	30	0,095
Chlorpyrifos-Methyl	0,243	23	0,063
Dinocap	0,171	5	0,042
Oxadixyl	0,170	142	0,053
Dimethoate	0,145	113	0,135
Haloxifop-Ethoxyethyl	0,129	1	-
Benalaxyl	0,104	8	0,030
Cymoxanil	0,094	952	0,036
Metalaxyl	0,086	85	0,043
Quinalphos	0,058	70	0,019
Cypermethrin	0,028	31	0,008
Lambda-Cyhalothrin	0,013	119	0,009
Cyfluthrin	0,013	1	-
Deltamethrin	0,007	197	0,009

Tabella 14: Dosi medie annuali

Principi Attivi	Media	N. Camp (Kg/ha)	Dev St Kg/ha)
Ossicloruro di Rame	2,86	337	1,60
Dichlofluanid	2,00	2	0,00
Diazinon	1,95	11	2,42
Zineb	1,75	1	-
Chlorpyriphos	1,35	9	0,43
Anilazine	1,29	5	0,53
Folpet	1,01	4	0,22
Furathiocarb	0,91	221	0,45
Phosalone	0,82	65	0,58
Idrossido Di Rame	0,81	56	0,85
Linuron	0,74	205	0,23
Isofenphos	0,73	229	0,35
Benfuracarb	0,62	2	0,07
Azinphos-Methyl	0,62	178	0,38
Mancozeb	0,50	1	-
Phorate	0,50	3	0,38
Phoxim	0,37	229	0,18
Chlorpyriphos-Methyl	0,29	19	0,12
Cymoxanil	0,27	331	0,15
Metribuzin	0,26	29	0,12
Oxadixyl	0,24	100	0,16
Dimethoate	0,24	68	0,22
Dinocap	0,17	5	0,04
Haloxfop-Ethoxyethyl	0,13	1	-
Metalaxyl	0,13	57	0,08
Benalaxyl	0,12	7	0,06
Quinalphos	0,10	39	0,05
Cypermethrin	0,03	27	0,01
Lambda-Cyhalothrin	0,02	70	0,01
Deltamethrin	0,01	113	0,02
Cyfluthrin	0,01	1	-

Tab. 15: Carichi totali parcelle

N. Camp	349
Media (kg/ha)	5,7
Moda (kg/ha)	3,2
Mediana (kg/ha)	5,4
Dev Sta (kg/ha)	2,4

Per ogni parcella è stato calcolato il valore complessivo del carico considerando tutte le sostanze utilizzate e i trattamenti effettuati (Tabella 15 e Figura 9). Su un totale di 367 parcelle, sono risultate essere 349 quelle corredate da informazioni sufficienti a determinarne il carico medio, che è

risultato pari a 5,7 kg/ha. In un numero limitato di casi lo scostamento dal valore medio è risultato molto elevato, probabilmente a causa degli errori nella compilazione delle schede. L'analisi della ripartizione dei principi attivi per comune (Tabella 16) permette di georeferenziare i consumi delle singole sostanze. Ad esempio il Mancozeb e il Cyfluthrin sono stati impiegati esclusivamente nel comune di S. Lorenzo Nuovo, così come gran parte del Diazinon, mentre la maggior parte del Dichlofluanid è stata impiegata nel territorio di Viterbo.

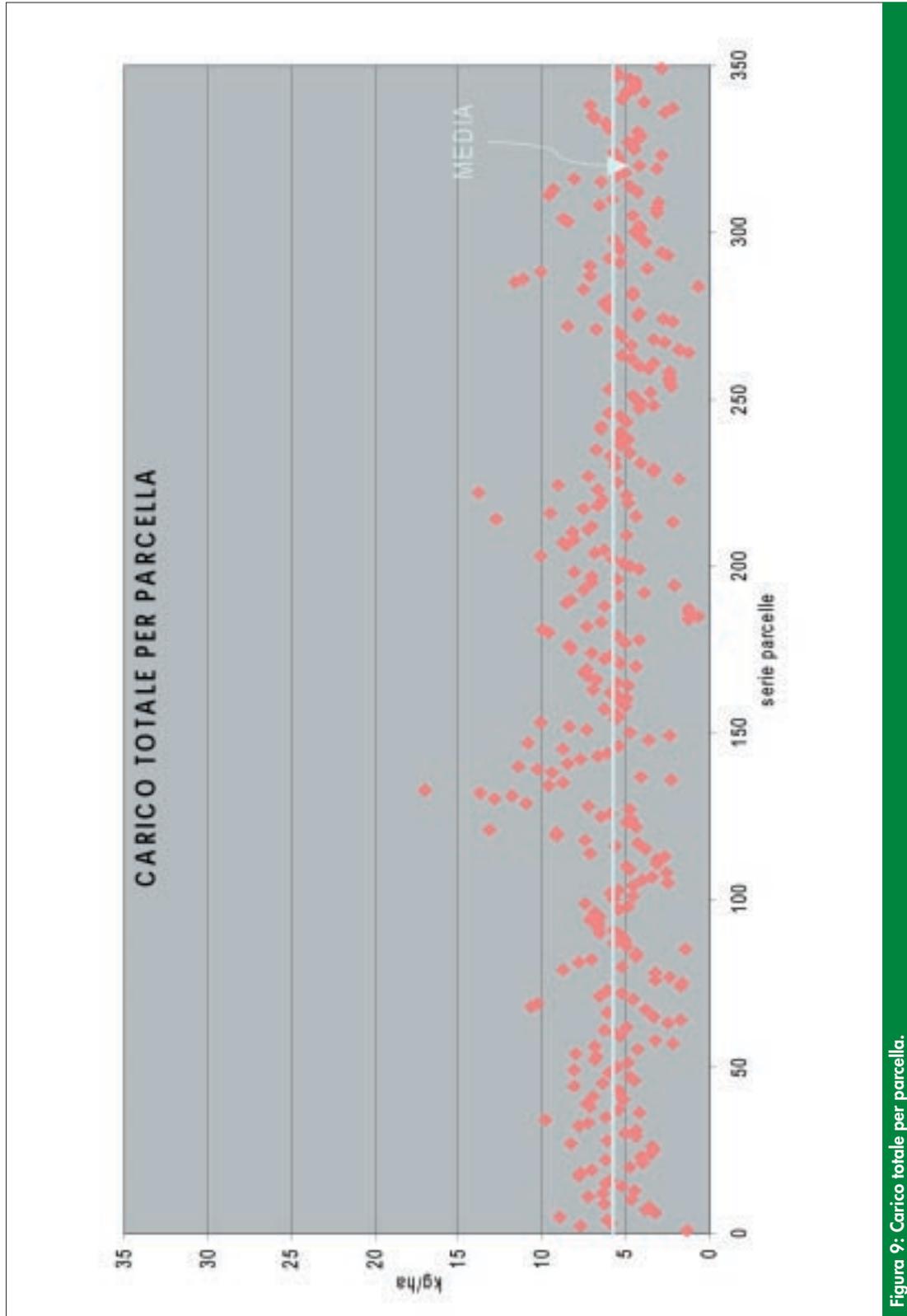


Figura 9: Carico totale per parcella.

Tabella 16: Distribuzione PA per Comune (%)

Superficie (%)	Aquapendente 1,9	Gradoli 1,8	Grotte di Castro 50,9	Onano 33,4	S. Lorenzo N. 7,1	Sorano 1,7	Viterbo 2,4	x 0,9	Totale 100,0
Anilazine			62,5	37,5					100,0
Azinphos-Methyl	3,6	2,6	68,0	17,6	5,7	1,4		1,1	100,0
Benalaxyl			71,4	28,6					100,0
Benfuracarb			100,0						100,0
Chlorpyrifos			61,6	38,4					100,0
Chlorpyrifos-Methyl			86,7		13,3				100,0
Cyfluthrin					100,0				100,0
Cymoxanil	1,0	1,0	63,7	22,7	6,9	1,4	2,9	0,5	100,0
Cypermethrin			87,3	4,0	8,8				100,0
Deltamethrin		0,5	83,9	5,6	9,9				100,0
Diazinon	12,3		46,4		41,3				100,0
Dichlofluanid				14,9			85,1		100,0
Dimethoate			86,5	8,8	4,7				100,0
Dinocap			100,0						100,0
Folpet			81,3		18,8				100,0
Furathiocarb	3,3	1,3	54,3	32,1	6,6	2,4			100,0
Haloxyp-Ethoxyethyl			100,0						100,0
Idrossido Di Rame	3,0	1,3	61,3	6,7	27,6				100,0
Isofenphos		1,0	57,2	35,0	6,8				100,0
Lambda-Cyhalothrin			45,6	54,4					100,0
Linuron	2,2	2,8	47,3	37,7	8,0	2,0			100,0
Mancozeb					100,0				100,0
Metaxyl	3,2	1,4	72,2	7,2	16,0				100,0
Metribuzin			83,9	2,7	13,4				100,0
Ossicloruro Di Rame	0,9	0,9	63,6	25,7	6,3	1,3	0,9	0,4	100,0
Oxadixyl		1,0	31,1	65,8	1,9	0,2			100,0
Phorate			70,4	1,4	28,2				100,0
Phosalone			40,1	35,5	24,2	0,1			100,0
Phoxim		1,0	57,2	35,0	6,8				100,0
Quinalphos		0,4	78,8	6,1	14,7				100,0
Zineb			100,0						100,0

## Appendice II Anno 1996

### Analisi superfici

Le 565 schede esaminate coprivano una superficie complessiva di 498 ha. I comuni di Grotte di Castro ed Onano, con 199 e 118 ha rispettivamente, hanno coperto il 63,6 % della superficie totale, mentre un altro 20% circa è stato utilizzato nei comuni di Acquapendente e San Lorenzo Nuovo (Tab. 1 e Fig. 1). Sono risultate incomplete 99 schede (17%). Il numero di parcelle e la superficie totale per comune hanno mostrato un andamento parallelo indicando una sostanziale omogeneità della suddivisione fondiaria nel territorio.

Tabella 1: Ripartizione superficie per comune

Comune	Parcelle	Media	Superficie Complessiva	
		(ha)	(ha)	(%)
Acquapendente	50	1,1667	58,0500	11,6
Bolsena	2	0,6750	1,3500	0,3
Capodimonte	1	0,3000	0,3000	0,1
Cellere	2	0,6250	1,2500	0,3
Grotte di Castro	266	0,7401	198,7018	39,9
Gradoli	34	0,7267	25,9507	5,2
Latera	20	0,9047	18,0934	3,6
Onano	116	1,0381	117,9277	23,7
Pitigliano	1	0,1500	0,1500	0,0
Proceno	7	0,7198	5,2012	1,0
San Lorenzo Nuovo	42	1,0635	43,9419	8,8
Sorano	3	0,8500	2,5500	0,5
Valentano	18	1,3250	22,9644	4,6
Viterbo	1	0,8000	0,8000	0,2
Non specificato	2	0,6100	1,2200	0,2
Totale	565	0,8822	498,4511	100,0

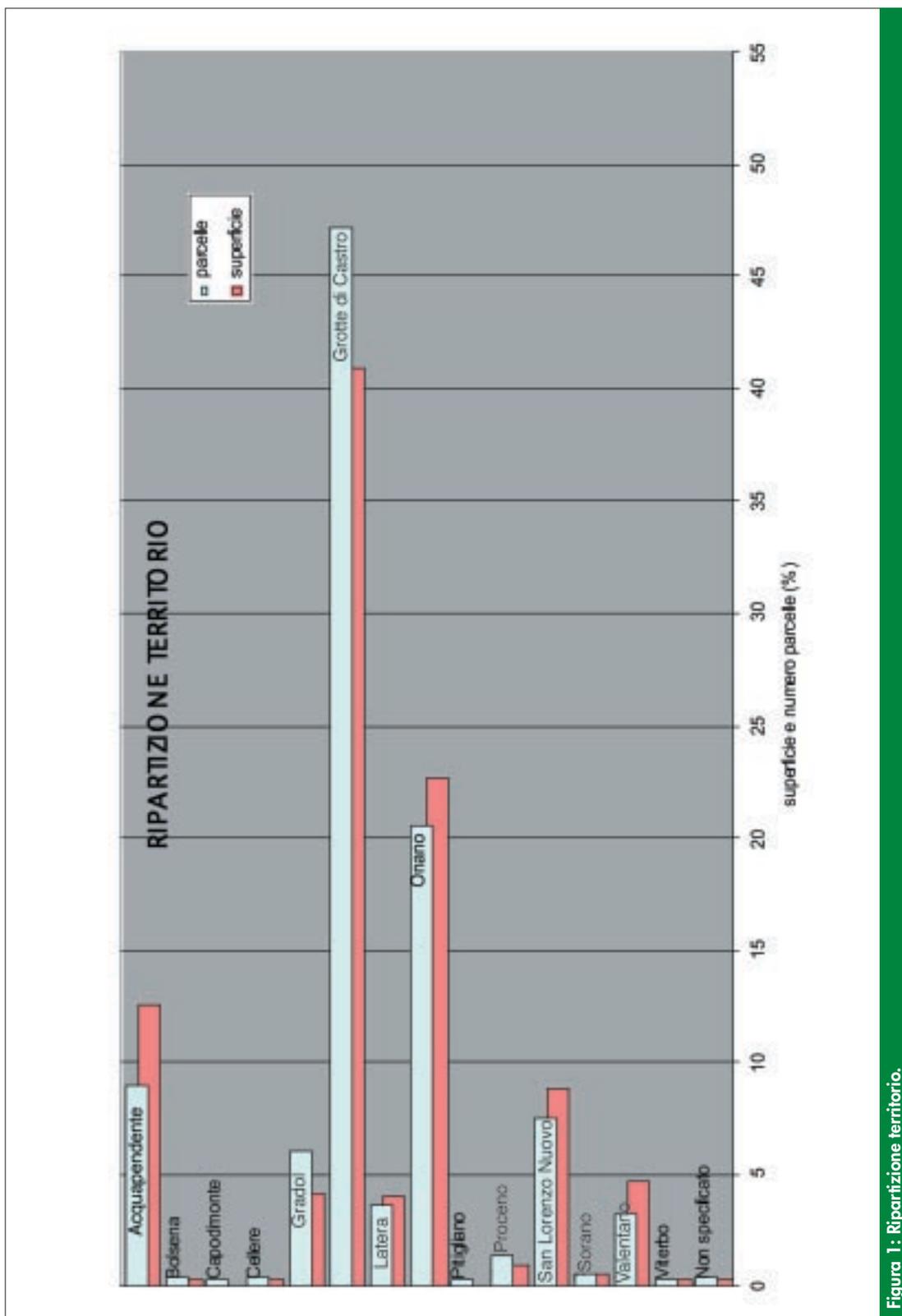


Figura 1: Ripartizione territorio.

La superficie media delle parcelle è risultata pari 0,88 ha. La ridotta dimensione delle parcelle e la loro estrema frammentazione risultano evidenti dai grafici seguenti. Si può notare (Fig. 2) la classe modale delle superfici attorno al valore di 1 ettaro; il risultato risente molto dell'approssimazione con cui sono state dichiarate le superfici che tende a privilegiare le classi con cifra tonda; come si può vedere, infatti, le classi adiacenti a quella modale sono impoverite. Il 75% circa delle parcelle è inferiore a 1 ha (Figura 3)

Il dato che probabilmente illustra in maniera più evidente l'estensione delle parcelle è l'appartenenza del 95% degli appezzamenti alle classi di superficie inferiori ai 2 ha (Figura 3).

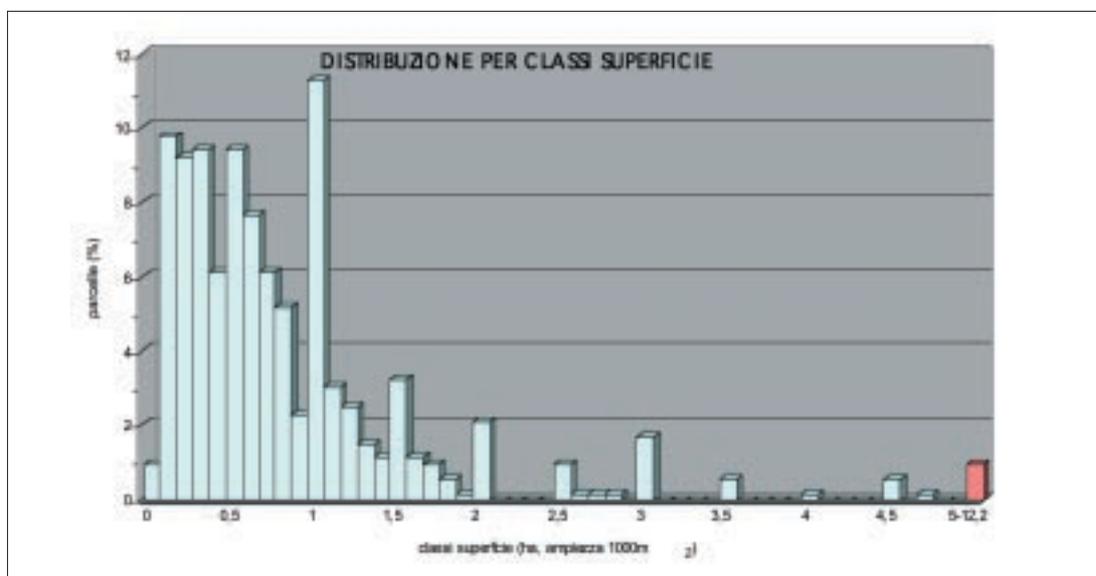


Figura 2: Distribuzione per classi superficie.

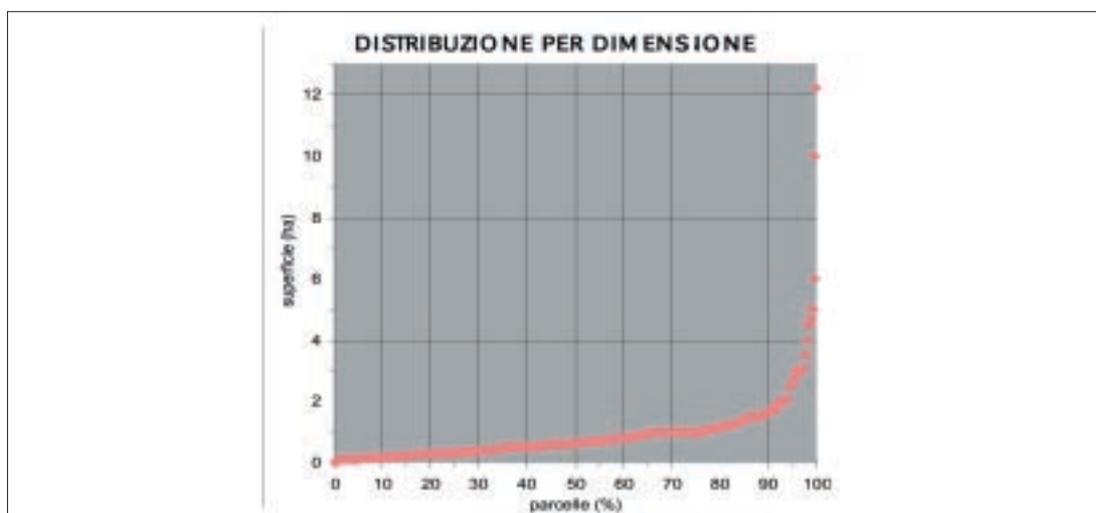


Figura 3: Distribuzione per dimensione.

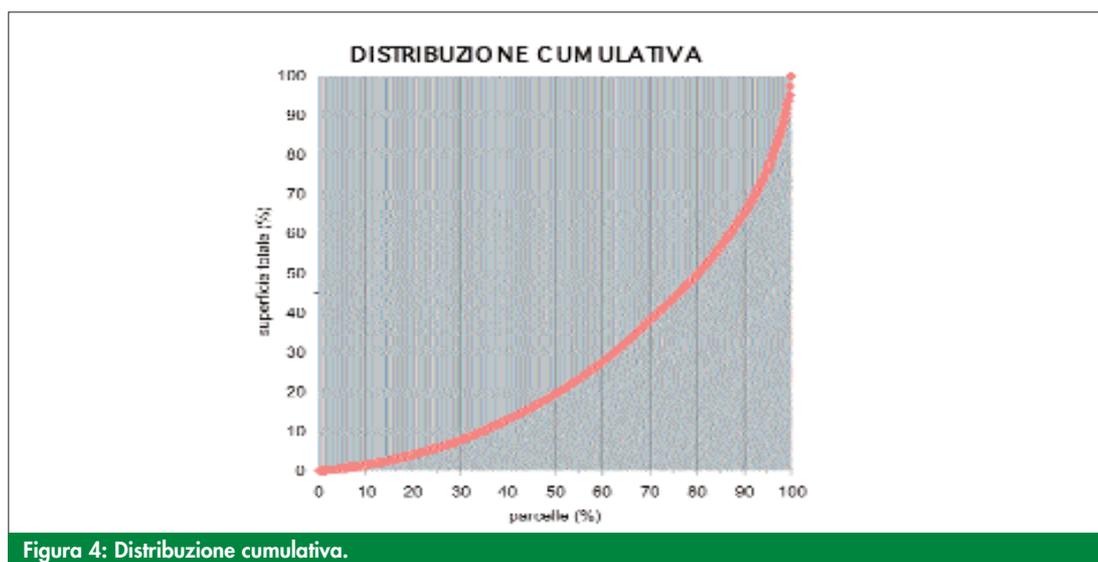


Figura 4: Distribuzione cumulativa.

D'altra parte il 50% delle parcelle copre solo il 20% della superficie complessiva, l'80% raggiunge la metà (Fig. 4).

Tabella 2: Pratiche agronomiche e trattamenti fitosanitari

Semina: III febbraio - III aprile	
Trattamento	Periodo
Geodisinfestazione	I marzo - IV aprile I aprile - IV giugno
Erbicidi	I marzo - II maggio
Fungicidi	IV aprile - III luglio
Insetticidi	IV aprile - III luglio
Raccolta: luglio - III settembre	

Tabella 3: Numero trattamenti per tipologia

Media trattamenti/parcella	
Erbicidi	0,6
Fungicidi	3,8
Geodisinfestazione	1,3
Insetticidi	2,9
Totale	8,6

### Pratiche agronomiche

In tabella 2 è sintetizzato il quadro delle pratiche agronomiche e dei trattamenti fitosanitari che risulta dal QdC.

La fase di impianto (Fig. 5), iniziata per un numero trascurabile di parcelle già a metà di febbraio, si è svolta con circa il 50% degli interventi nella seconda metà di marzo e più del 90% tra la seconda settimana di marzo e la seconda di aprile. La raccolta va da luglio alla terza settimana di settembre.

Mediamente ogni parcella ha ricevuto un totale annuo di 8,6 trattamenti suddivisi per tipologia funzionale come indicato in Tabella 3.

### Consumo fitofarmaci

Durante il 1996, sui 498,5 ettari interessati sono stati impiegati 17072 kg di fitofarmaci (Tabella 4): 16011 kg (93,8 %) dichiarati, il resto (6,2 %) è stato stimato in base ai consumi medi dell'anno e alle superfici per le quali non erano quantificati.

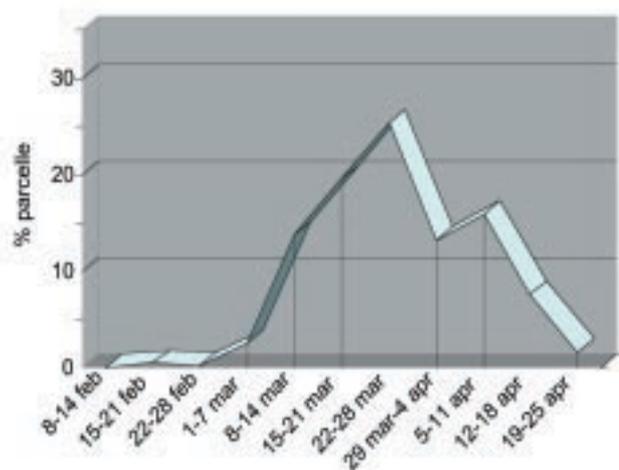


Figura 5: Impianti.

Tabella 4: Consumo FC per Comune

Comune	kg	%
Acquapendente	2118,6	12,4
Bolsena	90,6	0,5
Capodimonte	8,0	0,0
Cellere	29,1	0,2
Grotte di Castro	7832,0	45,9
Gradoli	403,1	2,4
Latera	409,1	2,4
Onano	3967,5	23,2
Pitigliano	0,9	0,0
Proceno	81,1	0,5
S. Lorenzo Nuovo	1478,3	8,7
Sorano	36,5	0,2
Valentano	553,5	3,2
Viterbo	21,3	0,1
Non specificato	43,3	0,3
Totale	17072,7	100

Tabella 5: Consumo FC per Classi

Classe	kg	%
Erbicidi	570,8	3,3
Fungicidi	4335,0	25,4
Insetticidi	12166,9	71,3
Totale	17072,7	100,0

Il consumo di fitofarmaci disaggregato per comune (Tab. 4, Fig. 6) segue, come previsto, l'andamento già riscontrato per le superfici.

Il consumo di fitofarmaci, suddiviso in base alla classe funzionale indica un 71% di insetticidi ed un 25% di fungicidi (Tabella 5).

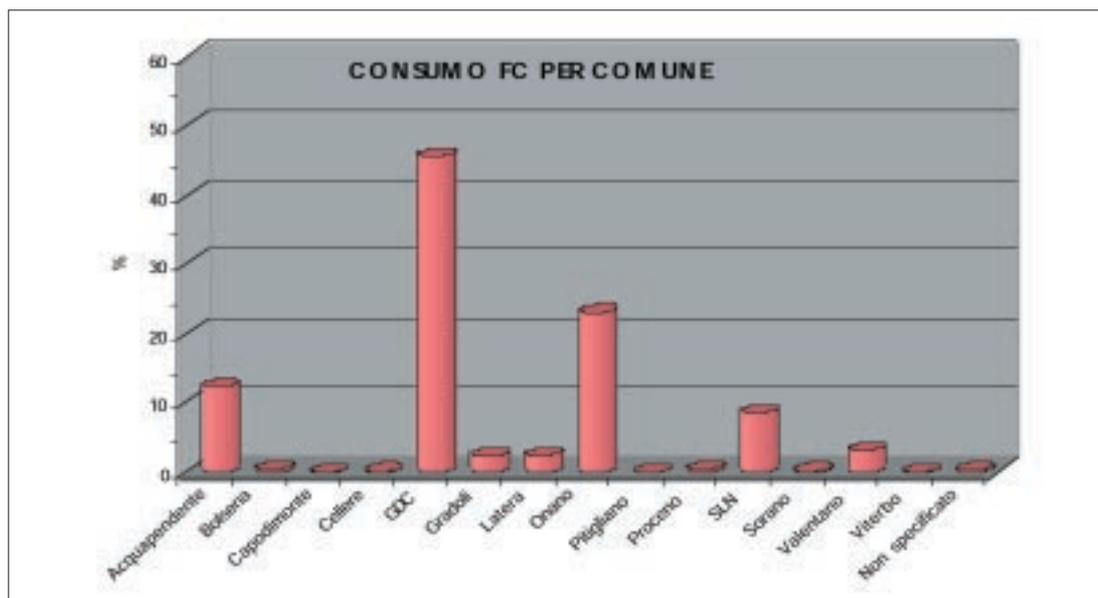


Figura 6: Consumo FC per Comune.

## Principi attivi

Il consumo complessivo di principi attivi è pari a 2955,6 Kg oltre il 52% del quale è rappresentato dall'ossicloruro di rame (Tabella 6).

Tabella 6: Consumo PA			
Principio attivo	Azione	kg	%
Ossicloruro Di Rame	Fun	1553,129	52,549
Furathiocarb	Ins	258,206	8,736
Isofenphos	Ins	171,526	5,803
Azinphos-Methyl	Ins	164,880	5,579
Cymoxanil	Fun	144,408	4,886
Linuron	Erb	128,021	4,331
Phoxim	Ins	85,763	2,902
Metribuzin	Erb	76,626	2,593
Phosalone	Ins	52,072	1,762
Dichlofluanid	Fun	51,178	1,732
Oxadixyl	Fun	49,070	1,660
Quinalphos	Ins	36,443	1,233
Idrossido Di Rame	Fun	34,082	1,153
Solfato Di Rame	Fun	25,027	0,847
Benfuracarb	Ins	21,911	0,741
Dimethoate	Ins	21,742	0,736
Diazinon	Ins	18,985	0,642
Endosulfan	Ins	15,236	0,516
Mancozeb	Fun	6,681	0,226
Metalaxyl	Fun	6,442	0,218
Chlorpyriphos	Ins	4,920	0,166
Phosetyl-Aluminium	Fun	4,778	0,162
Lambda-Cyhalothrin	Ins	3,749	0,127
Phorate	Ins	3,654	0,124
Trifluralin	Erb	2,820	0,095
Lindane	Ins	2,723	0,092
Chlorpyriphos-Methyl	Ins	2,166	0,073
Deltamethrin	Ins	2,114	0,072
Carbaryl	Ins	1,485	0,050
Aclonifen	Erb	1,338	0,045
Tefluthrin	Ins	0,823	0,028
Acephate	Ins	0,739	0,025
Benalaxyl	Fun	0,728	0,025
Cypermethrin	Ins	0,676	0,023
Dinocap	Fun	0,642	0,022
Folpet	Fun	0,400	0,014
Haloxypop-Ethoxyethyl	Erb	0,323	0,011
Cyfluthrin	Ins	0,073	0,002
Methiocarb	Ins	0,020	0,001
Totale		2955,6	100,0

Tabella 7: Consumo PA per classi

Principi attivi	kg	%
Insetticidi	869,9	29,4
Fungicidi	1876,6	63,5
Erbicidi	209,1	7,1
Totale	2955,6	100,0

Tabella 8: Consumo PA per composizione

Principi attivi	kg	%
Rameici	Ossicloruro di rame	1553,1
	Idrossido di rame	34,1
	Solfato di rame	25,0
Totale rameici	1612,2	54,5
Totale organici	1343,4	45,5
Totale	2955,6	100,0

La suddivisione dei principi attivi per classi funzionali (Tabella 7), già vista per i formulati commerciali, porta ad un'analisi diversa ed in effetti più concreta delle reali quantità di prodotti applicati nel territorio. Diversamente dai FC, le sostanze più utilizzate sono ora i fungicidi con un valore doppio degli insetticidi e nove volte quello degli erbicidi. La spiegazione è la bassa concentrazione di principi attivi degli insetticidi a differenza dei fungicidi.

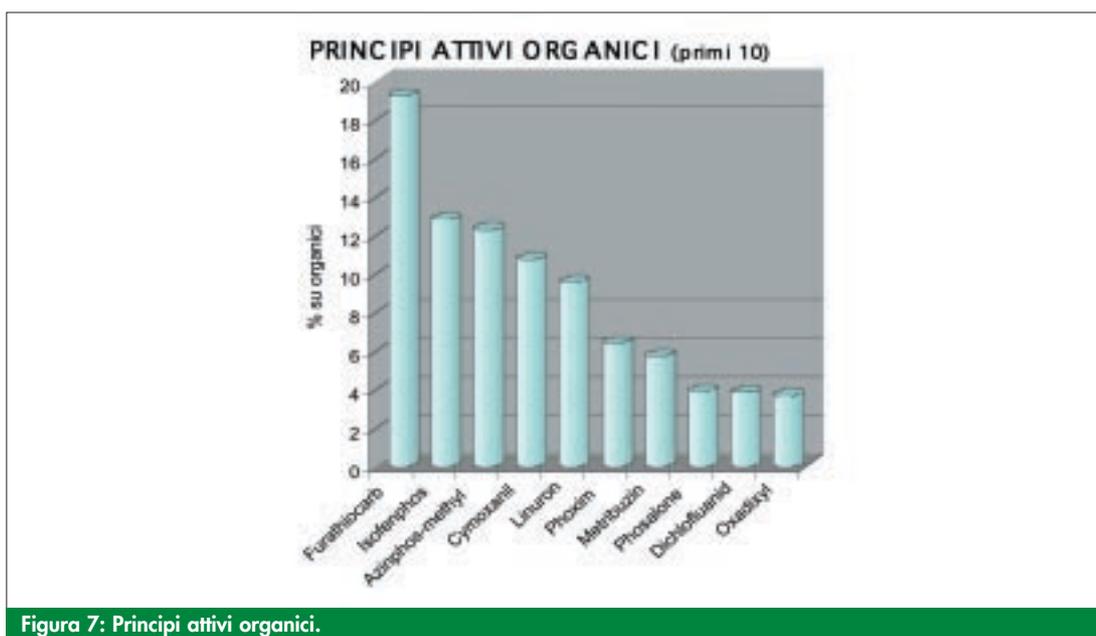


Figura 7: Principi attivi organici.

Le sostanze rameiche da sole superano il 54% del totale dei principi attivi e sono composte per la quasi totalità dall'ossicloruro di rame (Tabella 8). Il consumo dei principi attivi organici è dovuto per l'88% ai primi dieci (Figura 7) con prevalenza di geodisinfezzanti come Furathiocarb ed Isofenphos. Per gli erbicidi il Linuron e il Metribuzin, da soli, rappresentano il 97,8% della classe (Tabella 9).

Tabella 9: Consumo erbicidi

Principi attivi	kg	%
Linuron	128,0	61,2
Metribuzin	76,6	36,6
Trifluralin	2,8	1,3
Aclonifen	1,3	0,7
Haloxypop-Ethoxyethyl	0,3	0,2
Totale	209,1	100,0

I rameici rappresentano l'86% dei fungicidi. Tra i fungicidi organici, i prodotti più usati sono il Cymoxanil, il Dichlofluanid e l'Oxadixyl (Tabella 10).

Tabella 10: Consumo fungicidi

Principi attivi	kg	%	% su org
Rameici	1021,8	87,101	
Cymoxanil	92,3	7,866	61,0
Oxadixyl	21,4	1,823	14,1
Dichlofluanid	20,0	1,705	13,2
Metalaxyl	7,5	0,643	5,0
Anilazine	4,0	0,341	2,6
Folpet	2,6	0,218	1,7
Zineb	1,9	0,164	1,3
Dinocap	1,0	0,083	0,6
Benalaxyl	0,6	0,048	0,4
Mancozeb	0,1	0,009	0,1
Totale	1173,1	100,000	100,0

Tra gli insetticidi più usati, Furathiocarb, Isofenphos e Phoxim sono geodisinfestanti. (Tabella 11). Complessivamente i geodisinfestanti rappresentano il 64,5% degli insetticidi.

Tabella 11: Consumo insetticidi

Principi attivi	kg	%
Furathiocarb	258,206	29,682
Isofenphos	171,526	19,718
Azinphos-Methyl	164,880	18,954
Phoxim	85,763	9,859
Phosalone	52,072	5,986
Quinalphos	36,443	4,189
Benfuracarb	21,911	2,519
Dimethoate	21,742	2,499
Diazinon	18,985	2,182
Endosulfan	15,236	1,752
Chlorpyriphos	4,920	0,566
Lambda-Cyhalothrin	3,749	0,431
Phorate	3,654	0,420
Lindane	2,723	0,313
Chlorpyriphos-Methyl	2,166	0,249
Deltamethrin	2,114	0,243
Carbaryl	1,485	0,171
Tefluthrin	0,823	0,095
Acephate	0,739	0,085
Cypermethrin	0,676	0,078
Cyfluthrin	0,073	0,008
Methiocarb	0,020	0,002
Totale	869,906	100,000

L'analisi dei consumi complessivi dell'annata permette l'identificazione dei picchi di carico sul territorio delle varie classi (Tabella 12 e Figura 8). In ordine di tempo si ha innanzitutto la prima geodisinfestazione con picco nella seconda metà di marzo, coincidente con l'impianto, il picco degli erbicidi alla fine di aprile, la seconda geodisinfestazione con il picco verso la metà di maggio ed infine i trattamenti fungicidi ed insetticidi con punte nei mesi di maggio e di giugno.

Tabella 12: Consumo principi attivi per settimana

Settimana	Erb	Fun	Geo (kg)	Ins	Totali	Erb	Fun	Geo (%)	Ins	Totali
1-7 Mar	1,2		3,8		5,0	0,04		0,13		0,17
8-14 Mar	1,9		37,0		38,9	0,07		1,27		1,33
15-21 Mar	0,7	0,5	67,0	3,3	71,4	0,02	0,02	2,29	0,11	2,44
22-28 Mar	5,9	2,2	77,1	0,3	85,5	0,20	0,08	2,64	0,01	2,93
29 Mar-4 Apr	17,5	1,9	48,7	3,8	72,0	0,60	0,07	1,67	0,13	2,46
5-11 Apr	34,6	1,4	56,5	0,1	92,5	1,18	0,05	1,93	0,00	3,17
12-18 Apr	20,2	2,1	25,4	3,5	51,2	0,69	0,07	0,87	0,12	1,75
19-25 Apr	73,3	9,9	11,3	0,7	95,1	2,51	0,34	0,39	0,02	3,26
26 Apr-2 Mag	24,0	12,4	11,9	2,8	51,1	0,82	0,43	0,41	0,10	1,75
3-9 Mag	31,4	45,8	31,6	3,2	112,0	1,08	1,57	1,08	0,11	3,84
10-16 Mag	3,4	142,9	91,8	17,6	255,7	0,11	4,89	3,14	0,60	8,75
17-23 Mag	0,7	190,6	71,2	22,9	285,3	0,02	6,52	2,44	0,78	9,77
24-30 Mag	0,4	233,9	39,5	29,6	303,4	0,01	8,01	1,35	1,01	10,39
31 Mag-6 Giu	1,6	222,2	3,1	33,0	260,0	0,06	7,61	0,11	1,13	8,90
7-13 Giu		262,0	4,1	45,1	311,2		8,97	0,14	1,54	10,65
14-20 Giu	1,6	245,2	2,0	37,6	286,5	0,06	8,39	0,07	1,29	9,81
21-27 Giu	0,3	190,1	1,1	28,6	220,1	0,01	6,51	0,04	0,98	7,54
28 Giu-4 Lug		157,0		18,2	175,2		5,37		0,62	6,00
5-11 Lug		89,3		10,1	99,4		3,06		0,35	3,40
12-18 Lug		44,5		4,1	48,6		1,52		0,14	1,66
19-25 Lug		1,0			1,0		0,03			0,03
<b>Totali</b>	<b>218,7</b>	<b>1854,9</b>	<b>583,1</b>	<b>264,6</b>	<b>2921,3</b>	<b>7,49</b>	<b>63,50</b>	<b>19,96</b>	<b>9,06</b>	<b>100,00</b>

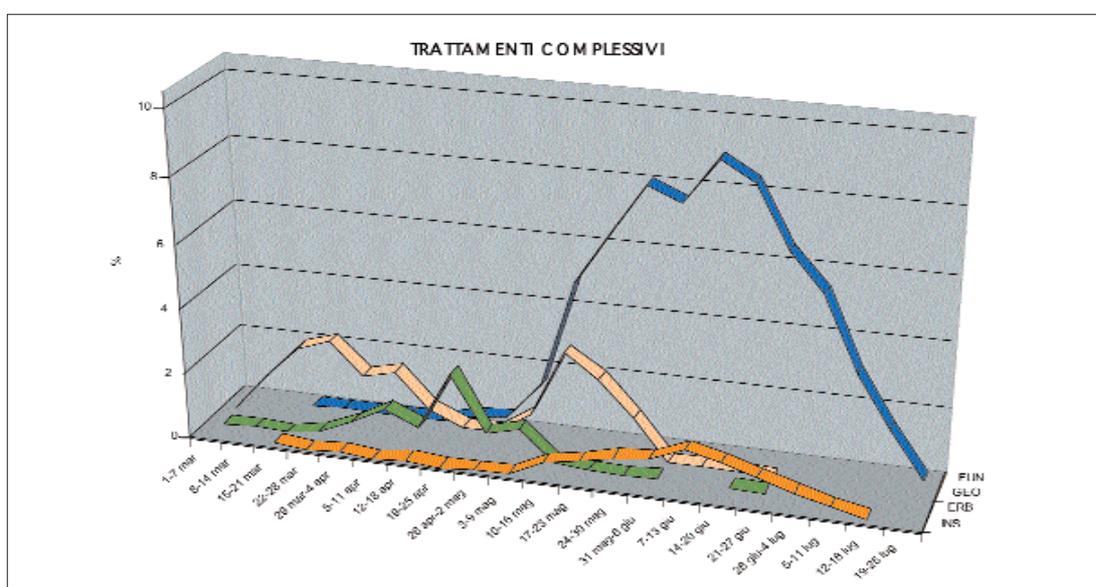


Figura 8: Trattamenti complessivi.

## Carichi

Per quanto riguarda la dose nel singolo trattamento (Tabella 13), Chlorpyrifos e Benfuracarb presentano i valori più alti del carico unitario. Non bisogna dimenticare però che la qualità del dato è influenzata dal numero di campioni e dalla dispersione relativa. Le dosi annuali (Tabella 14) sono ovviamente più alte per i PA che nell'annata sono utilizzati ripetutamente (Ossicloruro di

Tabella 13: Dosi medie per trattamento

Principi Attivi	Media (Kg/Ha)	N Camp	Dev Sta (Kg/Ha)
Chlorpyrifos	1,21	8	0,83
Benfuracarb	1,10	11	0,91
Solfato Di Rame	1,03	8	0,78
Phorate	1,00	6	0,89
Ossicloruro Di Rame	0,98	1680	0,65
Trifluralin	0,94	1	-
Endosulfan	0,89	4	0,24
Furathiocarb	0,89	302	0,37
Diazinon	0,81	16	0,54
Linuron	0,77	195	0,63
Dichlofluanid	0,70	40	0,24
Isofenphos	0,66	282	0,31
Aclonifen	0,61	4	0,07
Phosetyl-Aluminium	0,60	7	0,13
Carbaryl	0,59	1	-
Folpet	0,50	2	0,26
Lindane	0,50	1	-
Phosalone	0,36	177	0,24
Idrossido Di Rame	0,35	54	0,18
Phoxim	0,33	282	0,16
Azinphos-Methyl	0,32	505	0,24
Quinalphos	0,32	68	0,10
Metribuzin	0,29	99	0,25
Mancozeb	0,28	17	0,18
Acephate	0,21	1	-
Chlorpyrifos-Methyl	0,21	13	0,08
Oxadixyl	0,18	195	0,09
Dimethoate	0,16	148	0,14
Methiocarb	0,13	1	-
Haloxyfop-Ethoxyethyl	0,13	1	-
Cymoxanil	0,10	1520	0,07
Dinocap	0,10	7	0,01
Benalaxyl	0,08	8	0,04
Metaxyl	0,07	54	0,04
Tefluthrin	0,07	9	0,04
Cyfluthrin	0,05	1	-
Cypermethrin	0,03	30	0,01
Lambda-Cyhalothrin	0,02	289	0,01
Deltamethrin	0,01	306	0,01

rame).

Tabella 14: Dosi medie annuali

Principi Attivi	Media	N. Camp (Kg/Ha)	Dev St Kg/Ha
Ossicloruro Di Rame	3,71	442	2,28
Solfato Di Rame	1,65	5	1,70
Chlorpyrifos	1,21	8	0,83
Benfuracarb	1,10	11	0,91
Dichlofluanid	1,08	26	0,85
Furathiocarb	1,01	266	0,46
Phorate	1,00	6	0,89
Trifluralin	0,94	1	-
Endosulfan	0,89	4	0,24
Phosetyl-Aluminium	0,84	5	0,31
Diazinon	0,81	16	0,54
Linuron	0,77	194	0,63
Isofenphos	0,74	251	0,36
Phosalone	0,72	87	0,58
Azinphos-Methyl	0,70	233	0,64
Idrossido Di Rame	0,64	30	0,32
Aclonifen	0,61	4	0,07
Carbaryl	0,59	1	-
Mancozeb	0,53	9	0,36
Folpet	0,50	2	0,26
Lindane	0,50	1	-
Quinalphos	0,46	48	0,26
Phoxim	0,37	251	0,18
Cymoxanil	0,36	437	0,24
Metribuzin	0,31	94	0,39
Dimethoate	0,30	78	0,29
Chlorpyrifos-Methyl	0,30	9	0,19
Oxadixyl	0,27	129	0,20
Acephate	0,21	1	-
Benalaxyl	0,16	4	0,07
Dinocap	0,14	5	0,07
Methiocarb	0,13	1	-
Haloxifop-Ethoxyethyl	0,13	1	-
Metalaxyl	0,12	31	0,06
Tefluthrin	0,07	9	0,04
Cypermethrin	0,05	16	0,06
Cyfluthrin	0,05	1	-
Lambda-Cyhalothrin	0,03	139	0,04
Deltamethrin	0,02	159	0,02

Tab. 15: Carichi totali parcelle

N. Camp	466
Media (kg/ha)	6,4
Moda (kg/ha)	5,2
Mediana (kg/ha)	6,0
Dev Sta (kg/ha)	3,3

Il carico medio complessivo medio sulle parcelle derivante dalla somma di tutti i trattamenti stagionali (Tabella 15 e Figura 9) è risultato pari a 6,4 kg/ha. La suddivisione dei consumi di principi attivi per comune permette un'analisi dei carichi nelle diverse aree del territorio in esame (Tabella 16).

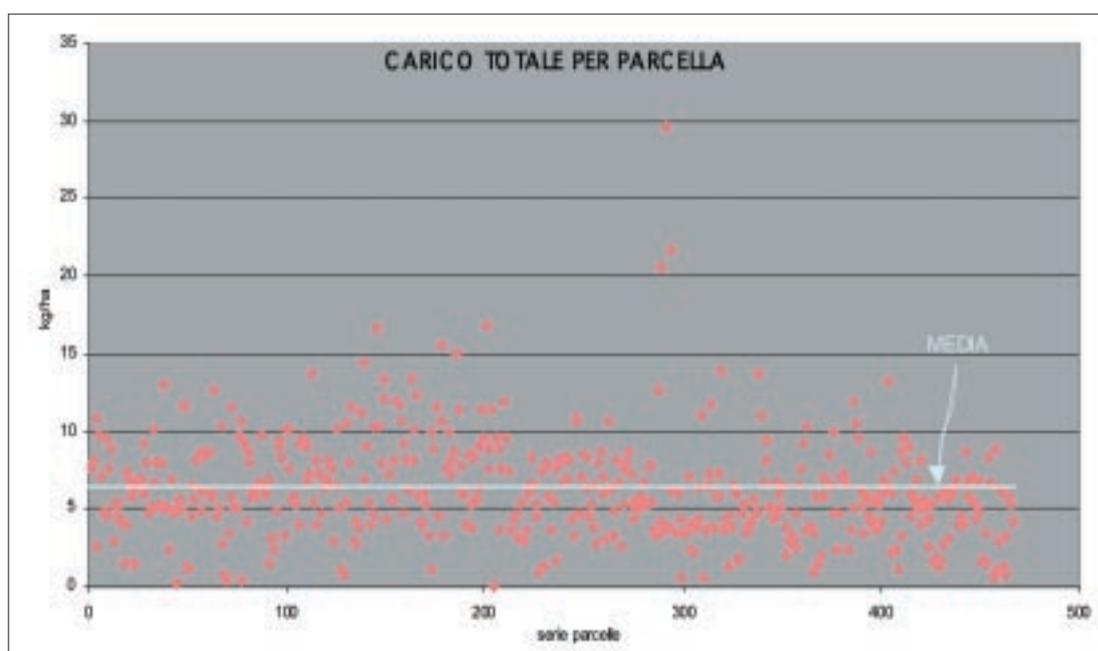


Figura 9: Carico totale per parcella.

Tabella 16: Distribuzione PA per Comune (%)

	Acquapendente	Bolsena	Capodimonte	Cellere	Gdc	Gradoli	Laterra	Onano	Pitigliano	Prezano	Sln	Sorano	Valentano	Viterbo	X	Totale
Superficie	12,5	0,3	0,1	0,3	40,8	4,1	3,9	22,6	0,0	0,9	8,8	0,6	4,6	0,2	0,3	100,0
Acetate	100,0															100,0
Adolfen	100,0															100,0
Azinphos-Methyl	12,1	0,8			60,7	6,9	1,6	7,7		0,8	7,6	0,6	1,1		0,1	100,0
Benclaxyl	74,1				60,1	19,2					25,9		0,6			100,0
Benfurcarb	20,1							100,0								100,0
Carbaryl								50,3						18,3		100,0
Chlorpyrifos	8,5				22,9											100,0
Chlorpyrifos-Methyl					75,5	2,5	10,0				12,0					100,0
Cyfluthrin													100,0			100,0
Cymoxenzil	10,6	0,6			47,9	3,0	1,9	27,2	0,0	1,4	5,9	0,1	1,1	0,3	0,2	100,0
Spinetoram					26,8	0,8	3,0	4,6			3,6		61,3			100,0
Deltamethrin	18,5	0,6			47,8			23,9		2,0	4,6		21,0	0,4	0,0	100,0
Diazinon					61,6		12,6				4,8		2,4			100,0
Dichlorfluamid	10,2				56,0			29,8			1,6					100,0
Dimethoate	13,3	2,2			63,2			9,7		7,3	4,1			0,2		100,0
Dinocap	15,9				27,9			47,9			8,1					100,0
Endosulfan						33,3	11,1	22,2					33,3			100,0
Falpet					100,0											100,0
Furathiocarb	16,4	0,5			46,5	0,6		24,3		0,3	9,6	0,2	1,2		0,3	100,0
Haloxypir-Ethoxyethyl					100,0											100,0
Idrossido																100,0
di Rame	63,2				15,3	3,0	2,7	0,9			1,5					100,0
Isotamphos	10,1	0,9	0,0	0,4	52,0	0,3	0,3	26,7		0,1	8,1		13,3		0,5	100,0
Lambda-Cyhalothrin																100,0
Lindane	21,7				35,9	0,4	0,1	32,6			5,1		4,1			100,0
Linuron							100,0									100,0
Mancoszeb	11,4				42,9	1,2	0,6	35,3		1,4	7,1	0,2				100,0
Methidathion					13,8		45,7		0,4				39,6			100,0
Methidathion	62,7		0,5		16,9	3,0	1,8	0,9			1,5		13,2			100,0
Methidathion					100,0											100,0
Methidathion	5,4	0,2			22,7	1,7	1,4	2,3			63,2		2,4	0,5	0,1	100,0
Ossicloruro																100,0
di Rame	9,9	0,6	0,0	0,0	48,1	2,7	1,7	26,8	0,0	1,2	6,8	0,1	1,6	0,2	0,2	100,0
Oxadixil	4,3				44,9			30,5			12,8		7,1		0,2	100,0
Phorate						47,4	17,6					35,1				100,0
Phosalone	30,1				33,6			28,0	0,1	2,0	5,5	0,8				100,0
Phosetyl-Aluminium																100,0
Aluminium							75,0						25,0			100,0
Phoxim	10,1	0,9	0,0	0,4	52,0	0,3	0,3	26,7		0,1	8,1		0,6		0,5	100,0
Quinalphos					81,8			1,2			17,0					100,0
Solfato																100,0
di Rame	86,8		0,1		1,0	3,4							8,7			100,0
Tefluthrin					39,0						54,7					100,0
Trifluralin	7,3							100,0								100,0

## Appendice III Anno 1997

### Analisi superfici

Il 1997 è stato l'anno col maggiore numero di dichiarazioni e, di conseguenza, quello più rappresentativo sia per superficie interessata sia per quantitativo di prodotti fitosanitari.

Le 575 schede hanno portato a stimare una superficie totale di 558 ha (Tabella 1 e Figura 1), coperta per più della metà (quasi 56%) dai comuni di Grotte di Castro ed Onano rispettivamente con 215 e 97 ha (38 e 17%). C'è una maggiore incidenza dei comuni di Latera e Gradoli che insieme ad Acquapendente e San Lorenzo Nuovo superano il 35% della superficie totale. Sono risultate incomplete 138 schede (24%). Come riscontrato negli altri anni, la suddivisione fondiaria nei vari comuni è risultata sostanzialmente omogenea.

Tabella 1: Ripartizione superficie per comune

Comune	Parcelle	Media	Superficie Complessiva	
		(ha)	(ha)	(%)
Acquapendente	38	1,6	60,9	10,9
Bolsena	4	1,0	3,8	0,7
Capodimonte	3	2,9	8,8	1,6
Celleno	1	3,0	3,0	0,5
Cellere	1	0,7	0,7	0,1
Farnese	1	1,5	1,5	0,3
Grotte Di Castro	244	0,9	215,1	38,5
Gradoli	51	1,0	49,9	8,9
Latera	36	1,5	55,0	9,8
Onano	112	0,9	97,0	17,4
Proceno	9	0,5	5,0	0,9
San Lorenzo Nuovo	49	0,7	32,4	5,8
Valentano	15	1,0	15,5	2,8
Non Specificato	11	0,9	9,8	1,8
Totale	575	1,0	558,1	100,0

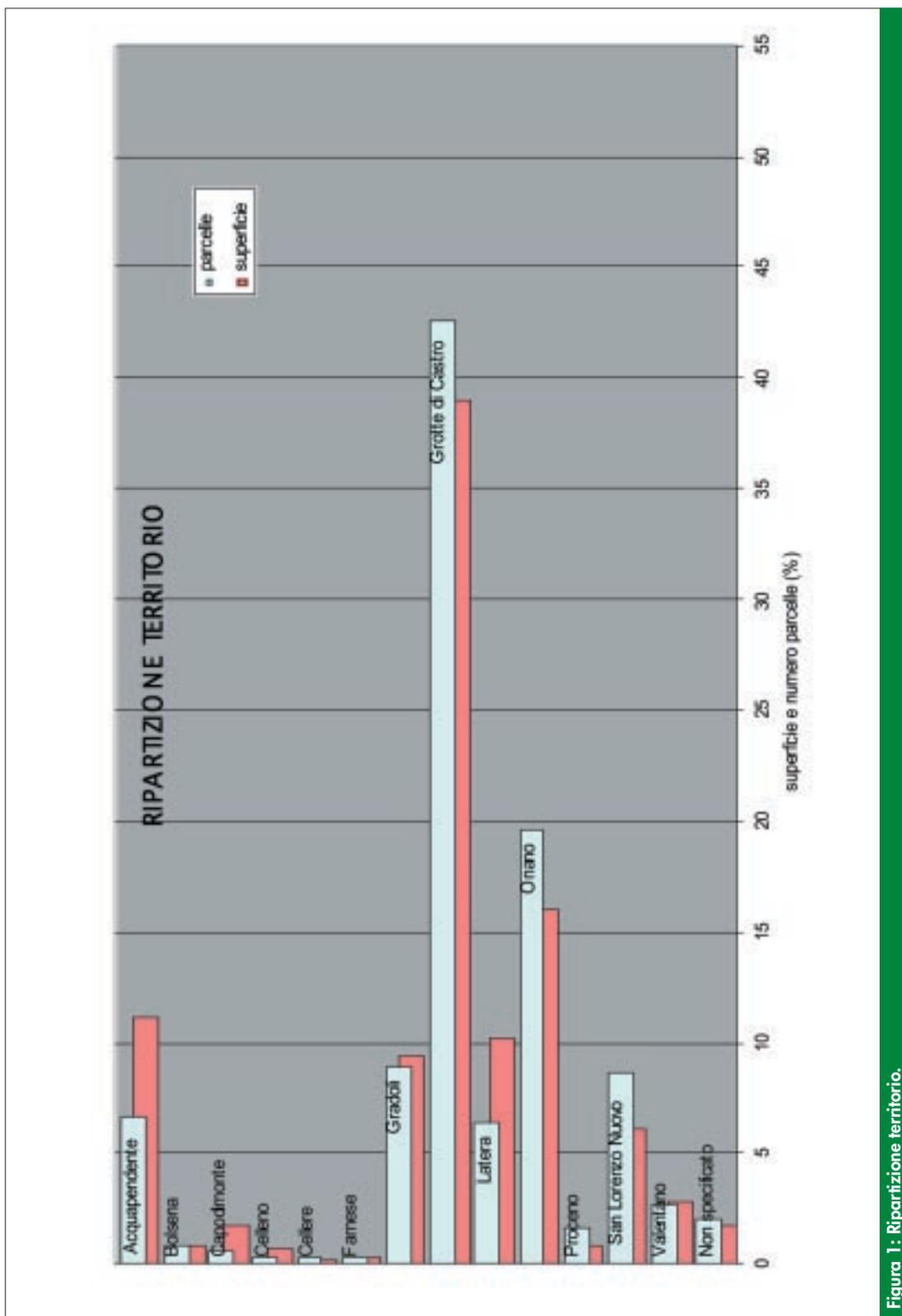


Figura 1: Ripartizione territorio.

Il territorio ha presentato sempre un'estrema frammentazione delle parcelle e una loro ridotta dimensione. La classe modale è stata quella attorno 0,5 ha (Figura 2). In particolare le parcelle inferiori o uguali a 1 ha sono il 73% del totale (Figura 3). La metà degli appezzamenti copre solamente il 18% della superficie complessiva, e l'80% copre il 48% della superficie totale (Figura 4).

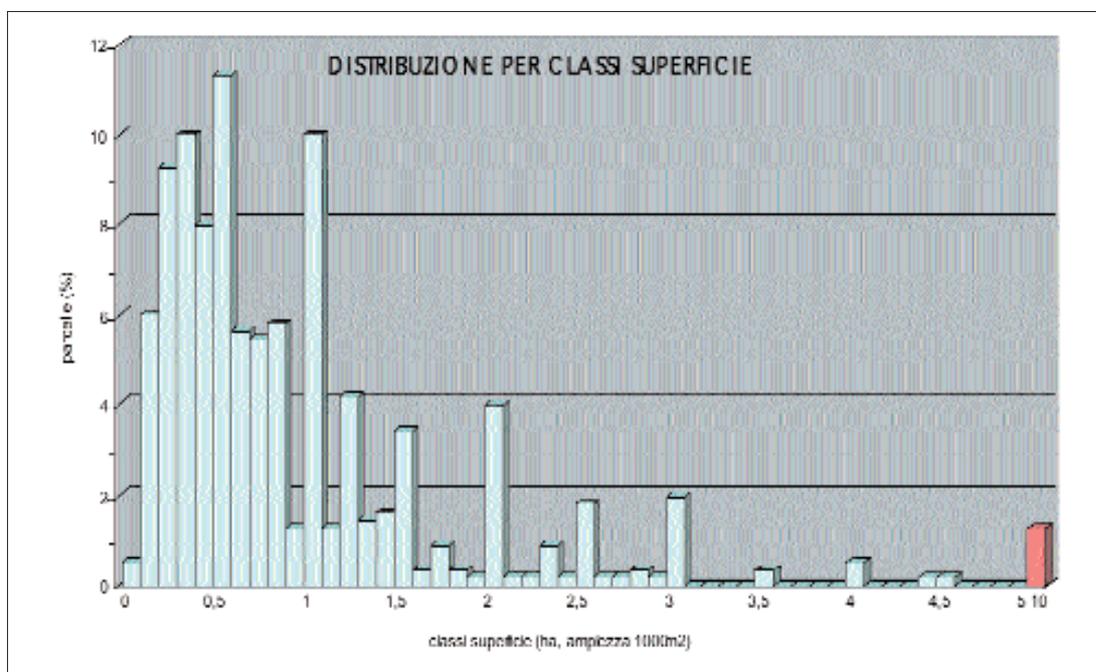


Figura 2: Distribuzione per classi superficie.

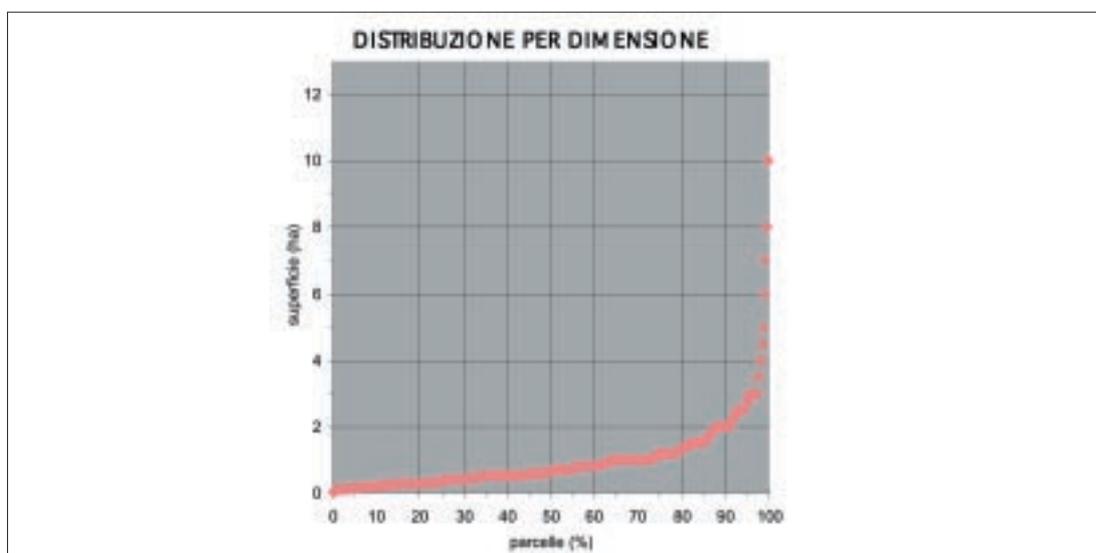


Figura 3: Distribuzione per dimensione.

**Tabella 2: Pratiche agronomiche e trattamenti fitosanitari**

<b>Semina: IV febbraio - III aprile</b>	
<b>Trattamento</b>	<b>Periodo</b>
Geodisinfestazione	I marzo - III aprile IV aprile - IV maggio
Erbicidi	II marzo - III maggio
Fungicidi	IV aprile - IV luglio
Insetticidi	IV aprile - IV luglio

**Raccolta: II luglio - I settembre**

**Tabella 3: Numero trattamenti per tipologia**

<b>Media trattamenti/parcella</b>	
Erbicidi	1,0
Fungicidi	4,1
Geodisinfestazione	1,5
Insetticidi	3,5
Totale	10,0

### Pratiche agronomiche

L'impianto si è svolto con il 54% degli interventi nelle due settimane centrali di marzo ed il 94% tra la prima settimana di marzo e la prima di aprile (Figura 5). La raccolta va sostanzialmente dalla seconda settimana di luglio alla prima di settembre.

La geodisinfestazione presenta il primo picco (semina) la terza settimana di marzo e il secondo picco a metà maggio. Il picco degli erbicidi è intorno alla metà di aprile. Fungicidi e insetticidi sono stati utilizzati dalla seconda metà di aprile a fine luglio. Mediamente ogni parcella ha ricevuto 10 trattamenti ripartiti per tipologia come in tabella 3.



**Figura 4: Distribuzione cumulativa.**

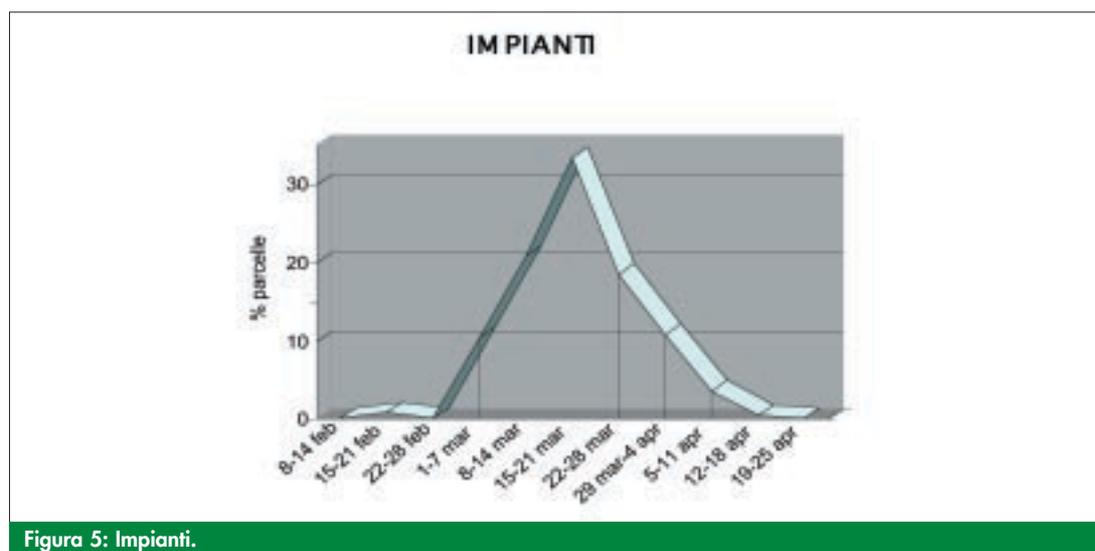


Figura 5: Impianti.

### Consumo fitofarmaci

Il consumo complessivo di fitofarmaci, sui 558 ha in esame, è stato di 21920 kg (Tabella 4) di cui 16800 direttamente dichiarati mentre il restante 23% è stato stimato in base ai consumi medi riscontrati nell'anno e alle superfici. Come previsto, il consumo di fitofarmaci disaggregato per comune (Tabella 3 e Figura 6) segue l'andamento già riscontrato per le superfici.

Il consumo di fitofarmaci suddiviso per classi funzionali mostra le stesse percentuali degli altri anni (Tabella 5).

Tabella 4: Consumo FC per Comune

Comune	kg	%
Acquapendente	2575	11,7
Bolsena	152	0,7
Capodimonte	335	1,5
Celleno	16	0,1
Cellere	29	0,1
Farnese	13	0,1
Grotte di Castro	9078	41,4
Gradoli	2170	9,9
Latera	1623	7,4
Onano	3702	16,9
Proceno	222	1,0
San Lorenzo Nuovo	1098	5,0
Valentano	524	2,4
Non Specificato	382	1,7
Totale	21919	100,0

Tabella 5: Consumo FC per Classi

Classe	kg	%
Erbicidi	743,7	3,4
Fungicidi	5571,9	25,4
Insetticidi	15603,6	71,2
Totale	21919,2	100,0

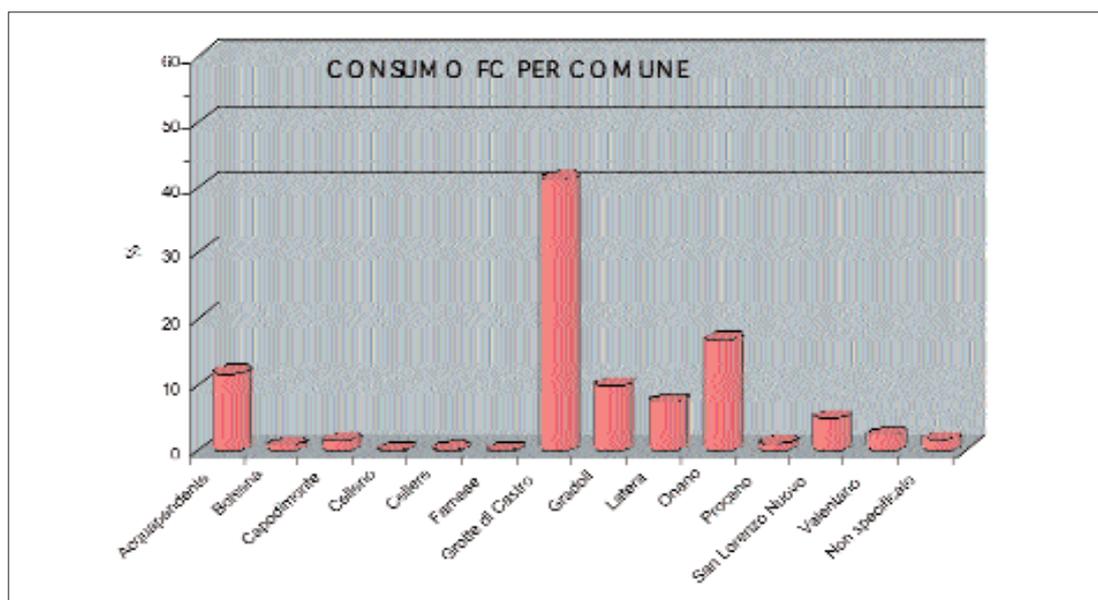


Figura 6: Consumo FC per Comune.

### Principi attivi

Il consumo complessivo di principi attivi è stato di 3783 kg, di cui il 54% di solo ossicloruro di rame (Tabella 6).

I fungicidi e gli insetticidi risultano essere rispettivamente il 64 ed il 29% dei principi attivi (Tabella 7).

Tabella 6: Consumo PA

Principio attivo	Azione	kg	%
Ossicloruro di Rame	Fun	2031,20	53,688
Furathiocarb	Ins	271,01	7,163
Isofenphos	Ins	268,90	7,108
Azinphos-Methyl	Ins	220,44	5,827
Linuron	Erb	205,12	5,422
Cymoxanil	Fun	185,51	4,903
Phoxim	Ins	134,45	3,554
Dichlofluanid	Fun	72,91	1,927
Oxadixyl	Fun	59,84	1,582
Benfuracarb	Ins	56,69	1,499
Metribuzin	Erb	55,25	1,460
Phosalone	Ins	54,42	1,438
Mancozeb	Fun	34,00	0,899
Idrossido di Rame	Fun	33,99	0,898
Quinalphos	Ins	29,91	0,791
Dimethoate	Ins	19,45	0,514
Phorate	Ins	10,01	0,265
Lambda-Cyhalothrin	Ins	9,04	0,239
Diazinon	Ins	6,44	0,170
Metalaxyl	Fun	5,24	0,139
Dimethomorph	Fun	3,70	0,098
Benalaxyl	Fun	3,67	0,097
Haloxyfop-Ethoxyethyl	Erb	3,66	0,097
Deltamethrin	Ins	3,06	0,081
Trifluralin	Erb	1,56	0,041
Solfato di Rame	Fun	1,14	0,030
Tefluthrin	Ins	0,87	0,023
Imidacloprid	Ins	0,82	0,022
Chlorpyrifos-Methyl	Ins	0,48	0,013
Rimsulfuron	Erb	0,32	0,008
Cyfluthrin	Ins	0,18	0,005
Cypermethrin	Ins	0,05	0,001
Totale		3783,32	100,000

Tabella 7: Consumo PA per composizione per classi

Principi attivi	kg	%
Insetticidi	869,9	29,4
Fungicidi	1876,6	63,5
Erbicidi	209,1	7,1
Totale	2955,6	100,0

La suddivisione dei principi attivi in base alla loro classe chimica mostra le stesse percentuali dell'anno precedente (Tabella 8).

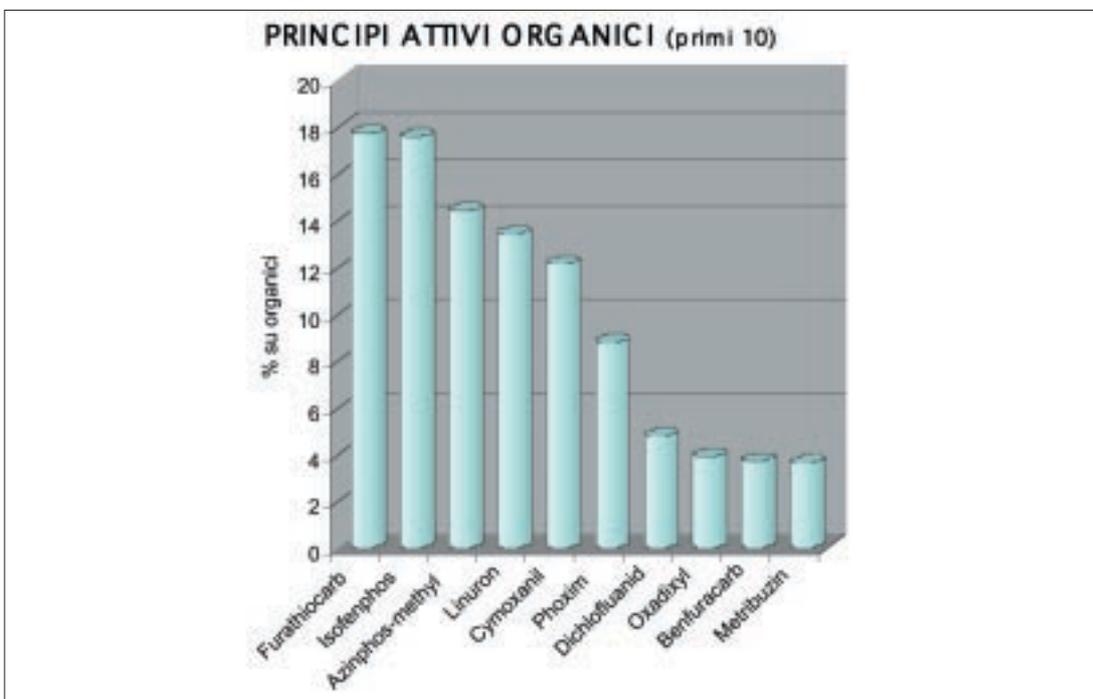
Le sostanze rameiche raggiungono il 55% del totale e sono composte per la quasi

totalità (98%) dall'ossicloruro di rame. Fra gli organici i primi dieci composti (Figura 7) rappresentano l'89% del totale.

**Tabella 8: Consumo PA per composizione**

Principi attivi	kg	%
Rameici	Ossicloruro di rame	2031,2
	Idrossido di rame	34,0
	Solfato di rame	1,1
Totale rameici	2066,3	54,6
Totale organici	1717,0	45,4
Totale	3783,3	100,0

Gli erbicidi più utilizzati sono stati il Linuron ed il Metribuzin (98% della classe; Tabella 9). Tra i fungicidi oltre i rameici (rappresentano l'85% della classe) (Tabella 10), Cymoxanil, Dichlofluanid, Oxadixyl e Mancozeb sono i più utilizzati.



**Figura 7: Principi attivi organici.**

**Tabella 9: Consumo erbicidi**

Principi attivi	kg	%
Linuron	205,1	77,1
Metribuzin	55,3	20,8
Haloxypop-ethoxyethyl	3,7	1,4
Trifluralin	1,6	0,6
Rimsulfuron	0,3	0,1
totale	265,9	100,0

Tabella 10: Consumo fungicidi

Principi attivi	kg	%	% su org
Rameici	2066,3	85,0	
Cymoxanil	185,5	7,6	50,8
Dichlofluanid	72,9	3,0	20,0
Oxadixyl	59,8	2,5	16,4
Mancozeb	34,0	1,4	9,3
Metalaxyl	5,2	0,2	1,4
Dimethomorph	3,7	0,2	1,0
Benalaxyl	3,7	0,2	1,0
Totale	2431,2	100,0	100,0

Tabella 11: Consumo insetticidi

Principi attivi	kg	%
Furathiocarb	271,01	24,950
Isofenphos	268,90	24,756
Azinphos-methyl	220,44	20,294
Phoxim	134,45	12,378
Benfuracarb	56,69	5,219
Phosalone	54,42	5,010
Quinalphos	29,91	2,754
Dimethoate	19,45	1,790
Phorate	10,01	0,921
Lambda-Cyhalothrin	9,04	0,833
Diazinon	6,44	0,593
Deltamethrin	3,06	0,282
Tefluthrin	0,87	0,080
Imidacloprid	0,82	0,075
Chlorpyrifos-Methyl	0,48	0,044
Cyfluthrin	0,18	0,017
Cypermethrin	0,05	0,004
Totale	1086,21	100,000

Tra gli insetticidi invece bisogna considerare che sia il Furathiocarb che l'Isofenphos (50% del totale degli insetticidi) sono geodisinfestanti, così come Phoxim, Benfuracarb (Tabella 11). Complessivamente i geodisinfestanti coprono il 69% degli insetticidi, mentre per il resto Azinphos-methyl, Phosalone e Quinalphos sono i più utilizzati.

Tabella 12: Consumo principi attivi per settimana

Settimana	Erb	Fun	Geo (kg)	Ins	Totali	Erb	Fun	Geo (%)	Ins	Totali
1-7 MAR			22,2		22,2			0,59		0,59
8-14 MAR	6,5		101,3		107,8	0,17		2,68		2,85
15-21 MAR	6,0	0,6	133,0		139,7	0,16	0,02	3,52		3,70
22-28 MAR	21,5	1,2	79,2	0,5	102,3	0,57	0,03	2,10	0,01	2,71
29 MAR-4 APR	39,6		59,2		98,8	1,05		1,57		2,62
5-11 APR	55,9	2,5	32,7		91,0	1,48	0,07	0,87		2,41
12-18 APR	44,7	2,3	8,8		55,9	1,18	0,06	0,23		1,48
19-25 APR	47,1	20,0	11,2	1,1	79,4	1,25	0,53	0,30	0,03	2,10
26 APR-2 MAG	16,4	18,2	24,0	2,3	60,9	0,43	0,48	0,64	0,06	1,61
3-9 MAG	11,2	45,7	42,8	4,1	103,9	0,30	1,21	1,13	0,11	2,75
10-16 MAG	15,9	156,1	109,6	19,0	300,7	0,42	4,13	2,90	0,50	7,96
17-23 MAG	1,5	203,3	78,4	22,3	305,5	0,04	5,38	2,08	0,59	8,09
24-30 MAG	1,1	325,1	59,4	47,7	433,4	0,03	8,61	1,57	1,26	11,48
31 MAG-6 GIU		275,1	1,4	40,9	317,5		7,29	0,04	1,08	8,41
7-13 GIU	0,3	378,2	0,4	53,8	432,8	0,01	10,02	0,01	1,42	11,46
14-20 GIU		377,1	1,6	52,8	431,5		9,99	0,04	1,40	11,43
21-27 GIU		280,1	0,4	32,4	312,9		7,42	0,01	0,86	8,29
28 GIU-4 LUG		210,4	0,4	23,2	234,0		5,57	0,01	0,61	6,20
5-11 LUG		98,6		13,1	111,8		2,61		0,35	2,96
12-18 LUG	0,5	18,4		1,2	20,0	0,01	0,49		0,03	0,53
19-25 LUG		13,5		1,1	14,6		0,36		0,03	0,39
TOTALI	268,4	2426,5	766,2	315,4	3776,5	7,11	64,25	20,29	8,35	100,00

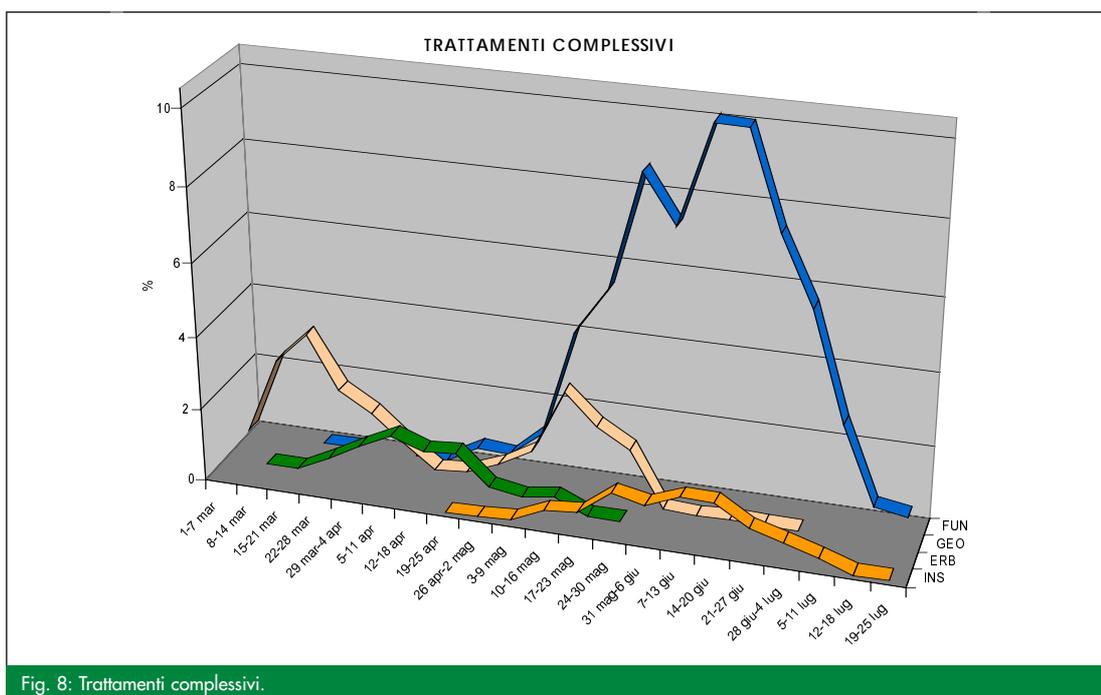


Fig. 8: Trattamenti complessivi.

L'intera serie degli interventi fitosanitari evidenzia i picchi di carico complessivo sul territorio per le vari classi di prodotti (Tabella 12, Figura 8).

### Carichi

I carichi di principio attivo sono stati determinati per il singolo trattamento e per l'intero anno (Tabelle 13 e 14). Il numero di campioni disponibili, insieme alla deviazione standard, è logicamente un indicatore dell'affidabilità delle dosi medie calcolate.

Tabella 13: Dosi medie per trattamento

Principi Attivi	Media (Kg/Ha)	N Camp	Dev Sta (Kg/Ha)
Ossicloruro di rame	1,06	1688	0,60
Solfato di rame	0,91	2	0,00
Benfuracarb	0,90	19	0,82
Diazinon	0,87	3	0,27
Furathiocarb	0,85	332	0,41
Phorate	0,85	11	0,60
Linuron	0,75	263	0,40
Isofenphos	0,71	279	0,36
Dichlofluanid	0,68	83	0,32
Tribluralin	0,66	1	-
Idrossido di rame	0,60	29	0,19
Phosalene	0,48	122	0,26
Phoxim	0,36	279	0,18
Quinalfos	0,32	66	0,16
Azinphos-Methyl	0,30	533	0,17
Metribuzim	0,24	142	0,15
Oxadixyl	0,18	220	0,08
Dimetoate	0,17	126	0,16
Mancozeb	0,17	25	0,14
Dimethomorph	0,16	39	0,07
Chlorpyriphos-Methyl	0,13	3	0,06
Haloxypop-Ethoxyethyl	0,13	9	0,04
Metalaxyl	0,12	20	0,04
Cymoxanil	0,11	1500	0,06
Imidacloprid	0,10	4	0,04
Benalaxyl	0,09	18	0,02
Tefluthrin	0,09	5	0,05
Cyflthrin	0,04	4	0,02
Lambda-Cyhalothrin	0,02	478	0,02
Cypermethrin	0,01	3	0,01
Rimsulfuron	0,01	11	0,00
Deltamethrin	0,01	307	0,01

Tabella 14: Dosi medie annuali

Principi Attivi	Media (Kg/Ha)	N Camp	Dev Sta (Kg/Ha)
Ossicloruro di rame	4,26	418	2,616
Benfuracarb	1,14	15	0,844
Dichlofluanid	1,02	56	0,596
Furathiocarb	1,00	283	0,467
Phosalone	0,94	62	0,794
Phorate	0,93	10	0,557
Solfato di rame	0,91	2	0,000
Diazinon	0,87	3	0,274
Idrossido di rame	0,87	20	0,396
Isofenphos	0,79	252	0,442
Linuron	0,75	263	0,396
Azinphos-Methyl	0,72	222	0,549
Trifluralin	0,66	1	-
Mancozeb	0,61	7	0,375
Quinalfos	0,56	38	0,513
Dimetoate	0,44	50	0,457
Cymoxanil	0,43	401	0,270
Chlorpyriphos-Methyl	0,40	1	-
Phoxim	0,40	252	0,221
Oxadixyl	0,30	133	0,186
Dimethomorph	0,27	23	0,189
Metribuzim	0,25	137	0,168
Benalaxyl	0,18	9	0,039
Metalaxyl	0,17	14	0,083
Haloxypop-Ethowylethyl	0,14	8	0,066
Tefluthrin	0,11	4	0,049
Imidacloprid	0,10	4	0,044
Cyfluthrin	0,07	2	0,040
Cypermethrin	0,04	1	-
Lambda-Cyhalothrin	0,04	212	0,081
Deltamethrin	0,02	134	0,034
Rimsulfuron	0,01	11	0,004

Tab. 15: Carichi totali parcelle

N. Camp	349
Media (kg/ha)	5,7
Moda (kg/ha)	3,2
Mediana (kg/ha)	5,4
Dev Sta (kg/ha)	2,4

Sono stati infine calcolati i carichi complessivi di principi attivi sulle parcelle (Tabella 15 e Figura 9) e la distribuzione dei prodotti tra i vari comuni (Tabella 16).



Figura 9: Carico totale per parcella.

