

**Analisi ed utilizzo delle informazioni sulla qualità delle acque ai fini della modellazione della diffusione degli inquinanti nel terreno.**

**Dott.ssa Aimola Annalisa**

**Tutor: Colagrossi Attilio**

# INDICE

<b>1.</b>	<b><i>Introduzione</i></b> .....	<b>pag. 2</b>
<b>2.</b>	<b><i>Inquadramento geologico-strutturale</i></b>	
2.1	<i>Domini Paleogeografici</i> .....	pag. 6
2.2	<i>Stratigrafia, Tettonica, Litostratigrafia</i> .....	pag. 8
2.3	<i>Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico</i> .....	pag. 19
<b>3.</b>	<b><i>Problematiche legate all'agricoltura e dati sulle colture</i></b>	
3.1	<i>Descrizione delle principali colture</i> .....	pag. 23
3.2	<i>Definizione, caratteristiche e problematiche dei fitofarmaci</i> .....	pag. 27
<b>4</b>	<b><i>Raccolta ed elaborazione dati</i></b>	
4.1	<i>Origine dei dati dal database APAT</i> .....	pag. 31
4.2	<i>Dati climatici ed idrologici</i> .....	pag. 33
4.3	<i>Dati sui pesticidi</i> .....	pag. 40
<b>5.</b>	<b><i>Modello di simulazione dei pesticidi</i></b>	
5.1	<i>Descrizione del modello e procedure di modellizzazione</i> .....	pag. 45
5.2	<i>Scelta dei parametri</i> .....	pag. 47
5.3	<i>Parametri in input</i> .....	pag. 48
<b>6.</b>	<b><i>Conclusioni</i></b> .....	<b>pag. 56</b>
	<b><i>Bibliografia</i></b> .....	<b>pag. 58</b>
	<b><i>Allegati: Risultati della simulazione</i></b>	

# 1 INTRODUZIONE

Il presente studio è stato svolto nell'ambito di uno stage di collaborazione tra l'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) e l'Università di Roma "La Sapienza" (Dipartimento di Scienze della Terra), con lo scopo di conoscere e definire meglio i rapporti esistenti tra attività antropiche, in primis l'agricoltura, le problematiche legate all'utilizzo dei fitofarmaci in agricoltura e gli effetti che questi hanno sulla risorsa idrica.

Per raggiungere tale obiettivo si sono raccolti una serie di dati forniti dall'APAT e tramite un programma di calcolo IPTM-CS (messo a punto dall'Annis Water Resources Institute della Grand Valley State University e in dotazione al Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma "La Sapienza"), che fa parte di un modello integrato di trasporto dei pesticidi, si è simulata la distribuzione nel tempo di un pesticida a varie profondità nel suolo, tenendo conto della sua concentrazione.

Negli ultimi anni c'è stato un crescente interesse verso le problematiche ambientali quali lo sfruttamento della risorsa idrica, in proposito basti pensare alla normativa nazionale (*D. lgs. n. 152 del 11 maggio 1999*) più attenta alla tutela quantitativa e qualitativa del patrimonio idrico, l'inquinamento dell'aria e del suolo.

Nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana dell'8/1/2004 è riportato il decreto 6 novembre 2003 n. 367 nel quale il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro della salute, viste una serie di direttive quali la:

-76/464/CEE del maggio 1976 concernente l'inquinamento provocato da sostanze pericolose in ambiente idrico e che obbliga gli Stati membri a stabilire programmi per eliminare tale inquinamento;

-tenuto conto della decisione n. 2455/2001/CE del 20 novembre 2001 relativo all'istituzione di un elenco di sostanze prioritarie in materia di acque;

-la direttiva 2000/60/CE che dispone gli standard di qualità ambientale per il raggiungimento nei corpi idrici superficiali di un buon stato chimico sulla base di criteri di tossicità;

-considerato che il criterio di tossicità, finalizzato alla tutela della salute umana, deve tenere conto non solo dei rischi derivati dal consumo di acqua potabile ma anche di quelli derivanti dal trasferimento di contaminanti attraverso processi di bioaccumulo nella catena alimentare e pertanto è necessario fissare standard di qualità idonei a contenere i suddetti rischi;

-ritenuto di dover raggiungere uno stato di qualità chimico entro il 2008 tale da garantire una tutela della salute umana come obiettivo intermedio rispetto a quello più avanzato del 2015;

Adotta una serie di regolamenti:

Art. 1:

-Ai fini della tutela delle acque interne superficiali e delle acque marino-costiere dall'inquinamento provocato dalle sostanze pericolose immesse nell'ambiente idrico da fonti puntuali e diffuse, l'allegato A al seguente regolamento definisce per le sostanze pericolose standard di qualità nella matrice acquosa. Gli standard sono finalizzati a garantire a breve termine la salute umana e a lungo termine la tutela dell'ecosistema acquatico.

-Le acque di cui al comma 1 devono essere conformi entro il 31 dicembre 2008 agli standard di cui alla tabella 1, colonna B, dell'allegato A.

- Le acque di cui al comma 1 devono essere conformi entro dicembre 2015 agli standard di cui alla tabella 1, colonna A, dell'allegato A.

Art.2:

-Le regioni individuano le sostanze pericolose da controllare in funzione della loro presenza in:cicli industriali, scarichi in fognatura, produzioni agricole, ecc.

-sulla base della richiesta avanzata dall'autorità competente al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, sono definiti gli standard per le sostanze non normate dal regolamento,

-Le regioni redicono l'elenco delle sostanze pericolose presenti sul proprio territorio e delle fonti di origine, da aggiornare secondo le scadenze temporali riportate al comma 1. L'elenco è integrato da relazioni contenenti i programmi di azione intrapresi dalle regioni per ridurre ed eliminare le sostanze pericolose.

-L'elenco delle sostanze, gli aggiornamenti e le relazioni sono da trasmettere al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

**PESTICIDI**

**Tabella 1.8**

Numero CAS	Composto	- A - 2015 (µg/L)	- B - 2008 (µg/L)
79-11-8	Acido cloroacetico	0,1	1 D 0,5 M-L
129-36-5	Acido 2,4-diclorofenossipropionico (dicloropp)	0,1	1 D 0,5 M-L
91-65-2	Acido 2,4 metilcloroformipropionico (metocrop)	0,1	1 D 0,5 M-L
94-74-6	Acido 2,4 metilcloroformilacetico (mcpa)	0,1	1 D 0,5 M-L
94-75-7	Acido 2,4 diclorofenossiacetico (2,4 D)	0,1	1 D 0,5 M-L
83-76-5	Acido 2,4,5, trichlorofenossiacetico (2,4,5 T)	0,1	1 D 0,5 M-L
463-73-6	Endrin		ND
309-09-2	Aldrin	0,0003	0,001
60-57-1	Dieldrin	0,0003	0,001
72-26-8	Endrin	0,0006	0,006
57-74-9	Chlordane	0,0006	0,006
	Diclorodifeniltricloroetano (DDT) (*)	0,0002	0,002
	Diclorodifenilacetilacetilene (DDE) (*)	0,0002	0,002
	Diclorodifenilacetilacetilene (DDD) (*)	0,0003	0,003
76-44-4	Eptacloro (resorsa eptacloro apotido)	0,0001	0,001
113-29-7	Endosulfan P	0,0001	0,001
914-98-4	Alfa endosulfan P	0,0001	0,001
58-89-9	Lindano (γ isomero dell'esaclorocicloesano) PP	0,01 D 0,005 M-L	0,01 D 0,005 M-L
314-84-4	Esaclorocicloesano alfa PP	0,0002	0,002
314-85-7	Esaclorocicloesano beta PP	0,0002	0,002
118-74-1	Esaclorobenzene PP		0,003
330-33-2	Lisurio	0,02 D 0,01 M-L	0,2 D 0,1 M-L

\* DDE, DDD, DDT: lo standard è riferito alla somma degli isomeri 2,4 e 4,4 (d) ciascuna sostanza.

Numero CAS	Composto	- A - 2015 (µg/L)	- B - 2008 (µg/L)
1346-81-2	Monocloruron	0,02 D 0,01 M-L	0,2 D 0,1 M-L
370-54-1	Diuron P	0,02 D 0,01 M-L	0,2 D 0,1 M-L
34123-59-6	Isoproturon P	0,02 D 0,01 M-L	0,2 D 0,1 M-L
19125-24-9	Atrazina P	0,01	0,05
122-34-9	Simazina P	0,02 D 0,01 M-L	0,2 D 0,1 M-L
298-07-3	Demeton	0,01	0,1
60-31-5	Disulfoton	0,01	0,1
298-04-4	Diafentou	0,01	0,1
11295-92-6	Metamidolo triflorometilato di O,S-dimetile	0,01	0,1
7788-34-7	Mesitolo	0,001	0,01
56-72-4	Cortalis		0,01 Propilzinna
470-90-6	Clorfenossifos P	0,0002	0,002
63-71-1	Diclorvos	0,0001	0,001
1113-02-6	Demeton	0,001	0,01
301-12-2	Oxidimetone-metile (Demeton o metile) (fosfato)		0,01
14816-18-1	Furcia	0,01	0,1
24017-47-4	Triacofa	0,005	0,03
2642-71-6	Azinfos etile	0,001	0,01
86-20-6	Azinfos metile	0,001	0,01
2921-88-2	Chlorpirifos P	0,0001	0,001
121-75-5	Malation	0,001	0,01
38-28-2	Paration etile	0,001	0,01
288-00-0	Paration metile	0,001	0,01
55-38-9	Fenitro	0,001	0,01
122-14-5	Fenitrofos	0,001	0,01
32-88-4	Triclorfon		ND
13972-60-8	Alachlor P	0,03 D 0,01 M-L	0,1 D 0,03 M-L

Fig. 1.1 Tabella riassuntiva dei valori di concentrazione ammissibili per le sostanze pericolose, e contenuta nell'allegato A del Decreto del 6 novembre 2003, n. 367.

Lo studio è partito proprio dall'analisi dei valori delle concentrazioni dei pesticidi riportati nell'allegato A del suddetto decreto; si è proceduto poi a stabilire, grazie a i dati pervenuti all'APAT da tutte le regioni italiane, quale regione avesse mandato valori più aggiornati sulla condizione delle acque superficiali monitorate e campionate; tra le poche regioni che hanno fornito valori aggiornati si è scelta la Toscana.

Da una attenta analisi della concentrazione di pesticidi ritrovati nelle acque superficiali, si è notato che l'endosulfan mostrava valori elevati rispetto a quelli stabiliti dal decreto, come anche altre sostanze quali l'atrazina o l'aldrin.

Si è realizzata, tramite l'ausilio del programma ArcGis, la mappa dei punti campionati e si è visto che i campioni di acqua che presentavano concentrazioni elevate di pesticidi, provenivano dalla area posta a nord-est della Toscana ai confini con l'Emilia-Romagna, in corrispondenza della zona denominata Mugello; si è scelto quindi di circoscrivere lo studio a questa zona.

E' stato inoltre necessario reperire dati relativi alla temperatura registrata in alcune stazioni termopluviometriche presenti nella area studiata per poter calcolare l'evapotraspirazione potenziale necessaria ai fini di questo lavoro.

Si sono analizzate le temperature di quattro stazioni : Marcoiano nel comune di Scarperia, Le Croci nel comune di Barberino del Mugello, Monte di Fo' in quello di S. Lucia e Mangona in quello di Barberino.

Per il calcolo dell'evapotraspirazione, si è scelto di considerare le temperature dal 1995 al 2003 relative alla stazione Le Croci, per la sua posizione centrale rispetto all'area di studio considerata. Si sono osservate anche le carte relative all'uso del suolo, alla geologia e alla litologia della regione Toscana, al fine di stabilire che tipo di suolo e che tipo di vegetazione fossero presenti in corrispondenza dei punti nei quali si era registrato una elevata concentrazione di pesticidi nelle acque.

Sono stati raccolti dati bibliografici sulle principali colture praticate, sempre da bibliografia sono state individuate le caratteristiche chimico-fisiche dei principi attivi presenti nei fitofarmaci ritrovati.

I dati sui suoli, quelli sulle colture e sui principi attivi, dati sulle precipitazioni e sull'evapotraspirazione, insieme quelli sull'irrigazione (dati bibliografici), sono stati utilizzati per valutare l'andamento delle concentrazioni dei pesticidi nel tempo e nel suolo mediante l'applicazione del programma di calcolo IPTM-CS.

Il presente studio vuole tentare di chiarire alcuni aspetti delle molteplici problematiche legate allo stretto rapporto, spesso conflittuale, tra attività agricola e risorsa idrica.

Si inquadra in un programma più ampio di monitoraggio continuo dell'evoluzione ambientale in tutti i suoi aspetti, la cui prosecuzione è indispensabile per garantire la formulazione di proposte corrette a difesa dell'equilibrio ambientale e dello sviluppo sostenibile.

## 2 Inquadramento Geologico

### 2.1 Domini paleogeografici (V. Bortolotti, Guida Geologica Regionale)

L' Appennino Settentrionale è limitato a Ne a S da due grandi lineamenti tettonici trasversali: la linea Sestri-Voltaggio a N e la linea Ancona-Anzio a S, ambedue interpretabili come grandi strutture con forte componente trascorrente. Esso è costituito, come le altre catene del grande sistema montuoso alpino-himalaiano, da enormi masse rocciose di notevole estensione orizzontale (Falde o Unità tettoniche) che durante i movimenti dell'orogenesi alpina si sono spostate dalla loro patria di origine di decine o centinaia di chilometri, appilandosi le una sulle altre.

Nel caso dell'Appennino Settentrionale, che ha un andamento NO-SE e una vergenza verso il quadrante NE, si può giungere ad ipotizzare una successione di vari domini paleogeografici caratterizzati ciascuno da una propria sequenza stratigrafica e da una propria storia, dai più occidentali ( **interni**) a quelli più orientali (**esterni**), tenendo conto della loro attuale posizione tettonica e delle affinità litostratigrafiche.

Considerando l'Appennino Tosco-emiliano possiamo distinguere da O verso E cinque domini principali (fig.2.1), tre oceanici (uno delle **Liguridi interne** e due delle **Liguridi esterne**) e due continentali (**Dominio Toscano** e **Dominio Umbro-romagnolo** e **Marchigiano-adriatico**).

Una certa incertezza si ha nelle sequenze ricollocabili nella zona di transizione tra i due gruppi di domini, tanto che si parla anche di un sesto dominio (**Dominio Sub-ligure**).



Fig.2.1 Schema paleogeografico dell'area in cui si sviluppa l'Appennino Settentrionale, nel Cretaceo Superiore.(da Abate e Sagri, 1994).

## **Domini oceanici**

### ***Dominio Ligure interno***

E' rappresentato da una successione che, al disopra del substrato oceanico giurassico presenta una sezione pelagica giurassico superiore-cretacea inferiore, che evolve verso una deposizione con apporti continentali da O, inizialmente fini e scarsi (Complessi basali), poi torbiditici anche grossolani che si esauriscono alla fine del Cretaceo. Il flysch cretaceo mostra facies di delta sottomarini.

### ***Domini Liguri esterni***

Verso oriente questo dominio si differenzia dal precedente in quanto al disopra dei Complessi basali le correnti torbide non provengono più dallo smantellamento di rilievi emersi posti ad O, ma soprattutto dalla risedimentazione dei fanghi calcareo-marnosi della scarpata continentale posta a settentrione (Flysch ad Elmitoidi). La sedimentazione termina in periodi diversi tra il Paleocene e l'Eocene inf.-medio.

I terreni depositi in questi domini oceanici, subiscono una intensa tettonizzazione tra il Paleocene e l'Eocene medio; questa porta al loro appilamento in estese falde e alla chiusura dell'Oceano Ligure-piemontese. I movimenti traslativi avvengono prevalentemente in ambiente subacqueo anche dopo la completa sovrapposizione della varie unità tettoniche e su questi terreni corrugati si impostano vari bacini minori entro cui si depongono sequenze ricche di detriti silicoclastici, coevi con quelli dei più esterni domini continentali.

## **Domini continentali**

Nei domini situati sulla crosta continentale adriatica, la deposizione inizia nel Trias medio-superiore.

### ***Dominio Toscano***

In questo dominio la deposizione inizia con una sezione basale clastica triassica, prima continentale poi di mare sottile, seguita da depositi evaporatici. In seguito il continente ercinico viene completamente sommerso, non si hanno più apporti terrigeni (Giurassico) e si istaura una piattaforma carbonatica.

Si depongono dal Lias superiore al Cretaceo inferiore sedimenti pelagici calcareo-silicei; all'inizio del Cretaceo superiore si ha una deposizione terrigena argilloso-carbonatica .

In tempi molto posteriori (Oligocene) la deposizione evolve verso sedimenti torbiditici silicoclastici.

## ***Dominio Umbro-romagnolo e Marchigiano-adriatico***

Questo dominio il più esterno dell'Appennino settentrionale, inizia differenziarsi dal precedente nel Giurassico; inoltre un complesso sistema di faglie isola diverse zone di alto morfostrutturale ove le condizioni di piattaforma carbonatica si mantengono fino all'inizio del Cretaceo.

Segue una sedimentazione calcareo-argillosa pelagica generalizzata (Scaglia); l'evoluzione deposizionale è quindi sostanzialmente simile in tutto il dominio fino alla base del Miocene a caratterizzazione selciosa (Bisciaro).

Da questo momento i due subdomini Umbro-romagnolo (interno) e Marchigiano-adriatico (esterno) si differenziano sostanzialmente per la diacronia 1) nello sviluppo dei bacini neogenici; 2) nella migrazione della deformazione.

## **2.2 Stratigrafia, tettonica e litostratigrafia**

Le sequenze stratigrafiche dei vari Domini verranno descritte nell'ordine geometrico in cui si trovano adesso le unità tettoniche cui appartengono, iniziando dal basso.

### **Dominio Umbro-romagnolo e Marchigiano-adriatico.**(R.Capozzi, A.Landuzzi, A.Negri, G.B.Vai)

-La **Marnoso arenacea**; consta di un corpo di sedimenti quasi esclusivamente torbiditici di 3-4000 metri di spessore, deposti nell'avanfossa durante il Miocene in un bacino quasi piatto, allungato e confinato interamente.

Gli strati torbiditici possono essere divisi in tre tipi principali in base alla classificazione dei clasti che li costituiscono; su questa base si possono distinguere:

1) **Strati di origine terrigena**, costituiti da silicoclasti e calciclasti non coevi.

Questi strati costituiscono la gran parte della successione.

2) **Strati di origine intrabacinale**, costituiti da calciclasti coevi.

Questi strati sono conosciuti con il nome di Colombine.

3) **Strati di origine mista**, costituiti da silicoclasti e calciclasti sia di origine extrabacinale (non coevi) che intrabacinale (coevi).

Questi strati sono conosciuti con il nome di strati "tipo Contessa".

E' possibile suddividere la formazione in unità stratigrafiche di rango inferiore, sulla base di *markers* (assieme litostratigrafici e cronostratigrafici) anomali per provenienza e cartografabili a scala bacinale. (fig.2.2)

Possono essere considerati *markers* anche gli spettacolari livelli di frana sottomarina intraformazionale di estensione bacinale (mega-slumps), ubicati poco al disotto e soprattutto molto al disopra del Contessa.

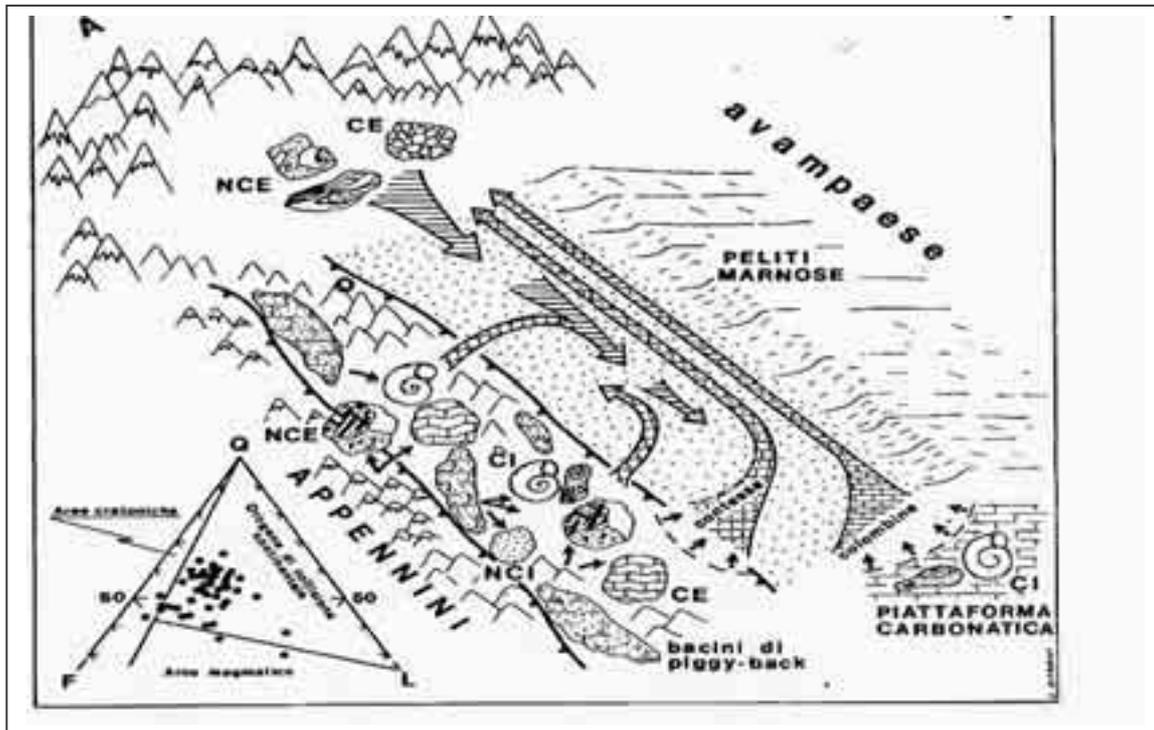
Ad essi si associano localmente grandi olistostromi di materiali marnoso-calcarei derivati rispettivamente dalle unità tettoniche toscane/sub-liguri e dalla coltre ligure.

A grandi linee il cuneo clastico della Marnoso arenacea presenta le seguenti variazioni di litofacies: potenti torbiditi bacinali e rapporto fra lo spessore degli strati arenaci rispetto a quelli pelitici medio;torbiditi bacinali più sottili; facies grossolane di canale; per la sola limitata estensione affiorante nella Romagna orientale interna, queste ultime sono lateralmente sostituite da facies marnose (**Marne di Verghereto**) ed argillose (**Argille di S.Paolo**) rispettivamente di base scarpata e scarpata.

Queste facies segnalano un'area di alto strutturale in progressivo ampliamento. Mitologicamente affini alle Marne di Verghereto sono le intercalazioni marnoso-sabbiose in drappeggio sui corpi olistostromicidi Casaglia (**Marne di Casaglia**) e di Visionano (**Marne di Castelvecchio**).

Sono di più dubbia attribuzione i corpi marnosi eterogenei e in parti olistostromici che separano la Marnoso arenacea dalle Liguridi presso il Sillaro (**Marne di Piancaldoli**).

Tra le facies argillose che chiudono la successione della Marnoso arenacea si intercalano peliti eusiniche a pesci, foglie e larve di insetti, che rappresentano l'anticipazione e la successiva instaurazione delle condizioni asfittiche pre-evaporitiche.



*Tipi di granuli: NCE= Non carbonatici extrabacinali; CE= carbonatici extrabacinali; NCI= non carbonatici intrabacinali; CI= carbonatici intrabacinali. Nel triangolo QFL in basso a sinistra sono riportati i 47 campioni studiati e i campi composizionali relativi ai principali contesti geodinamici di provenienza del detrito (Da Gandolfi et al., 1983, e da Ricci Lucchi e Ori, 1985, modificato).*

Fig.2.2 Schema paleogeografico del sistema area fonte/bacino e dispersione di sedimenti per la Marnoso arenacei.(da Gandolfi et al., 1983, e da Ricci Lucchi e Ori, 1985, modificato).

**-Formazione Gessoso-solfifera;** è una formazione tipica di quasi tutti i domini e ambienti dell'intero Appennino; rappresenta quindi un livello stratigrafico e cronologico di riferimento controllato da un evento catastrofico che è stato quello della "crisi di salinità messiniana".

Durante questa fase geologica c'è stato un vero e proprio isolamento degli oceani nel giro di meno di un milione di anni gran parte dei bacini del Mediterraneo si sono dissecati e trasformati in gigantesche saline.

Cronologicamente questa formazione occupa la parte centrale del Messiniano; nell'area della Guida si distinguono due facies principali: quella selenitica (a macrocristalli) e quella balatino-argilloso-solfifera.

La successione in facies selenitica è la più nota ed è stata suddivisa seguendo un criterio ciclostratigrafico come segue dal basso:

- 1)cicli carbonatici;
- 2)stromatoliti a gessificazione diagenetica precoce;
- 3)cicli evaporatici maggiori;
- 4)VI ciclo evaporitico;

5)cicli evaporatici minori;

La tendenza generale di questa successione ciclica è regressiva, tanto da culminare spesso in emersioni e discontinuità.

Nelle parti depresse dei bacini, dove la successione è più continua, la transizione alla successiva Formazione a Colombacci è caratterizzata da un orizzonte siliceo a Paludina di acqua salmastra o dolce.

La successione in facies balatino-argilloso-solfifera consiste dal dasso di cicli carbonatici simili a quelli descritti prima, in cui si concentrano (prevalentemente in strutture tettoniche) le masse di asfalto e di zolfo cristallino o amorfo; ad essi seguono 10-15 strati in genere sottili di gesso finemente cristallino o sabbioso in lamine alternati con spesse intercalazioni di argilla e peliti eusiniche. Lo spessore massimo totale è di circa 100 metri.

La **Formazione a Colombacci** nell'insieme rappresenta una risposta alla crisi di salinità che, nel Messiniano superiore, subisce un crescente influsso di acque dolci.

Anche questa formazione presenta due facies radicalmente diverse: quella classica e potente ed un'altra sottile, discontinua e condensata.

La facies classica comprende alla base peliti ed areniti cui seguono 200-300 metri di una successione di 6 cicli caratterizzati da sottili orizzonti di carbonati evaporatici azoici (i "colombacci" appunto, dal colore della roccia), associati ad argille marnose e torbiditi canalizzate sabbiose e conglomeratiche.

La facies sottile assai raramente mostra pochi metri di argille sabbiose in continuità con la F.ne Gessoso-solfifera. Lo spessore totale va da alcuni a 10-20 metri, con peliti ricche di gesso acculare, argille marnose variegiate con concrezioni, ed orizzonti con sottili calcari marnosi evaporatici azoici e di argille nere.

-Le **Argille Azzurre**, sono argille e argille marnose grigio-azzurre, ricchissime in foraminiferi con subordinati macrofossili e tracce di bioturbazione; lo spessore può raggiungere i 3000 metri sono datate Pliocene-Pleistocene medio.

L'ambiente di deposizione è chiaramente pelagico, da batiale a circolitorale; orizzonti o successioni più spesse di argille eusiniche fino a vere argille anossiche sono stati individuati nelle Argille Azzurre sia plioceniche che nel Pleistocene.

Intercalati nella successione sono anche presenti sedimenti più grossolani di ampiezza e spessore variabili. Talora la successione è interrotta da lacune stratigrafiche alle quali sono spesso associate discordanze angolari.

-“**Sabbie gialle**”. L’età della base della formazione varia da Pliocene superiore a Pleistocene inferiore medio. Di recente vengono distinte almeno due unità sovrapposte:1) successione regressiva di sabbie giallastre a intercalazioni argillose con faune oligotipiche marine o salmastre, che rappresentano l’evoluzione graduale e concordante delle argille siltose sottostanti e che si possono ritenere ancora un membro delle Argille Azzurre.

2)Successione discordante, discontinua e inizialmente trasgressiva di sabbie giallelitorali in genere ben cernite a vistosa laminazione incrociata con letti di conglomerati.

-**Formazione di Olmatello**. E’ la prima unità completamente continentale sovrapposta in marcata discordanza sia sulle Argille Azzurre che sulle “Sabbie Gialle”.

E’ un membro più proximale ghiaioso di ambiente fluviale seguito da un membro di peliti verdine di piana alluvionale a frequenti concrezioni pedogenetiche, contrassegnate da un orizzonte tufitico gialliccio alterato. Viene attribuita con riserva al Pleistocene superiore.

#### **Dominio Toscano.** (M.Fazzuoli)

Per quanto riguarda le formazioni della Successione Toscana affioranti nella porzione nord-orientale dell’Appennino Settentrionale (fig2.3), il termine più antico è rappresentato dalle evaporati del Trias superiore (**Formazione Evaporitica** o **Formazione di Burano**).

A parte queste evaporati, i cui affioramenti sono pochi e limitati, la base geometrica della successione consiste di solito in un orizzonte di brecce, i cui elementi sono per la maggior parte calcareo-dolomitici e subordinatamente filladici o quarziticci e si presentano più o meno vacuolari (“Calcare cavernoso”).

Con il Norico superiore, la sedimentazione carbonatica di mare sottile si è spostata più a SE (Formazione della Piania di Corfinio), mentre nell’area della Spezia è divenuta leggermente più profonda ed è iniziata una sedimentazione mista carbonatica-argillitica.(Formazione della Spezia).

Durante il Retico,le facies calcareo marnose hanno migrato verso E e S e si sono estese a tutto l’Appennino Settentrionale.

Nell’ intervallo Hettangiano superiore Sinemuriano inferiore ha avuto luogo un’importante fase tettonica distensiva che ha portato alla frammentazione della piattaforma carbonatica ad el suo “annegamento” che si è sviluppato con modalità differenti nelle varie aree.

In questa fase si è sviluppata la sedimentazione del Rosso Ammonitici.

Alla fine del Liassico medio l’intera area toscana è soggetta a sedimentazione calcareo-silicea di ambiente francamente pelagico (Calcare Selcifero di Limano).

Dal Lias medio ha avuto luogo un costante approfondimento dell'ambiente di sedimentazione, anche se in modo differenziato.

Al disopra del Calcare Selcifero di Limano, a profondità crescenti, si sono depositate le Marne a "Posidonia" e le Marne diasprine.

A partire dal Batoniano e per quasi tutto il Malm, la sedimentazione è avvenuta sotto il livello di sedimentazione dei carbonati (probabilmente tra -2000 ed i -3000 m) dove si sono deposte le radiolariti dei Diaspri Toscani.

Alla fine del Giurassico si è verificato uno sviluppo "esplosivo" di nannoplancton e sono iniziati apporti argillosi: le radiolariti sono state sostituite dapprima da marne silicee (facies degli "scisti ad Aptici") e quindi dalla Maiolica che presenta rilevanti variazioni di spessore e anche di facies.

A partire dalla fine del Cretaceo inferiore fino all'Oligocene si è sviluppata la sedimentazione degli Scisti Policromi, costituiti da litologie diverse, con rapporti sedimentari complessi.

La presenza di lacune di sedimentazione alla base e all'interno di questa formazione, unitamente alla presenza di corpi di breccie, indica l'instaurarsi, a partire dal Cretaceo inferiore, di un'importante attività tettonica. La riattivazione di scarpate di faglia, dimostrata dalla frequente comparsa di corpi di breccie messe in posto da movimenti in massa fa pensare, più che alla ripresa dell'attività tettonica distensiva, ad una forte pulsazione di attività tettonica trascorrente, forse connessa con le prime fasi di chiusura dell'Oceano Ligure-piemontese.

L'attività tettonica medio-cretacea ha portato al basculamento di grossi blocchi, dove breccie del Cenomaniano poggiano in discordanza su tutte le formazioni più antiche, a partire dal Calcare Massiccio; inoltre, negli Scisti Policromi di alcune località sono presenti addirittura grossi olistoliti di Maiolica e di Rosso Ammonitici.

Nella Toscana settentrionale la distribuzione degli alti e bacini è perdurata fino all'Oligocene medio.

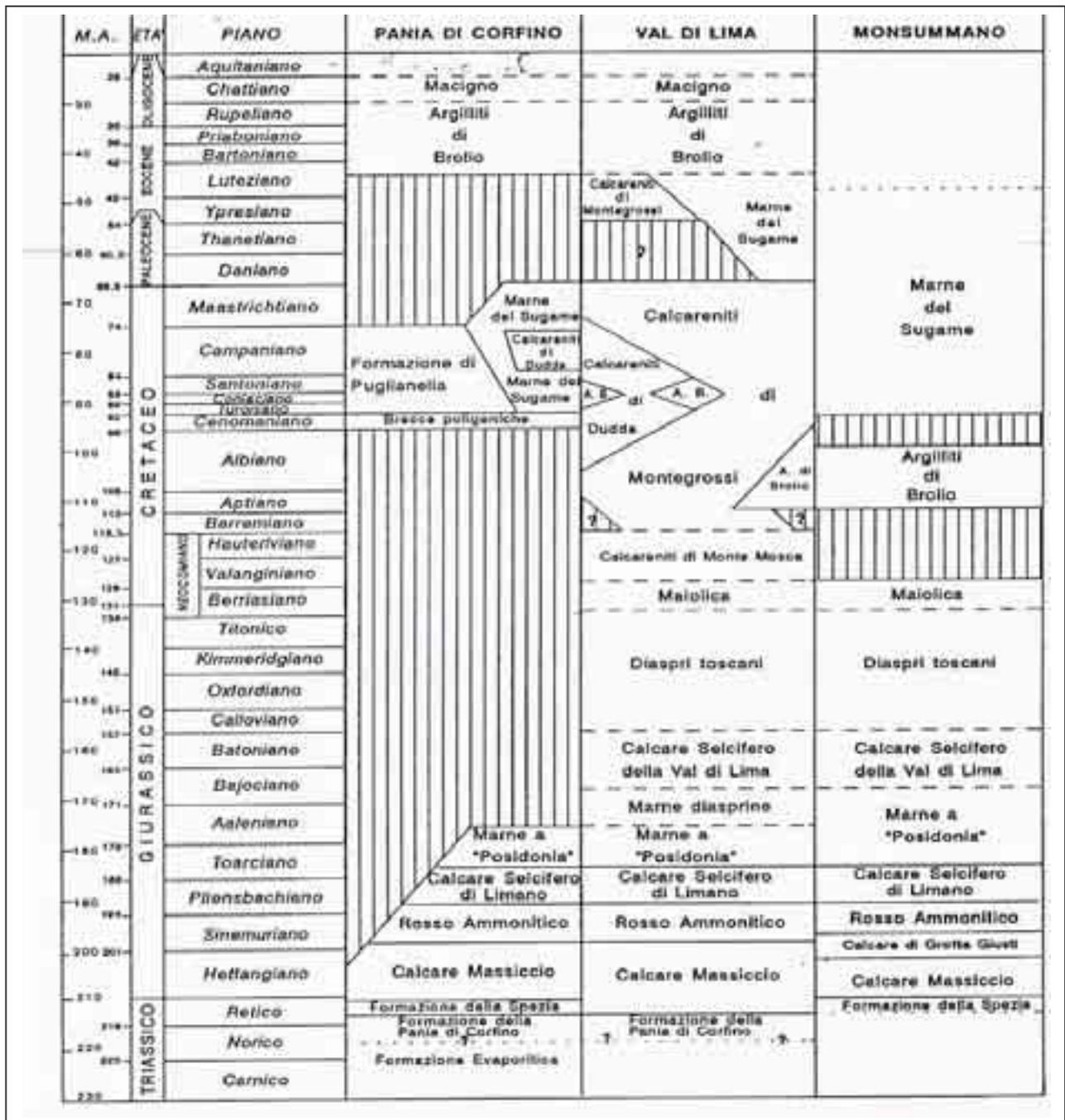


Fig.2.3 Sche crono stratigrafico della Successione Toscana tra la Piana di Corfino e Monsummano. Rigato verticale = lacuna per prevalente erosione sottomarina.

## **Le unità detritiche** ( P.Brunie E.Pandeli)

Sui fondali marini del Dominio Toscano si depositò tra l'Oligocene medio-superiore e il Miocene inferiore e medio, cioè in circa dieci milioni di anni, un'imponente coltre di sedimenti torbiditici terrigeni arenacei e marnoso-siltosi.

La loro attuale area di affioramento si estende dall'Appennino parmense fino a S del Trasimeno Rappresentano le rocce più diffuse in superficie del Dominio Toscano e danno corpo all'ossatura principale della catena e a molti dei suoi rilievi più elevati.

Le **torbiditi** per quanto potenti ed estese hanno caratteri litologici, sedimentologici e petrografici relativamente poco variabili. Sono rappresentate dalla sovrapposizione di strati costituiti interamente da una porzione arenacea, in genere grossolana, che sfuma verso l'alto ad arenaria fine o silt e, nella parte più alta dello strato, ad argilliti siltose o marne.

## **Il Plio-Quaternario continentale** (V. Bortolotti)

Dopo le ultime intense fasi compressive (Fase toscana, intratortoniana) che hanno completato la struttura dell'Appennino settentrionale iniziano nelle aree più occidentali nel Miocene superiore per spostarsi via via fino al crinale appenninico del Quaternario antico, delle fasi disgiuntive che danno origine ad una serie di depressioni tettoniche.

Nelle parti più abbassate si impiantano dei bacini chiusi che, riempiti dalle acque diventano sede di una deposizione lacustre.

I depositi lacustri plio-quaternari costituiscono il Dominio Epitoscano; questi depositi sono tutti detritici: iniziano di regola con argille basali seguite da sabbie e talora da conglomerati che segnano la chiusura dell'episodio lacustre.

I conglomerati che si ritrovano solamente ai bordi di quei bacini fiancheggiati da rilievi di notevole altezza, costituiscono in genere apparati di delta-conoide o di conoide.

## **Assetto tettonico generale** (M.Coli)

L' Appennino Settentrionale è una catena orogenica strutturalmente complessa, formatasi a partire dal Cretaceo superiore in seguito alla chiusura dell'Oceano Ligure-piemontese e alla susseguente collisione della placca europea (Corso-Sarda) con quella adriatica (Adria).

In questa complessa storia tettonica si possono distinguere una fase oceanica e una intracontinentale (fig.).

La fase oceanica inizia al limite tra il Cretaceo inferiore e il Cretaceo superiore, e termina nell'Eocene medio con la chiusura dell'Oceano Ligure-piemontese. Durante questa fase si forma un prisma d'accrezione costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso O delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento (Unità Liguri).

Segue, nell'Eocene medio-superiore la collisione tra il margine continentale europeo (sardo-corso) e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica, sviluppatasi essenzialmente a spese del margine continentale adriatico occidentale.

In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a *thrust* e falde con sottoscorrimento verso O delle Unità Toscane, prima, e di quelle Umbro-marchigiane poi, sotto le unità precedentemente impilate.

Fenomeni gravitativi e di retroscorrimento, accompagnano in superficie questa strutturazione crostale; in questa fase il fronte compressivo è seguito da un fronte distensivo legato alla distensione crostale che ha portato all'apertura del Bacino Tirrenico.

Questa complessa storia tettonica ha portato prima (Cretaceo superiore-Eocene) allo sradicamento delle Unità Liguri dal loro substrato oceanico e al loro appilamento su se stesse secondo un ordine tettonico-geoetrico che vede in alto le unità più interne e in basso le più esterne.

Tutto questo complesso di Unità Liguri sovrasta tettonicamente l'Unità di Canetolo attribuita a una zona di transizione con il margine continentale adriatico.

Successivamente, dopo la messa in posto della Falda Toscana (Dominio Toscano interno), avvenuta nel Miocene medio-superiore, le Unità Liguri si sono rimosse per mettersi in posto prima sulla Falda Toscana e poi sull'Unità del Cervarola.

Nel frattempo erano cominciate nelle aree più occidentali i movimenti disgiuntivi che hanno portato allo smembramento della catena con lo sviluppo di depressioni tettoniche a *semi-graben* (bacini intermontani) (fig 28).

L'area centro-orientale della catena, corrispondente alla fascia tra lo spartiacque e la pianura padano-adriatica, è stata interessata dalla tettonica estensiva solo leggermente nella sua parte più occidentale e si trova tuttora in uno stadio tensionale di sollevamento.

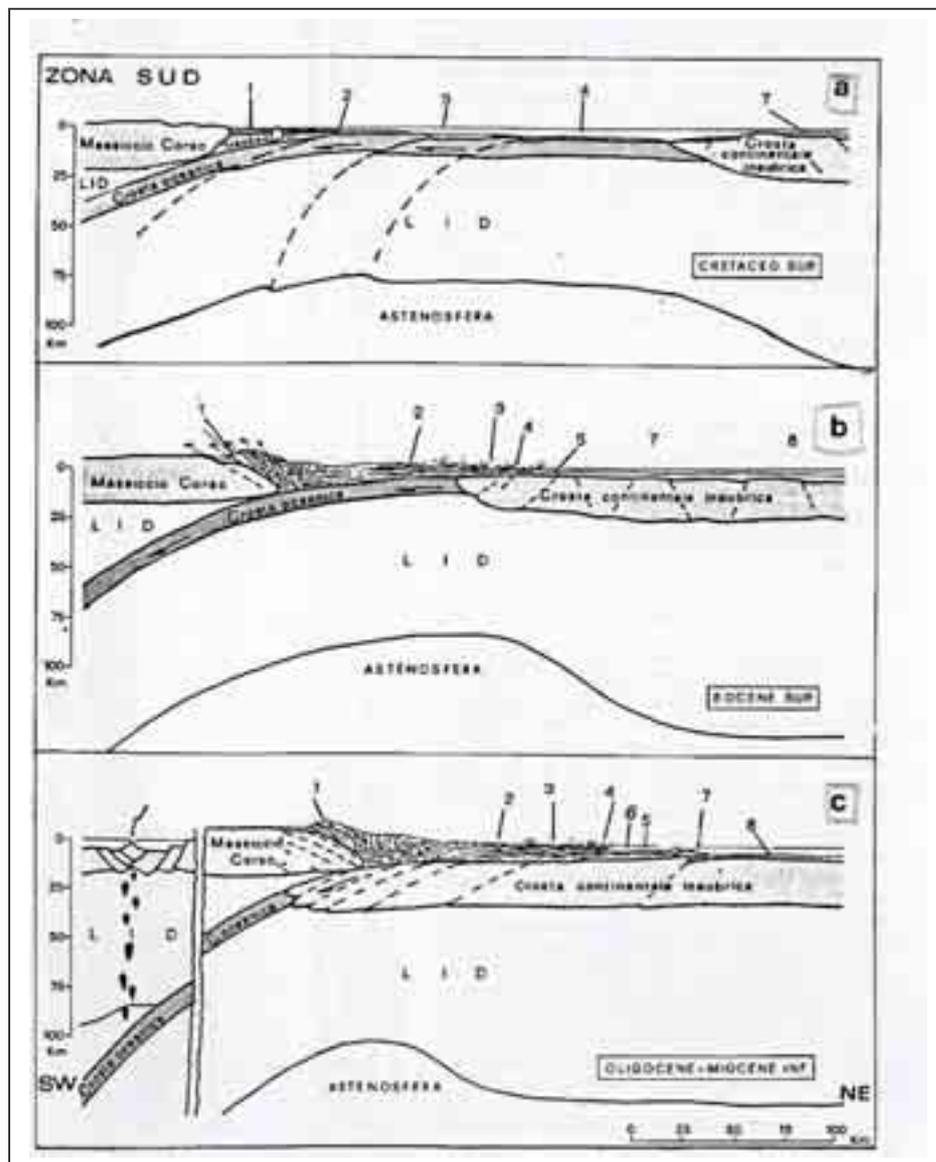


Fig.2.4 Schema dell'evoluzione orogenica dell'Appennino Settentrionale dal Cretaceo superiore al Miocene inferiore. 1 Unità Corse; 2 Supergruppo del Vara; 3 Supergruppo del Trebbia; 4 Supergruppo della Caldana; 5 Complesso di Canetolo; 6 Successioni Epiliguri; 7 Dominio Toscano; 8 Dominio Umbro-Romagnolo. (da Principi e Treves, 1984, semplificato)

## **Assetto tettonico attuale**

L'assetto strutturale attuale dell'Appennino Settentrionale è schematizzato in fig.....

La zona posta a SO del crinale è, come visto, inserita all'interno di un dominio geodinamico distensivo e è caratterizzata da associazioni tettoniche per faglie dirette subverticali e a alto-medio angolo responsabili dei rilievi morfostrutturali e delle depressioni tettoniche (semi-Graben) della Toscana.

L'area interessata dalle associazioni distensive è molto ampia.

Nel settore tosco-ligure e toscano le zone in estensione formano un ventaglio di pronunciate faglie a orientamento appenninico.

Durante il Messiniano-Pliocene inf. Un sistema di bacini distensivi si propaga dalla fascia tirrenica verso la catena (bacini di Viareggio, della Fine, di Siena ecc.), durante il Pliocene (Bacini di Serchio, del Valdarno), durante il Pleistocene e recente (Bacino Firenze-Pistoia, Bacini del Mugello, Val di Chiana, Val Tiberina ecc.).

La catena attuale localizzata a NE dello spartiacque è dominata dai ricoprimenti liguri e subliguri la cui propagazione verso le zone via via più esterne della placca adriatica, dal Dominio Toscano a quelli Umbro e Padano è ben definita dalla progressione delle sequenze sedimentarie sinorogeniche.

## 2.3 Inquadramento Geomorfológico ed idrogeológico (C. Bartolini, A. Crton)

Le linee essenziali dell'assetto geomorfologico sono controllate dalla tettonica ma anche dal diverso comportamento morfoselettivo del substrato litoide.

A scala regionale il controllo della tettonica sulle forme del paesaggio è evidente nei lineamenti principali dell'orografia e, in particolare, del crinale appenninico, caratterizzato da un andamento tortuoso e spezzato ma non irregolare (fig. 2.5).

Il motivo ricorrente è costituito dai brevi tratti, decorrenti da SO a NE, che ripetutamente interrompono l'ampia falcatura del Crinale.

Questi *dècalages* corrispondono al lato corto delle depressioni tettoniche intermontane; i margini nord-orientali delle stesse depressioni coincidono invece con i settori del crinale ad andamento appenninico.

La presenza dei *dècalages* determina un orientamento medio da O-NO a E-SE della linea di displuvio fra Tirreno ed Adriatico, i cui singoli tratti hanno tuttavia direzione appenninica, cioè NO-SE.

Per quanto riguarda invece gli aspetti morfoselettivi, una visione d'insieme, consente di osservare la netta differenza di tessitura morfologica che caratterizza l'Appennino arenaceo rispetto a quello in cui affiorano le Liguridi s.l. (fig. 2.5).

Il primo presenta una grana da fine a media, con elevata energia del rilievo nel dettaglio.

L'altro si evidenzia per le forme dolci e arrotondate. Il limite fra i due morfotipi non si discosta molto dal crinale appenninico.

Anche nell'Appennino modenese e reggiano, al diverso comportamento morfoselettivo del substrato litoide sono legate le numerose scarpate poste lungo i contatti dei flysch con le formazioni argillose dei Complessi di base, e tra le formazioni arenacee e quelle marnose; tale contrasto produce forme di rilevante interesse paesaggistico.

Forme di questo tipo sono rappresentate dalla *Pietra di Bismantova* e dalle zolle arenacee a stratificazione suborizzontale appartenenti alle Successioni Epiliguridi, di Pavullo, Giulia-Zucca e Montese.

Si tratta di placche piatte, subpoligonali, topograficamente più elevate rispetto alle altre forme.

Per quanto riguarda le forme più minute del paesaggio si può prendere in esame la morfogenesi glaciale dell'alto Appennino. Le tracce più evidenti sono ubicate nella parte più interna o più elevata dei rilievi, a quote mediamente comprese fra i 1700 ed i 2000 m: si tratta di circhi e di archi morenici. Ad essi è associata una serie di tracce minori quali contropendenze, conche di sovraescavazione, valli sospese, gradini, rocce montonate.

Un altro elemento che caratterizza vistosamente i versanti appenninici è costituito dalle centinaia di frane per scivolamento rotazionale, espansione laterale e per colata.

Un ulteriore paesaggio è rappresentato dalle colline del pedeappennino, impostate prevalentemente su sedimenti di origine marina di età assai recente e su depositi pedemontani messi in posto soprattutto dai corsi d'acqua appenninici. Alla capacità di trasporto di alcuni fiumi è imputabile la messa in posto di conoidi; caratteristici sono anche i calanchi scolpiti quasi esclusivamente nelle argille plio-pleistoceniche.

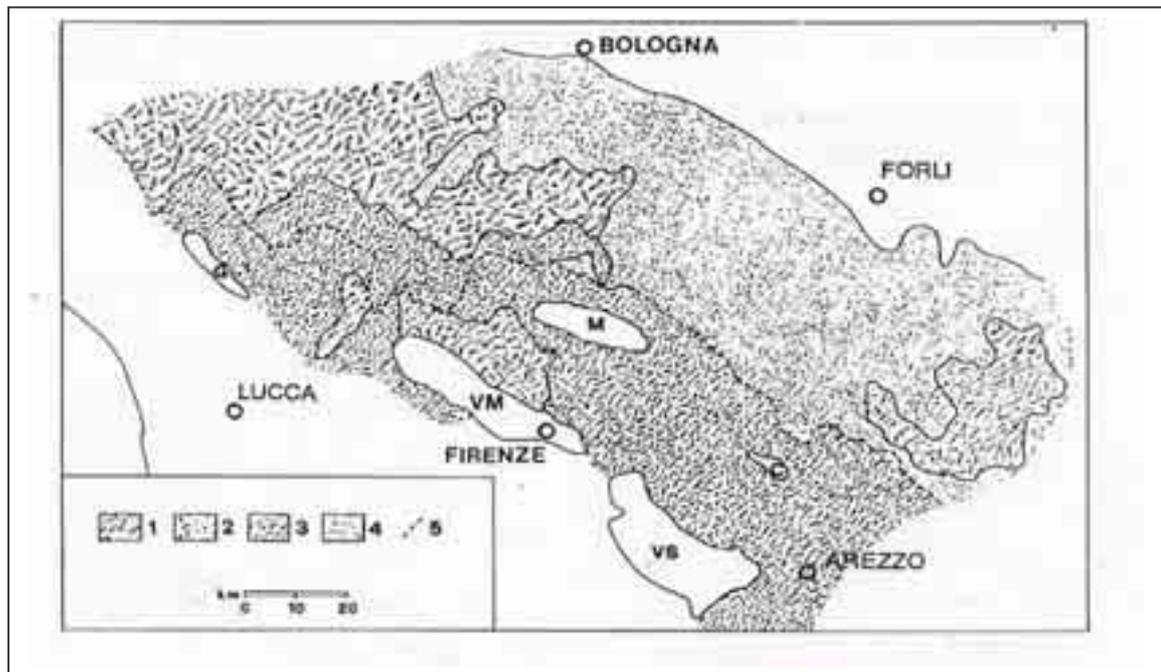


Fig.2.4 **S**= Spartiacque principale; **G**= Bacino del Serchio; **VM**=Bacino Firenze-Pistoia; **M**= Bacino del Mugello; **VS**=Bacino del Valdarno superiore; **C**=Bacino del Casentino.

### **FENOMENI CARSICI** (P.Forti)

Contrariamente a quanto accade in in gran parte dell'Appennino centrale e meridionale, i fenomeni carsici sia ipogei che epigei sono poco diffusi nell'Appennino Settentrionale, soprattutto per la scarsità degli affioramenti carbonatici.

Piccole cavità naturali, in genere di origine tettonica, sono segnalate sia nelle formazioni arenacee dell'Appennino bolognese che nei calcari della F.ne di San Marino; si tratta perlopiù di piccole grotte di scarso interesse morfologico e genetico. L'unico sistema carsico di una certa importanza è rappresentato dall'Abisso del Titano.

Tutte le aree gessose hanno subito l'evoluzione inversa del rilievo che le ha portate ad essere nettamente preminenti rispetto a tutte le altre formazioni limitrofe non permeabili e quindi sottoposte ad erosione superficiale per ruscellamento.

Il paesaggio carsico a grande scala è dominato dalla presenza di grandi valli cieche, nelle formazioni impermeabili a monte dei gessi, e sulla sommità di questi da vaste e profonde doline, più grandi nei gessi messiniani ove raggiungono diametri di oltre 500 metri e profondità di circa 100 metri.

I sistemi carsici ipogei sono sempre impostati su importanti disturbi tettonici: l'alta solubilità dei gessi, assieme all'impossibilità di sviluppare condotte al di sotto del livello di saturazione, condiziona la formazione esclusiva di poche grandi grotte tutte caratterizzate da importanti collettori idrici.

In generale l'età del carsismo nelle formazioni gessose sia triassiche che messiniane è molto recente data la velocità del fenomeno e la scarsa tenacità della roccia che rendono conservabili per tempi relativamente brevi le morfologie sviluppate.

## **Risorse idriche** (M. Pellegrini, G. Pranzini)

Nell'Appennino Settentrionale, affiorano in prevalenza rocce a bassa permeabilità; per questo la circolazione idrica di sottosuolo non raggiunge mai quella gerarchizzazione necessaria per la formazione di sorgenti importanti.

Nei flysch arenacei della Successione Toscana e di quella Umbro-romagnola che formano l'ossatura principale della catena appenninica troviamo un gran numero di sorgenti ma tutte di bassa portata (inferiore per lo più a 10 l/s) e con notevoli variazioni stagionali.

Molte delle sorgenti che si trovano nelle aree di affioramento dei flysch arenacei hanno in realtà il loro serbatoio nelle coperture di versante: detriti di pareti di faglia, corpi di frana e depositi morenici.

I flysch delle Unità Liguri hanno permeabilità ancora minore; l'unica eccezione è rappresentata dalla F. ne di M. Morello, che nei monti della Calvana presenta un carsismo abbastanza sviluppato, senza peraltro che questo abbia prodotto sorgenti di portata media superiore a 8 l/s.

Nei complessi argillosi di base delle Unità Liguridi che affiorano nel versante N, la circolazione idrica è ancora più limitata e superficiale; in genere le sorgenti sono associate agli accumuli di frana.

La sorgente più importante di tutto l'Appennino Settentrionale, almeno fra quelle eroganti acque non fortemente mineralizzate è quella di Rosola, caratterizzata da portate comprese tra 55 e 80 l/s.

Essa è associata ad una deformazione gravitativa profonda di versante assai estesa.

Solamente le unità carbonatiche mesozoiche della Successione Toscana ed in particolare il Calcere Cavernoso e il Calcere Massiccio, possono essere considerati dei buoni acquiferi per fratture e carsismo.

Ma la scarsa estensione degli affioramenti fa sì che anche le sorgenti maggiori abbiano portate medie inferiori a 20 l/s.

Nel versante Toscano le maggiori risorse idriche di sottosuolo si trovano nei depositi alluvionali dei bacini intermontani; in particolare le ghiaie deposte dai corsi d'acqua nell'ultimo cataglaciale hanno buona trasmissività e sono ben alimentate dalle piogge e attraverso i subalvei degli stessi corsi d'acqua. I migliori acquiferi sono in corrispondenza delle conoidi dei principali corsi d'acqua: del Bisenzio a Prato, dell'Ombrone a Pistoia, del'Arno a Firenze, del Serchio a Lucca.

Queste falde si trovano nelle aree più urbanizzate e vengono in qualche caso sovrasfruttate rispetto alla ricarica naturale: a Prato gli emungimenti delle industrie hanno fatto scendere il livello di falda di 40 metri negli ultimi 30 anni, creando problemi di approvvigionamento per l'acquedotto pubblico.

Inoltre le falde poco protette dai terreni di copertura sono esposte alle numerose fonti inquinanti, tanto che in molte aree i pozzi emungono con parametri chimici oltre i limiti di potabilità.

### **3 Problematiche legate all'agricoltura e dati sulle principali colture.**

#### **3.1 Descrizione delle principali colture.**

L'attuale consistenza e diffusione dell'olivicoltura in Toscana è di origine relativamente recente e può essere fatta risalire alla fine del secolo scorso, quando l'olivo si è diffuso nella regione soprattutto in concomitanza della diffusione del contratto mezzadrile e della specializzazione vitivinicola. L'olivo ha infatti trovato condizioni favorevoli di sviluppo nella propria capacità di affiancarsi agli ordinamenti produttivi incentrati sulla coltivazione della vite perché, grazie alla complementarità cronologica esistente tra le cure colturali delle due specie, e dati i vincoli di disponibilità stagionale del lavoro della famiglia colonica, risultava estremamente funzionale alla conduzione mezzadrile. La consociazione vite-olivo è divenuta così, dalla fine del secolo scorso, una costante del paesaggio toscano, ancor oggi riscontrabile in gran parte del territorio regionale.

La Toscana si colloca ai limiti settentrionali di coltivazione dell'olivo e ciò la espone, in anni particolarmente freddi che si succedono con cicli più o meno trentennali, a subire forti danni per la coltura, come è successo nel gennaio 1985, quando circa il 70% del patrimonio olivicolo regionale fu distrutto dalla gelata. Ma è proprio questo evento calamitoso che ha per certi aspetti rivitalizzato un settore statico da decenni dando fra l'altro l'impulso ad un parziale, progressivo e innovativo rinnovamento degli oliveti che si è tradotto nella realizzazione in Toscana di circa 3500 ettari di nuovi impianti realizzati secondo i criteri della nuova olivicoltura intensiva.

Oggi in Toscana coesistono più modelli di olivicoltura: le nuove piantagioni specializzate con circa trecento ed oltre piante per ettaro, oliveti tradizionali dove un tempo l'olivo era consociato con la vite o con seminativi, che in alcuni casi sono stati rinfittiti con risultati non sempre incoraggianti, una olivicoltura marginale posta su terreni difficili, spesso terrazzati, in progressivo abbandono.

In generale, escludendo quindi il caso delle nuove piantagioni specializzate, la coltivazione dell'olivo è ancora oggi legata a sistemi tradizionali, caratterizzati da alti costi di produzione dovuti all'elevato impiego di manodopera nelle operazioni di raccolta e potatura, e a basse rese unitarie; la produzione media regionale oscilla intorno a 6-7 kg di olive per pianta, fenomeno dovuto soprattutto alla forte alternanza di produzione e alla diffusa presenza di piante molto vecchie e poco produttive.

Nel 1970, infatti, l'olivicoltura interessava 52.044 aziende toscane (29% del totale) e copriva 93.443 ettari di SAU, pari all'8,9% del totale regionale. Ogni azienda dedicata alla coltura possedeva quindi in media 1,8 ha di superficie ad olivo. Nel 1982 l'olivicoltura era praticata da ben 72.891 aziende (44% del totale), ma la SAU era cresciuta di soli 1.538 ha, con una disponibilità media per azienda ridottasi a 1,3 ha. Nel 1990 il numero delle aziende olivicole aveva subito una riduzione di 2.330 unità (-3%) e la superficie totale ad olivo era diminuita di 6.155 ha (-6%), con una disponibilità media per azienda ridottasi ulteriormente a 1,25 ha. Infine secondo i dati dell'ultima indagine campionaria dell'ISTAT (1993) le aziende olivicole hanno subito una contrazione numerica molto decisa (-20%), passando a 56.190, mentre la SAU olivicola è cresciuta del 7%, così che la SAU ad olivo media per azienda è passata 1,68 ha.

Per quanto riguarda la distribuzione delle aziende olivicole per classe di SAU, si nota che il 67% di queste si concentra nella classe inferiore ai 5 ettari, occupando meno del 30% dell'intera superficie olivicola regionale. ([www.arsiatoscana.it](http://www.arsiatoscana.it))

## **L'ulivo**

L'ulivo, *Olea europaea* L., è la coltivazione arborea forse più antica nella tradizione del bacino mediterraneo.

Non è ben noto il luogo d'origine dell'ulivo, sembra sia compreso fra l'acrocoro armeno, il Pamir ed il Turkestan da dove si sarebbe diffusa anche nell'area mediterranea.

Antichi autori tra cui Cicerone, Diodoro Siculo, Plinio il Vecchio, Aristofane, Teofrasto e Polluce, hanno riportato nei loro scritti che la propagazione dell'albero di ulivo, ad opera di Fenici e Greci, nella Magna Grecia è avvenuta attraverso il passaggio dalle coste siciliane.

L'olivo, simbolo di pace, di saggezza e di prosperità, deve la sua diffusione ai molteplici usi dei suoi prodotti. La pianta forniva legna da ardere e materia prima per l'ebanisteria; mentre, l'olio d'oliva, per le sue grandi proprietà, era usato per i medicamenti, nella cosmesi, nella nutrizione, oltre che per l'illuminazione.

Dai suoi frutti, è stato dapprima ottenuto un agroalimento direttamente consumato come olive da mensa dopo trattamento di conservazione, poi come olio destinato, con alterne vicende, a molteplici usi che spaziano dall'alimentare ai formulati per la cosmesi.

Fin dall'antichità erano note le proprietà terapeutiche dell'ulivo: venivano infatti preparati medicinali con attività antielmintica, emolliente e lassativa utilizzando sia le foglie che la resina e la corteccia.

L'olio era poi utilizzato, da solo o in associazione con altre piante, per preparare parecchi medicinali utili a curare le ferite, per combattere la febbre, come antidoto per alcuni veleni, per massaggiare il corpo e rendere i muscoli più elastici.

### ***Caratteri botanici:***

L'olivo è un albero sempre verde, è molto longevo e di dimensioni variabili a seconda delle condizioni ambientali in cui vegeta: assume proporzioni notevoli in tutto il Mezzogiorno (Calabria e Puglia), mentre la sua taglia si riduce man mano che si sale lungo la Penisola verso il limite settentrionale di coltura (appennino ligure-tosco-emiliano).

*L'apparato radicale* è piuttosto esteso e ricco di radici superficiali; *il fusto* degli olivi giovani è cilindrico quello di quelli vecchi è contorto e diviso; *la chioma* è formata da branche dalle quali si dipartono rami, le *foglie* sono portate sui rami sono piccole e coriacee verde scuro nella pagina superiore e argentate in quella inferiore. Il *fiore* è bianco e viene prodotto di norma sui rametti dell'anno precedente ma ci sono numerose eccezioni.

### ***Clima e terreno adatti:***

E' una pianta sensibilissima alle condizioni climatiche, vive bene nelle regioni a clima mite dove la temperatura non scende mai al disotto dei 5-10 gradi sotto lo zero. La coltura dell'olivo è diffusa in collina ed arriva alle altitudini massime di 400-600 metri lungo la penisola.

Nei riguardi del terreno l'olivo presenta una notevole adattabilità, talvolta la qualità dell'olio può essere più o meno influenzata dalla natura del suolo, è comunque una pianta che preferisce terreni calcarei.

### Avversità:

Fra le avversità meteoriche più dannose per l'olivo ricordiamo il freddo, soprattutto le gelate precocie tardive, la siccità, i venti, specialmente quelli di origine marina. Dei parassiti vegetali la *rogna* o *tubercolosi* è uno dei più frequenti; gli olivi attaccati presentano sui rami giovani dei tumori che si accrescono rapidamente.

Anche l'*occhio di pavone*, che si presenta con macchie caratteristiche sulle foglie è assai comune. Fra gli insetti più temibili nell'area di coltura temperato calda è al *mosca*, che attacca il frutto provocandone alterazioni profonde che si ripercuotono sulla qualità dell'olio si combatte con irrorazioni di miscele zuccherine avvelenate (arsenico sodico). Altri insetti dannosi sono la *tignola* e il *fleotripide* che attaccano i fiori e i frutti. (Adelmo Panella).



Fig.3.1 fasi fenologiche dell'ulivo, in totale sono nove: il riposo vegetativo, la ripresa vegetativa, la mignolatura, la fioritura, l'allegagione, l'indurimento del nocciolo, l'ingrossamento dei frutti, l'invaiaatura e la maturazione.

- a) Riposo vegetativo;
- b) Maturazione.

### 3.2 DEFINIZIONE, CARATTERISTICHE E PROBLEMATICHE DEI FITOFARMACI.

Il termine prodotti fitofarmaci chiamati anche antiparassitari, fitosanitari o pesticidi, definisce una categoria di sostanze a diversa composizione chimica.

Questi composti inorganici, organici naturali e di sintesi, sono formulati commercialmente per combattere prevenire e curare le infezioni causate ai vegetali da organismi nocivi come funghi, batteri, insetti, acari, nonché a contrastare ed eliminare specie vegetali indesiderate quali le piante infestanti (*El-Kabbany*, 2000).

I fitofarmaci sono classificati in base al peso percentuale dei principi attivi od all'agente verso il quale questi sono attivi:

- gli *insetticidi*, per l'eliminazione degli insetti
  - organofosforici;
  - organoclorati (derivati del DDT);
  - idrocarburi alogenati (fumiganti);
  - vegetali (piretro e derivati);
  - oli minerali (associati ai principi attivi);
- i *fungicidi* o *anticrittogamici*, rivolti ad evitare la crescita dei funghi:
  - carbammati;
  - ditiocarbammati;
  - composti dello zolfo e del rame;
  - diamine e triazine;
  - paraquat;
- gli *erbicidi*, utilizzati contro le erbe infestanti.

Dalla seconda metà del '900 il loro uso, a volte indiscriminato e scervo di indispensabili considerazioni ambientali, ha permesso spesso il raggiungimento di ingenti rese produttive, a danno dell'equilibrio dei vari comparti biologici e della generale visione ecosistemica: l'introduzione massiccia di svariate sostanze xenobiotiche, ossia estranee ai processi biologici, ha ignorato in alcuni casi gli effetti pericolosamente negativi a carico di organismi non ritenuti potenziali bersagli dei fitofarmaci.

Nati in origine (con elementi naturali quali solfato di rame, di zolfo, di arsenicati, di DDT) per abbattere le densità popolazionali degli agenti competitori (erbe infestanti) e degli organismi fitofagi (che mangiano e danneggiano le colture), i fitofarmaci si sono trasformati nel corso degli

ultimi 40 anni in nuovi agenti chimici, sintetizzati dalle industrie ed adoperati in assenza di regolamentazioni precise, responsabili di un impatto dannoso sulla nostra salute e su quella più generale dell'ambiente circostante.

I meccanismi di azione di tali sostanze dipendono dalle caratteristiche delle molecole chimiche impiegate e dal bersaglio da colpire.

Il prodotto destinato all'utilizzazione finale è un formulato contenente miscele o soluzioni composte da una o più principi attivi.

Uno degli indici utilizzati per misurare la tossicità di un pesticida è l'A.D.I. acronimo di Admissible Daily Intake, traducibile come apporto giornaliero ammissibile.

Questo indice si riferisce alla quantità di sostanza quotidianamente assumibile attraverso l'aria, l'acqua, la cute etc.

L'A.D.I. è definita come 1/100 della NO.E.L., acronimo di NO Effect Level, ossia la quantità più elevata di sostanza che somministrata ad organismi da esperimento per almeno due anni non provoca alcun effetto nocivo ( *Vichi, Bacci, 1990*).

Secondo la classificazione CE i prodotti fitosanitari sono divisi in due classi tossicologiche. Nella prima classe rientrano i prodotti molto tossici o tossici il cui acquisto ed impiego, insieme a quelli di seconda classe, è consentito ad un personale qualificato munito del patentino di cui all'art. 23 del D.P.R. 3 agosto 1968, n. 1255. Nella seconda classe rientrano i prodotti nocivi, gli irritanti e le altre sostanze la cui tossicità non è rilevante (esenti da classificazione), così come previsto sempre dal D.P. R. n. 1255/68.

L'approvazione e l'impiego dei pesticidi sono regolamentati dalla Direttiva del Consiglio UE 91/414/ CEE che disciplina l'introduzione sul mercato dei prodotti per la protezione delle piante. Prima di essere ammessi alla registrazione da parte delle autorità europee e nazionali, i pesticidi sono sottoposti a rigide procedure sperimentali, che devono dimostrare che il prodotto:

- abbia un effettivo valore e sia efficace;
- non abbiano effetti collaterali negativi sugli esseri umani;
- non abbia effetti ambientali negativi.

Tre direttive europee stabiliscono i livelli massimi di residui per alcuni pesticidi in determinati elementi:

- la Direttiva del consiglio 86/362/CEE, stabilisce i livelli massimi di residui di antiparassitari per i cereali;
- la Direttiva del Consiglio 86/373/CEE, stabilisce i livelli massimi di residui di antiparassitari per gli alimenti di origine animale (carne, latte e prodotti derivati),
- la Direttiva del Consiglio 90/642/CEE stabilisce i livelli massimi di residui di antiparassitari per i prodotti di origine vegetale.

Queste normative si applicano all'interno degli stati membri della UE e la situazione viene periodicamente analizzata per migliorare il coordinamento e la qualità del monitoraggio dei residui dei pesticidi nel cibo( [www.eufic.org](http://www.eufic.org) ).

Come tutte le sostanze chimiche potenzialmente dannose, anche per l'uso dei pesticidi bisognerebbe trovare il giusto equilibrio tra i benefici, i rischi per la salute dell'uomo e il degrado della qualità dell'ambiente.

I fitofarmaci rappresentano una fonte d'inquinamento diffusa alterandogli equilibri chimici e biologici dell'ambiente.

Nelle zone agricole, durante i trattamenti, si registra una notevole concentrazione di fitofarmaci in atmosfera; tuttavia notevoli quantità di fitofarmaci possono essere trasportate anche in zone lontane da quelle di trattamento; questo dipende da particolari condizioni climatiche, dai metodi di trattamento, dalle caratteristiche chimico-fisiche dei principi attivi.

L'atmosfera non deve essere considerata come un serbatoio inerte perché in essa avvengono reazioni che possono portare alla formazione di prodotti molto più pericolosi di quelli di partenza.

L'irradiazione solare determina la rottura dei legami chimici delle molecole ad essa esposte, questo fenomeno è detto fotolisi e avviene soprattutto nel campo degli ultravioletti; esso è influenzato dalla presenza in atmosfera di ozono, idrocarburi, ossidi di azoto(Vichi, 1990).

La radiazione elettromagnetica può determinare l'apertura della struttura chimica di un composto resistente consentendone la successiva biodegradazione.

Dall'atmosfera i fitofarmaci si depositano grazie ai fenomeni di deposizione secca e/o umida (piogge) provocando la contaminazione del suolo, delle acque e altre colture (Wauchope,1978).

Le vie attraverso le quali invece i fitofarmaci possono arrivare all'acqua sono: il ruscellamento superficiale e l'acqua di percolazione.

Il ruscellamento corrisponde all'erosione superficiale per opera di acque che convogliano le particelle di suolo contaminato nei corsi d'acqua, il trasporto riguarda i principi attivi sufficientemente persistenti che non subiscono processi degradativi durante il fenomeno del ruscellamento.

I fitofarmaci infine, possono contaminare la falda sotterranea a seguito di processi di diffusione nel suolo veicolanti l'acqua di percolazione (Riversa, 1986).

Secondo le sperimentazioni di Saltzman, Mingelgrin U, 1984, i principali processi di degradazione chimica sono legati alla natura della superficie argillosa e dei cationi scambiati; pertanto una volta presente nell'acqua il principio attivo subisce fenomeni di trasformazione e la degradazione chimica diventa preponderante negli orizzonti più profondi del mezzo non saturo(Thurman ; 1990).

Per quanto riguarda la presenza nel suolo, un inquinante nel momento in cui viene sversato sulla superficie del terreno impiega un tempo T (**tempo d'arrivo o di residenza**) per arrivare in falda:

durante questo tempo l'inquinante attraversa il suolo con un moto di infiltrazione a prevalente componente verticale.

Esso non si comporta in modo inerte rispetto al sistema in cui fluisce, ma interagisce sia con la matrice solida del mezzo poroso sia con l'acqua, ed altre sostanze in essa disciolte, sia con i microrganismi che con la fase gassosa.

L'effetto di tali interazioni, si traduce in un rallentamento e degradazione della molecola inquinante e il risultato è un ritardo nell'arrivo in falda; il fenomeno è descritto come **potere autodepurante del terreno** (Pranzini, 1995).

L'assorbimento dei pesticidi avviene secondo due modalità (Calvet P., 1984):

- i pesticidi e le molecole di acqua sono assorbiti su siti diversi; l'assorbimento dalla fase gassosa su superfici asciutte o parzialmente idratate avviene nel caso in cui il pesticida ha un'elevata tensione di vapore, mentre l'assorbimento dalla fase liquida è dovuta alla presenza di siti idrofobici;
- i pesticidi e le molecole di acqua sono assorbiti sui medesimi siti.

La quantità di pesticida assorbito dipende quindi dalla sua pressione parziale e dalla sua concentrazione, questa in una soluzione nel suolo (C) in  $\mu\text{g/g}$ , è espressa dalla relazione :

$$C = M/m(W + K_d)$$

dove M è il peso del pesticida applicato al suolo, espresso in  $\mu\text{g}$ , m è il peso secco del suolo, espresso in g,  $K_d$  è il coefficiente di distribuzione e W è il contenuto idrico del suolo.

Molti fitofarmaci si sono rivelati altamente tossici nei confronti dell'uomo, il contatto può avvenire sia in maniera diretta che indiretta; il primo caso si può verificare durante la fase di produzione nelle fabbriche e l'uso nei trattamenti sui campi (ingestione, inalazione e l'assorbimento cutaneo), il secondo caso riguarda l'assunzione, da parte dell'uomo, di acqua e alimenti contaminati da fitofarmaci. (Davis, 1992).

Alcuni pesticidi sono solubili nei tessuti adiposi, pertanto non vengono smaltiti dagli organismi mediante le normali vie metaboliche e di trasporto, dando luogo a fenomeni di bioaccumulo. ( Vichi, Bacci, 1990).

I pesticidi fenilureici sono potenziali distruttori del sistema endocrino (Gaggi, 1998), l'atrazina si sospetta abbia effetti cancerogeni, per questo ne è stato proibito l'uso in zone limitrofe ad acquedotti e falde acquifere (Beretta, et alii, 1989).

Gli effetti dei pesticidi sull'uomo e sui vertebrati si manifestano sia a livello del sistema nervoso sia a livello di metabolismo ormonale; quelli che contengono cloro, sono in grado di distruggere le larve di animali acquatici, altri alterano la formazione del guscio delle uova degli uccelli, la situazione è aggravata dal fatto che i danni non sono limitati alle aree di utilizzo dei pesticidi ma si riscontrano anche a grande distanza. (Vichi, 1990).

# 4 RACCOLTA ED ELABORAZIONE DATI

## 4.1 Origine dei dati dal database APAT.

I dati relativi alle precipitazioni, temperature e concentrazioni dei pesticidi presenti nelle acque superficiali per la Regione Toscana, utilizzati nel programma di simulazione e trasporto (IPTM-CS), sono stati reperiti dai database dell'APAT (Agenzia per l'ambiente e i servizi tecnici).

La scelta delle stazioni termopluviometriche, delle quali si sono elaborati i dati di temperatura e precipitazione, si è basata sulla loro posizione sul territorio toscano rispetto alla zona considerata nella simulazione.

La zona di studio, interessa la parte della regione Toscana posta a Nod-Est ai confini con la regione Emilia-Romagna, le stazioni termopluviometriche presenti in questa zona che forniscono dati all'APAT sono quelle di Marcoiano nel comune di Scarperia, la stazione denominata Le Croci nel comune di Barberino del Mugello, la stazione Monte di Fò nel comune di S.Lucia e la stazione di Mancona nel comune di Barberino.

I dati di temperatura e precipitazioni relativi a queste stazioni e presenti nei database APAT sono dati storici, per questo motivo è stato necessario effettuare una scelta di un periodo di tempo limitato rispetto al quale considerare i dati a nostra disposizione.

Si è preso in considerazione un periodo di nove anni, quindi si sono analizzati valori di temperatura e precipitazione che vanno dal 1995 la 2003 relativi alle quattro stazioni, si è proceduto poi al calcolo dell'evapotraspirazione potenziale necessaria al fine della simulazione solo per la stazione denominata Le Croci nel comune di Barberino del Mugello.

Le informazioni messe a disposizione dall'APAT, contengono:

- un codice identificatore della stazione;
- uno che indica il sensore;
- il nome della stazione;
- il comune;
- il tempo di durata della misura;
- data di inizio e fine misurazione;
- valore di precipitazione e temperatura misurate rispettivamente in millimetri di pioggia/sec e gradi Celsius;
- la fonte di provenienza del dato.

ID_Stazione	ID_Sensore	Stazione	comune	durata	inizio	fine	perc	fonte
95300	11208	Marcoiano	SCARPERIA	15	13/1/04 0.15	12/12/05 3.30	86,8	TempoReal
96200	11209	Le Croci	BARBERINO DEL MUGELLO	15	13/1/04 0.15	12/12/05 3.30	86,9	TempoReal
96300	11210	Monte di Fo'	S.LUCIA	15	13/1/04 0.15	12/12/05 3.30	86,8	TempoReal
96400	11211	Mangona	BARBERINO	15	13/1/04 0.15	12/12/05 3.30	86,2	TempoReal

Fig. 4.1 Tabella riassuntiva di dati a disposizione dell'APAT, sulla base della quale si è proceduto alla scelta dei valori di temperatura e precipitazione della stazione da analizzare al fine del calcolo dell'evapotraspirazione.

Per quanto riguarda le informazioni relative ai pesticidi e quindi alle sostanze pericolose trovate nelle acque superficiali in seguito ad una serie di campagne di misura effettuate dalla Regione Toscana e fatte pervenire all'APAT, queste contenevano:

- il nome del punto campionato;
- il numero di codice relativo a questo punto;
- provincia e comune di appartenenza,
- il nome del corpo idrico, le sue coordinate geografiche;
- numero e codice del campione;
- data di prelievo;
- nome della sostanza pericolosa con relativo valore di concentrazione misurato in  $\mu\text{g/l}$  e trovata nel punto di campionamento.

PUNTO_CODI	PUNTO_NOME	PROVINCI	COMUNE	PRELIEVO	PARAMETRO_UD	VALORE_DP
MAS-096	FIUME SANTERNO	PI	SANTA LUCE	2004/04/06	DICLOROETANO μg/L	<3
MAS-138	FIUME ERA - P.T	PI	VECCHIAN	2004/04/19	ENDOSULFAN I - μg/L	<,02
MAS-006	FIUME SERCHIO	PI	VECCHIAN	2004/02/09	ENDOSULFAN I - μg/L	<,05
MAS-033	VALLE CONFLUEN	SI	MONTALC	2004/01/07	ENDOSULFAN I - μg/L	<,05
MAS-033	VALLE CONFLUEN	SI	MONTALC	2004/03/22	ENDOSULFAN I - μg/L	<,05

Fig.4.2 Tabella riassuntiva relativa ai dati sui pesticidi trovati nelle acque superficiali della Regione Toscana e messi a disposizione dell'APAT (Agenzia per l'ambiente e i servizi tecnici).

## 4.2 Dati climatici ed idrologici

Evapotraspirazione potenziale (EP):

E' il volume di acqua massimo che potrebbe essere perso per evapotraspirazione.

Può non coincidere con l'ET (evapotraspirazione relae), quando non vi è sufficiente disponibilità idrica nel bacino.

La relazione più utilizzata per il calcolo di EP è quella di Thornthwaite, che necessita come input solo dei valori della temperatura media mensile.

La formula del Thornthwaite ha la seguente forma:

$$EP=K \times 16 \times (10 \times T/ic)^a;$$

con EP(mm)= evapotraspirazione media mensile;

T(C°)= temperatura media mensile dell'aria;

ic= indice mensile di calore dato da :

$$ic=(T/5)^{1,514};$$

con T>0(C°)(se T<0 si pone T=0);

K=coefficiente correttivo che tiene conto dell'insolazione

per le latitudini del Centro –Nord Italia si usano 12 valori mensili costanti;

Data la necessità di calcolare l'evapotraspirazione potenziale al fine di applicare il modello di simulazione, è stato necessario elaborare i dati di temperatura relativi, per semplicità di calcolo e tempo a disposizione, ad una sola delle quattro stazioni presenti nella zona di studio, la stazione scelta per al sua posizione geografica è stata quella denominata Le Croci.

I dati originali relativi alle temperature dal 1995 al 2003, sono stati forniti in un file di testo (txt); quest' ultimi presentavano seri problemi di analisi per la mole eccessiva di dati, infatti le misure pervenute per via elettronica alle stazioni termopluviometriche risultano avere una cadenza di quindici minuti.

Si è scelto quindi di esportare i dati in Access di raggrupparli in anni e, applicando una formula, di avere per ogni giorno un valore di Tmax e Tmin (temperatura massima e minima), in modo tale da poter consultare ed elaborare più facilmente tutti i dati a nostra disposizione.

```
Nome_Stazione;Comune;Data;Temperatura (C°);Durata
Le Croci;Barberino di Mugello;1/10/1995 0:30:00;8.30;30
Le Croci;Barberino di Mugello;1/10/1995 1:00:00;7.80;30
Le Croci;Barberino di Mugello;1/10/1995 1:30:00;7.60;30
Le Croci;Barberino di Mugello;1/10/1995 2:00:00;7.40;30
Le Croci;Barberino di Mugello;1/10/1995 2:30:00;6.80;30
Le Croci;Barberino di Mugello;1/10/1995 3:00:00;6.30;30
Le Croci;Barberino di Mugello;1/10/1995 3:30:00;6.10;30
```

Fig. 4.3 Esempio di file di testo originale in seguito esportato in Access per una migliore l'elaborazione e la consultazione dei dati.

2003					
Nome_Stazione	AA	MM	GG	MinDiTemperatura(C°)	MaxDiTemperatura(C°)
Le Croci	2003	7	1	21,8	30,4
Le Croci	2003	7	2	18,4	25,2
Le Croci	2003	7	3	17,7	24,8
Le Croci	2003	7	4	15,7	25,6
Le Croci	2003	7	5	13	27,6
Le Croci	2003	7	6	15,7	28,7
Le Croci	2003	7	7	16,4	30,7
Le Croci	2003	7	8	17,7	30,3
Le Croci	2003	7	9	17,1	30,7
Le Croci	2003	7	10	18,4	31,4

Fig 4.4 Esempio di foglio Access usato per l'analisi dei valori di temperatura registrati nell'anno 2003 nella stazione Le Croci di Barberino del Mugello.

1995					
Nome_Stazione	AA	MM	GG	MinDiTemperatura(C°)	MaxDiTemperatura(C°)
Le Croci	1995	10	1	5,3	18,4
Le Croci	1995	10	2	9,1	20,3
Le Croci	1995	10	3	14,9	19
Le Croci	1995	10	4	15,8	19,5
Le Croci	1995	10	5	14,8	21,3
Le Croci	1995	10	6	15,2	22
Le Croci	1995	10	7	11,9	24,1
Le Croci	1995	10	8	16,6	22,4
Le Croci	1995	10	9	17,2	23,2

Fig 4.5 esempio di foglio Access usato per l'analisi dei valori di temperatura registrati nell'anno 1995 nella stazione Le Croci di Barberino del Mugello.

Una volta avuti i dati di temperatura massima e minima, relativi a ogni giorno di ogni mese di ogni anno dal 1995 al 2003, per calcolare la temperatura media mensile si è utilizzato un foglio di calcolo Excel attraverso il quale, introducendo ogni singolo valore di temperatura massima e minima per ogni giorno di ogni mese di ogni anno relativo alla stazione scelta si

sono ottenuti i risultati utili (temperature medie) per applicare la formula dell'evapotraspirazione potenziale.

Stazione di Le croci (Barberino del Mugello): temperature mensili, medie mensili e PE													
Mese	T medi indice									E'pi (mm)			
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003		m	Epi (mm)	
Gennaio		6,6	7,2	6,4	6,0	4,45	6,2			6,14	1,36	15,70	12,87
Febbraio		4,2	8,0	8,5	4,9	7,93	7,6			6,88	1,62	18,73	15,54
Marzo		6,7	10,8	8,7	9,5	10,05	13,0			9,79	2,77	32,47	33,448
Aprile			10,3	11,7	12,0	12,96	10,8			11,53	3,54	41,92	46,96
Maggio			16,6	16,5	17,6	18,52	17,9			17,42	6,62	79,72	100,45
Giugno			19,4	20,4	19,8	21,26	19,7			20,12	8,23	99,76	126,69
Luglio			21,0	23,3	22,7	21,13	22,6	24,9	25,0	22,94	10,04	122,34	156,60
Agosto			22,5	24,3	23,4	23,29	24,1	26,7	26,8	24,44	11,05	135,06	160,72
Settembre			20,3	18,7	20,4	19,35	16,6	19	19,3	19,10	7,61	91,98	95,66
Ottobre	16,5		13,2	13,7	15,0	15,29	17,0	13	13,1	14,59	5,06	60,47	57,44
Novembre	8,5		9,5	7,6	8,2	10,19	8,6	11	11,1	9,34	2,57	30,16	24,73
Dicembre	6,5	6,6	6,9	4,4	5,8	9,24	3,9	10	10,0	7,03	1,68	19,40	15,33
											62,15	747,72	846,45
			Epi=K*[1.6(10Ti/l)a]				a=	1,56					

Fig. 4.6 Calcolo dell'evapotraspirazione potenziale per la stazione di Le Croci.  
(Elaborazione dati APAT).

I dati di temperatura relativi alla stazione termopluviometrica di Le Croci sono stati anche elaborati in Excel nel periodo di tempo dal 1995 al 2003, al fine di capire l'andamento delle temperature nel range di tempo considerato.

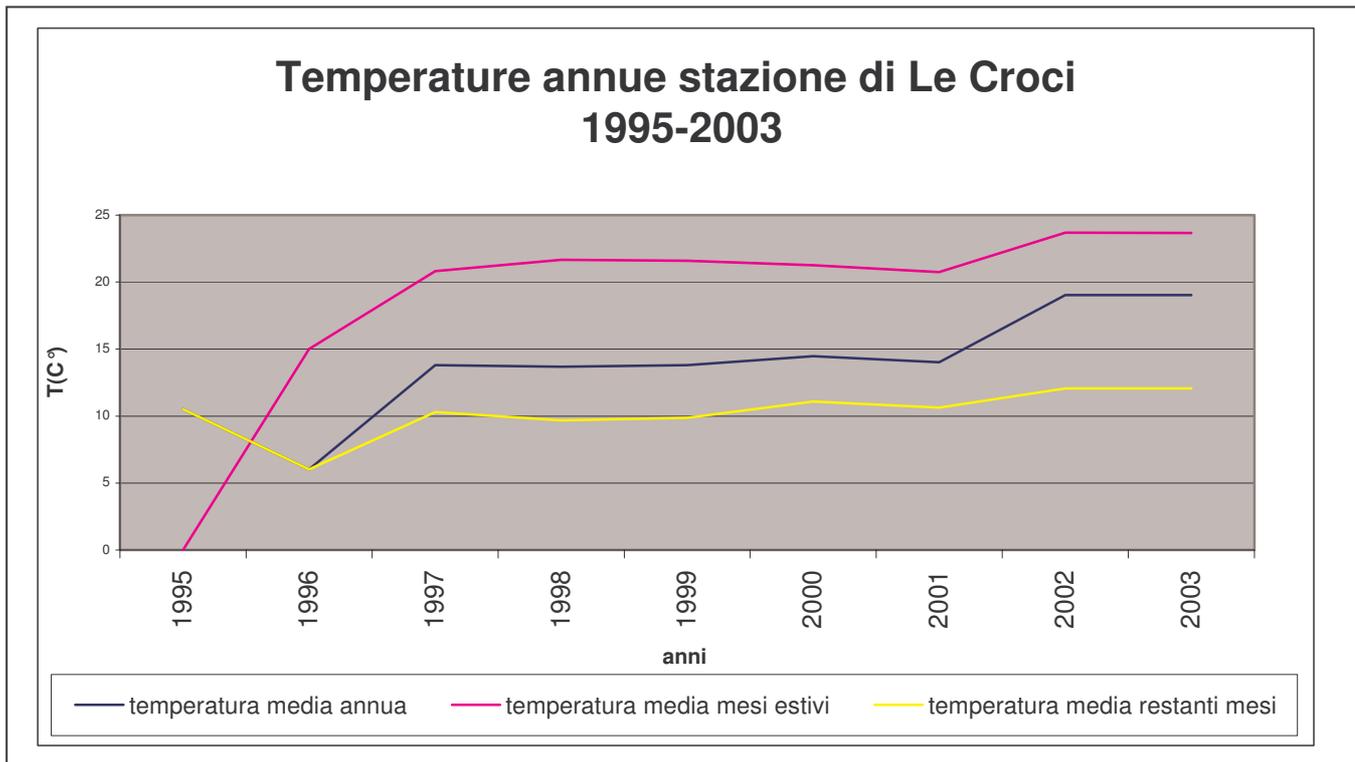


Fig. 4.7 Temperature registrate presso la stazione di Le Croci. (Elaborazione dati APAT)

Il grafico di figura rappresenta l'andamento delle temperature nell'arco di tempo di nove anni (1995-2003) registrate presso la stazione di Le Croci, esso mostra un trend costante per quanto riguarda le temperature medie annue e quelle dei restanti mesi con un leggero aumento della pendenza delle curve relative a queste temperature negli anni dal 2001 al 2003.

Per quanto concerne l'andamento della curva relativa alle temperature dei mesi estivi, questo risulta crescere in maniera esponenziale nei primi anni di misura, questo potrebbe essere attribuito anche ad una mancanza di dati pervenuti in quegli anni, dopo una prima fase di crescita le temperature mostrano una certa stabilizzazione per poi crescere nuovamente negli anni dal 2000 al 2003.

Nell'ambito di questo lavoro è stato necessario elaborare anche i dati relativi alle precipitazioni registrate nella suddetta stazione termopluviometrica, al fine di conoscere le precipitazioni medie di ogni mese.

La procedura utilizzata nell'elaborazione di questi dati è stata uguale a quella effettuata per l'analisi dei dati di temperatura.

Si sono considerate le precipitazioni medie giornaliere di ogni singolo giorno di ogni mese e di ogni anno dal 1995 al 2003, dopo aver effettuato tutte le operazioni in Access come precedentemente fatto per le temperature, inoltre dato che anche le precipitazioni vengono registrate ogni 15 minuti dalle stazioni termopluviometriche, si è fatta una media delle precipitazioni giornaliere.

Tutti i valori relativi alle precipitazioni medie di ogni mese di ogni anno sono state messe in un programma di calcolo in Excel che ha permesso di ottenere le precipitazioni medie mensili (dal 1995 al 2003).

Mese	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	<b>Prec. Med.m.</b>
gennaio		252,63	288,04	111,89	98,85	18,54	209,87	46,88	81,97	138,6
febbraio		295,63	109,751	77,49	131,77	33,77	51,68	168,72	73,31	117,8
marzo		320,80	98,58	71,24	111,14	169,92	202,76	14,98	84,57	134,2
aprile			128,40	212,81	124,33	72,64	95,53	188,34	97,85	131,4
maggio			221,83	67,34	42,98	25,51	98,31	245,67	25,60	103,89
giugno			187,51	42,47	49,90	72,62	31,35	146,16	13,90	77,7
luglio			103,92	12,88	13,70	27,89	199,88	162,82	5,03	75,2
agosto			166,06	31,50	35,98	109,65	6,65	177,82	7,57	76,5
settembre			30,65	179,32	66,79	49,12	143,23	132,86	67,48	95,6
ottobre	43,70		58,68	268,17	66,79	106,45	77,98	144,15	152,08	114,8
novembre	242,47		446,04	79,14	174,34	402,90	108,31	235,94	244,41	241,7
dicembre	271,37	5162,61	244,07	43,36	140,09	424,48	150,68	208,40	58,91	744,9

Fig. 4.8 Grafico riassuntivo dei valori di precipitazione per ogni mese di ogni anno e valori finali delle precipitazioni medie mensili utilizzati nel programma di simulazione IPTM-CS.

Anche per le precipitazioni si è realizzato un grafico per vedere l'andamento delle precipitazioni totali, estive e dei restanti mesi, nell'arco dei nove anni considerati nel presente studio.

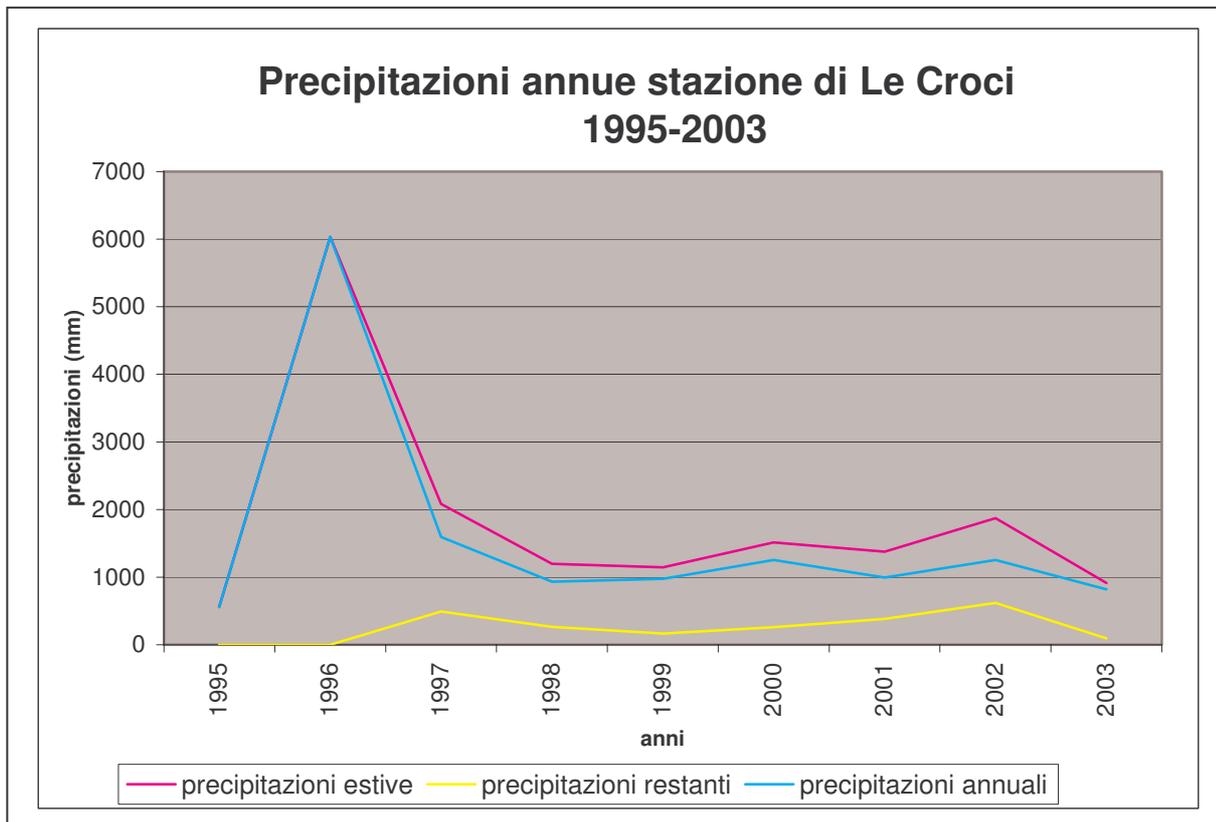


Fig.4.9 Precipitazioni registrate presso la stazione di Le Croci. (Elaborazione dati APAT).

Dall'analisi del grafico si evince che a parte la curva relativa alle precipitazioni dei restanti mesi, che rimane costante nell'arco degli anni considerati, le altre due curve, quelle cioè relative alle precipitazioni estive e annuali, dopo un picco raggiunto intorno al 1996, subito dopo mostrano un decremento abbastanza accentuato e repentino per poi stabilizzarsi dal 1998 al 2001; un leggero aumento delle precipitazioni si registra poi nel 2002 ma già l'anno successivo queste sembrano ridiminuire.

C'è da puntualizzare che molti dati sulle precipitazioni dei primi anni considerati, non sono presenti ai database APAT, come si nota dal grafico di figura 4.8.

### 4.3 Dati sui pesticidi.

Il Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 194 “Attuazione dir. 91/414/Cee in materia di immissione in commercio dei prodotti fitosanitari”, prevede la realizzazione di piani nazionali triennali di sorveglianza sanitaria ed ambientale degli effetti derivanti dall’uso dei prodotti fitosanitari (“piani triennali”).

L’attuazione è stata resa operativa dall’Accordo dell’8 maggio 2003 tra i ministri della salute, dell’Ambiente e della Tutela del Territorio, le Regioni e le Province di Trento e di Bolzano.

In base a tale Accordo l’APAT è chiamata a dare indirizzi tecnici alle Regioni, che devono attuare tali piani sul territorio, a raccogliere, elaborare e valutare i risultati, a trasmettere a i Ministeri competenti, oltre che alle Regioni, una relazione annuale sullo stato di attuazione delle indagini e i risultati provvisori e a formulare un parere conclusivo e proposte di misure cautelative in relazione ad eventuali effetti indesiderati dei prodotti fitosanitari.

Nell’ambito del compito di coordinamento ha predisposto e trasmesso alle Regioni i seguenti documenti:

- informazioni tecniche per la scelta delle sostanze prioritarie;
- indicazioni metodologiche per il campionamento e l’analisi e modalità di trasmissione delle informazioni.

E’ stato inoltre messo a punto un sistema informatizzato mediante i dati delle indagini possono confluire nel Sistema informativo Nazionale Ambientale. Il sistema prevede due modalità di inoltro:

- compilazione di una scheda in formato elettronico (conforme al D.M. 19 agosto 2003);
- l’invio di file di qualsiasi formato.

L’emanazione dei Decreti del Ministero dell’Ambiente e della tutela del territorio 18 settembre 2002 n° 198 e 19 agosto 2003 n°152, in attuazione dell’articolo 3 del D. Lgs. 152/99, ha attivato formalmente il processo informativo di trasmissione delle informazioni dalle Regioni all’APAT per l’alimentazione del Sistema Informativo nazionale Ambientale la loro elaborazione e trasmissione al Ministero ambiente e tutela del territorio anche al fine del rispetto degli obblighi informativi nei confronti della Commissione UE come definiti nelle direttive di settore.

Questo permette di disporre finalmente di una consistente e significativa base informativa e di conoscenza necessaria per le decisioni e le politiche da intraprendere a tutela della qualità delle acque e di un loro uso duraturo e sostenibile.

A causa dei diversi tipi di discussione ed approvazione dei due decreti attuativi 198/02 e 152/03, i testi presentano anche alcune disomogeneità ed imprecisioni.

Da qui l'esigenza di provvedere alla predisposizione di un insieme completo di standard informativi nell'ambito SINAnet.

I flussi informativi derivanti dalle norme citate e la loro gestione richiedono un'adeguata organizzazione e strumenti disponibili sia da parte della Regione sia da parte di APAT ; in tal senso l'APAT ha sviluppato un sistema di raccolta e gestione dei dati sulla qualità delle acque denominato Sistema.152.

Il progetto realizzato dall'APAT copre, allo stato attuale, tutte le esigenze di trasmissione e memorizzazione delle informazioni di cui al decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio 18 settembre 2002 n°198.

Il sistema consiste di:

- un data base relazionale,
- un repository XML,

un insieme di forms HTML corrispondenti alle schede pubblicate nell'allegato al Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela territorio 18 settembre 2002 n°198.

- Un applicativo web realizzato in java per l'inserimento, l'aggiornamento e la trasmissione dei dati all'APAT.

Il Sistema.152, fruibile attraverso la rete SINAnet, è un sistema informatico web based per l'automazione della raccolta e gestione dati sullo stato delle acque, accessibili via internet; è un repository, sia relazionale, sia XML, accessibile in modo permanente a tutti gli interessati; permette la compilazione guidata ed amichevole delle schede ed è conforme agli standard informativi SINAnet.

Il sistema prevede quattro tipologie di utenza:

- Gestore: può accreditare nuovi utenti; può svolgere tutte le operazioni eseguibili da tutti gli altri utenti;
- GESTORE PFR: può accreditare nuovi utenti nell'ambito della propria regione;
- PFR: può accedere/inserire/modificare/trasmettere dati di competenza della propria regione;
- APAT: può emulare l'utente PFR per ogni regione e può monitorare lo stato della trasmissione di dati dai PFR verso l'APAT.
- MATT: consente di accedere a tutti i dati di tutte le regioni.

Per stabilire quale tipo di pesticida utilizzare nella simulazione di trasporto e trasformazione nel suolo e che rappresenta lo scopo di tale lavoro, ci si è basati proprio su un file contenente i valori di concentrazione di tutti i pesticidi trovati nei campioni di acque superficiali analizzati dalla regione Toscana e fatti pervenire all'APAT .

Dall'analisi di questo file risulta che una delle sostanze pericolose avente concentrazione elevata rispetto ai limiti legislativi (tabella 1.8 dell'allegato A, del Decreto 6 novembre 2003, n.367) è l'Endosulfan (usato nella simulazione).

MAS-006	VECCHIANO	2004/02/09	480/2004/1613	ENDOSULFAN	<,05
MAS-033	MONTALCINO	2004/01/07	480/2004/1031	ENDOSULFAN	<,05
MAS-033	MONTALCINO	2004/03/22	480/2004/2276	ENDOSULFAN	<,05
MAS-039	BUONCONVENTO	2004/01/07	480/2004/1030	ENDOSULFAN	<,05
MAS-041	MONTICIANO	2004/03/30	480/2004/2285	ENDOSULFAN	<,05
MAS-041	MONTICIANO	2004/01/07	480/2004/1034	ENDOSULFAN	<,05
MAS-044	MONTALCINO	2004/01/07	480/2004/1028	ENDOSULFAN	<,05
MAS-096	SANTA LUCE	2004/04/06	480/2004/2332	ENDOSULFAN	<,05
MAS-096	SANTA LUCE	2004/02/05	480/2004/0805	ENDOSULFAN	<,05
MAS-097	FIRENZUOLA	2004/02/05	480/2004/0806	ENDOSULFAN	<,05
MAS-097	FIRENZUOLA	2004/04/06	480/2004/2331	ENDOSULFAN	<,05
MAS-098	PALAZZUOLO SUL SE	2004/03/30	480/2004/2168	ENDOSULFAN	<,02
MAS-099	MARRADI	2004/03/30	480/2004/2167	ENDOSULFAN	<,02
MAS-106	FIGLINE VALDARNO	2004/03/08	480/2004/1582	ENDOSULFAN	<,02
MAS-107	PONTASSIEVE	2004/03/08	480/2004/1583	ENDOSULFAN	<,05
MAS-108	MONTELUPO FIORENTINO	2004/02/09	480/2004/0859	ENDOSULFAN	<,05
MAS-108	MONTELUPO FIORENTINO	2004/05/03	480/2004/2979	ENDOSULFAN	<,02
MAS-114	MONTEPULCIANO	2004/03/29	480/2004/2274	ENDOSULFAN	<,05
MAS-115	CHIUSI	2004/01/27	480/2004/1038	ENDOSULFAN	<,05
MAS-115	CHIUSI	2004/03/29	480/2004/2266	ENDOSULFAN	<,05
MAS-118	BARBERINO DI MUGELLO	2004/03/15	480/2004/1781	ENDOSULFAN	<,02
MAS-119	BARBERINO DI MUGELLO	2004/03/15	480/2004/1782	ENDOSULFAN	<,05
MAS-120	SAN PIERO A SIEVE	2004/03/15	480/2004/1783	ENDOSULFAN	<,05
MAS-121	PELAGO	2004/03/15	480/2004/1784	ENDOSULFAN	<,02
MAS-123	FIRENZE	2004/02/09	480/2004/0855	ENDOSULFAN	<,05
MAS-123	FIRENZE	2004/05/03	480/2004/2980	ENDOSULFAN	<,02
MAS-124	VERNIO	2004/01/14	480/2004/1079	ENDOSULFAN	<,05
MAS-124	VERNIO	2004/02/04	480/2004/1083	ENDOSULFAN	<,05
MAS-124	VERNIO	2004/03/23	480/2004/2765	ENDOSULFAN	<,02
MAS-124	VERNIO	2004/04/14	480/2004/2766	ENDOSULFAN	<,02
MAS-125	PRATO	2004/01/14	480/2004/1080	ENDOSULFAN	<,05
MAS-125	PRATO	2004/02/04	480/2004/1084	ENDOSULFAN	<,05
MAS-125	PRATO	2004/04/14	480/2004/2769	ENDOSULFAN	<,02
MAS-125	PRATO	2004/03/23	480/2004/2767	ENDOSULFAN	<,02
MAS-126	SIGNA	2004/01/14	480/2004/1081	ENDOSULFAN	<,05
MAS-126	SIGNA	2004/02/04	480/2004/1085	ENDOSULFAN	<,05
MAS-126	SIGNA	2004/03/23	480/2004/2768	ENDOSULFAN	<,02
MAS-126	SIGNA	2004/04/14	480/2004/2775	ENDOSULFAN	<,02
MAS-127	FIRENZE	2004/02/09	480/2004/0856	ENDOSULFAN	<,05
MAS-127	FIRENZE	2004/05/03	480/2004/2978	ENDOSULFAN	<,02
MAS-130	CARMIGNANO	2004/01/14	480/2004/1082	ENDOSULFAN	<,05
MAS-130	CARMIGNANO	2004/02/04	480/2004/1086	ENDOSULFAN	<,05
MAS-134	POGGIBONSI	2004/03/10	480/2004/2280	ENDOSULFAN	<,05
MAS-134	POGGIBONSI	2004/01/27	480/2004/1035	ENDOSULFAN	<,05
MAS-136	MONTAIONE	2004/03/16	480/2004/1811	ENDOSULFAN	<,02
MAS-136	MONTAIONE	2004/05/11	480/2004/3191	ENDOSULFAN	<,02
MAS-138	VECCHIANO	2004/02/05	480/2004/1612	ENDOSULFAN	<,05
MAS-138	VECCHIANO	2004/03/11	480/2004/2830	ENDOSULFAN	<,02
MAS-138	VECCHIANO	2004/04/19	480/2004/2832	ENDOSULFAN	<,02
MAS-006	VECCHIANO	2004/02/09	480/2004/1613	ENDOSULFAN	<,05
MAS-033	MONTALCINO	2004/01/07	480/2004/1031	ENDOSULFAN	<,05
MAS-033	MONTALCINO	2004/03/22	480/2004/2276	ENDOSULFAN	<,05
MAS-039	BUONCONVENTO	2004/01/07	480/2004/1030	ENDOSULFAN	<,05

MAS-041	MONTICIANO	2004/03/30	480/2004/2285	ENDOSULFAN	<,05
MAS-041	MONTICIANO	2004/01/07	480/2004/1034	ENDOSULFAN	<,05
MAS-044	MONTALCINO	2004/01/07	480/2004/1028	ENDOSULFAN	<,05
MAS-096	SANTA LUCE	2004/02/05	480/2004/0805	ENDOSULFAN	<,05
MAS-096	SANTA LUCE	2004/04/06	480/2004/2332	ENDOSULFAN	<,05
MAS-097	FIRENZUOLA	2004/02/05	480/2004/0806	ENDOSULFAN	<,05
MAS-097	FIRENZUOLA	2004/04/06	480/2004/2331	ENDOSULFAN	<,05
MAS-098	PALAZZUOLO SUL	2004/03/30	480/2004/2168	ENDOSULFAN	<,02
MAS-099	MARRADI	2004/03/30	480/2004/2167	ENDOSULFAN	<,02
MAS-106	FIGLINE VALDARN	2004/03/08	480/2004/1582	ENDOSULFAN	<,02
MAS-107	PONTASSIEVE	2004/03/08	480/2004/1583	ENDOSULFAN	<,05
MAS-108	MONTELUPO FIOF	2004/02/09	480/2004/0859	ENDOSULFAN	<,05
MAS-108	MONTELUPO FIOF	2004/05/03	480/2004/2979	ENDOSULFAN	<,02
MAS-114	MONTEPULCIANO	2004/03/29	480/2004/2274	ENDOSULFAN	<,05
MAS-115	CHIUSI	2004/03/29	480/2004/2266	ENDOSULFAN	<,05
MAS-115	CHIUSI	2004/01/27	480/2004/1038	ENDOSULFAN	<,05
MAS-118	BARBERINO DI ML	2004/03/15	480/2004/1781	ENDOSULFAN	<,02
MAS-119	BARBERINO DI ML	2004/03/15	480/2004/1782	ENDOSULFAN	<,05
MAS-120	SAN PIERO A SIEV	2004/03/15	480/2004/1783	ENDOSULFAN	<,05
MAS-121	PELAGO	2004/03/15	480/2004/1784	ENDOSULFAN	<,02
MAS-123	FIRENZE	2004/02/09	480/2004/0855	ENDOSULFAN	<,05
MAS-123	FIRENZE	2004/05/03	480/2004/2980	ENDOSULFAN	<,02
MAS-124	VERNIO	2004/01/14	480/2004/1079	ENDOSULFAN	<,05
MAS-124	VERNIO	2004/02/04	480/2004/1083	ENDOSULFAN	<,05
MAS-124	VERNIO	2004/03/23	480/2004/2765	ENDOSULFAN	<,02
MAS-124	VERNIO	2004/04/14	480/2004/2766	ENDOSULFAN	<,02
MAS-125	PRATO	2004/01/14	480/2004/1080	ENDOSULFAN	<,05
MAS-125	PRATO	2004/02/04	480/2004/1084	ENDOSULFAN	<,05
MAS-125	PRATO	2004/04/14	480/2004/2769	ENDOSULFAN	<,02
MAS-125	PRATO	2004/03/23	480/2004/2767	ENDOSULFAN	<,02
MAS-126	SIGNA	2004/01/14	480/2004/1081	ENDOSULFAN	<,05
MAS-126	SIGNA	2004/02/04	480/2004/1085	ENDOSULFAN	<,05
MAS-126	SIGNA	2004/03/23	480/2004/2768	ENDOSULFAN	<,02
MAS-126	SIGNA	2004/04/14	480/2004/2775	ENDOSULFAN	<,02
MAS-127	FIRENZE	2004/02/09	480/2004/0856	ENDOSULFAN	<,05
MAS-127	FIRENZE	2004/05/03	480/2004/2978	ENDOSULFAN	<,02
MAS-130	CARMIGNANO	2004/01/14	480/2004/1082	ENDOSULFAN	<,05
MAS-130	CARMIGNANO	2004/02/04	480/2004/1086	ENDOSULFAN	<,05
MAS-134	POGGIBONSI	2004/03/10	480/2004/2280	ENDOSULFAN	<,05
MAS-134	POGGIBONSI	2004/01/27	480/2004/1035	ENDOSULFAN	<,05
MAS-136	MONTAIONE	2004/03/16	480/2004/1811	ENDOSULFAN	<,02
MAS-136	MONTAIONE	2004/05/11	480/2004/3191	ENDOSULFAN	<,02
MAS-138	VECCHIANO	2004/02/05	480/2004/1612	ENDOSULFAN	<,05
MAS-138	VECCHIANO	2004/03/11	480/2004/2830	ENDOSULFAN	<,02
MAS-138	VECCHIANO	2004/04/19	480/2004/2832	ENDOSULFAN	<,02

Fig.4.10 particolare di file contenente i dati sui pesticidi

L'Endosulfan, è un pesticida organoclorurato non sistemico sviluppato ed introdotto nella metà degli anni '50, è costituito dagli isomeri alpha e beta che possono essere metabolizzati in solfato di endosulfan e diolo di endosulfan. A differenza dell'endosulfan alpha e beta, questi metaboliti possono essere soggetti a fotolisi. Alcuni prodotti contenenti endosulfan sono ancora autorizzati in sette Stati membri della Comunità europea, ma si prevede che l'autorizzazione dell'endosulfan sarà ritirata dagli Stati membri entro il 1° febbraio 2006.

L'endosulfan è rilasciato nell'ambiente prevalentemente a seguito del suo impiego come pesticida e si trova nell'atmosfera, nel suolo e nei sedimenti.

L'Endosulfan agisce sul sistema nervoso centrale per contatto e ingestione su afidi, psilla, cicalina, tignola, tentredini, altiche ecc.

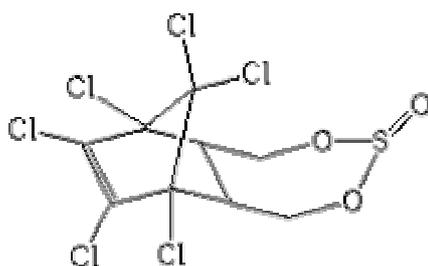
Si applica su fruttiferi, vite, ortive, cereali, foraggere, forestali, pioppo, floricole e ornamentali. Ha una azione pronta e di lunga durata, ed una azione collaterale sugli acari. Tempo di carenza: 25 giorni.

Classificazione CE: tossico, nocivo, non classificabile.

**Chemical Name:** (1, 4, 5, 6, 7, 7-hexachloro-8, 9, 10-trinorborn-5-en-2, 3-ylenebismethylene) sulfite

**CAS No.:** 115-29-7

**Structure:**



## 5. MODELLO DI SIMULAZIONE DEI PESTICIDI

### 5.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO E PROCEDURE DI MODELLIZZAZIONE.

IPTM-CS è un programma di calcolo che fa parte di un modello integrato (IPTM) di trasporto dei pesticidi, è stato messo a punto dall'Annis Water Resources Institute della Grand Valley State University.

E' idoneo per un'analisi monodimensionale del rilascio, trasporto e trasformazione del pesticida nel terreno, nelle sue diverse fasi.

Il modello prende in considerazione un mezzo eterogeneo e lo suddivide in una zona superficiale, una zona di sviluppo degli apparati radicali e una zona vadosa profonda; inoltre considera un flusso d'acqua non stazionario e processi fisici e biochimici che dipendono da parametri spazio-temporali relativi alla dispersione ambientale delle sostanze pesticide investigate.

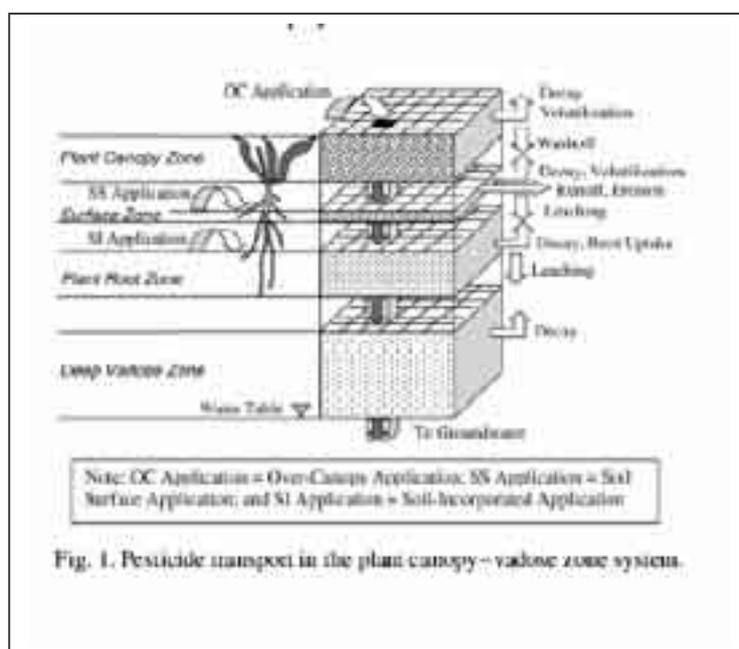


Fig. 5.1 Trasporto di un pesticida dalla copertura fogliare alla zona vadosa. (Xuefeng Chua, Miguel A. Marin, 2003).

Il modello consente di tener conto anche di eventuali fenomeni di erosione, di simulare la dispersione del pesticida nella zona fogliare e di imporre differenti metodologie di irrigazione.

I processi simulati includono:

- decadimento;
- volatilizzazione;
- dilavamento;

- percolazione;
- assorbimento apicale;
- erosione superficiale;

Il modello è in grado di operare con diverse tipologie di pesticidi tra quelli di uso comune; è strutturato attraverso una serie di rotine che riguardano diversi settori tematici.

Di seguito si fornisce una sintetica descrizione delle tipologie dei dati di input e delle fasi di simulazione dei parametri descrittivi.

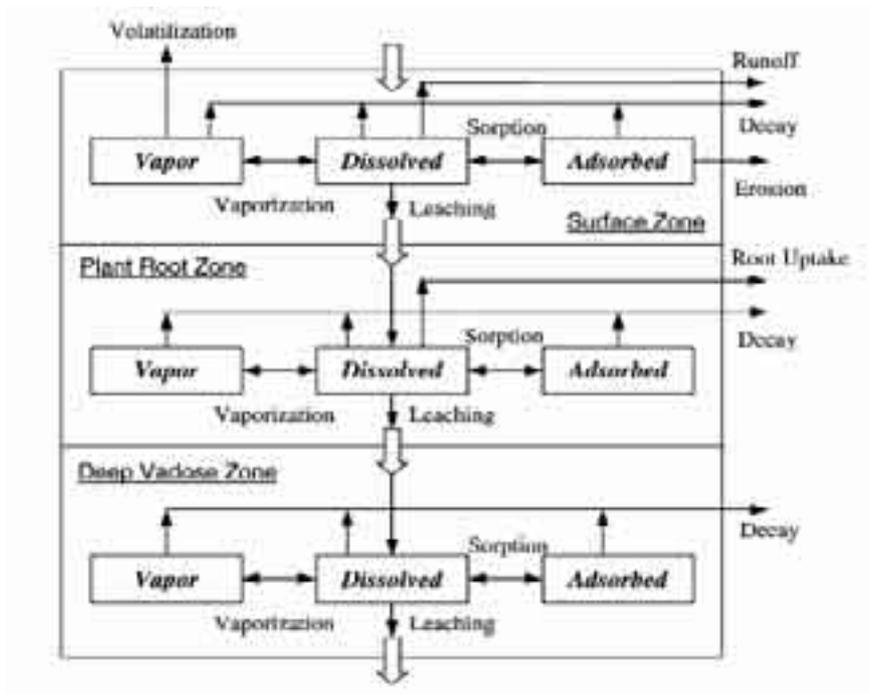


Fig 5.2 Grafico rappresentante i processi chimico-fisici nelle tre zone, zona superficiale, zona dello sviluppo degli apparati radicali e zona vadosa profonda.

## 5.2 SCELTA DEI PARAMETRI

La scelta dei parametri da utilizzare nella simulazione è stata fatta servendosi dei dati forniti dai database APAT.

Da una prima analisi dei dati a nostra disposizione, si è constatato che attualmente l'unica regione che ha fornito valori aggiornati sulla concentrazione di pesticidi nelle acque è la Toscana, si sono pertanto analizzati questi valori per stabilire che tipo di pesticida considerare nella simulazione.

Tenendo conto dei valori massimi di concentrazione ammissibile per i pesticidi secondo la normativa vigente: decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152 (articolo 3, comma 4), concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose; la scelta è ricaduta su un pesticida ritrovato nelle campagne di campionamento in concentrazioni elevate: l'endosulfan (0.05 µg/L).

Utilizzando il programma ArcView Gis, si sono mappati i punti relativi al campionamento di tale pesticida per vedere la loro distribuzione sul territorio.

Dall'osservazione dalla mappa si nota che la zona a nord-est della Toscana è quella con una più alta concentrazione di punti campionati.

A questo punto si sono osservate anche le carte relative all'uso del suolo, alla geologia e alla litologia della regione Toscana, al fine di stabilire che tipo di suolo e che tipo di vegetazione fossero presenti in corrispondenza dei punti nei quali si era registrato una elevata concentrazione di endosulfan nelle acque.

Le litologie affioranti risultano essere del tipo arenaceo marnoso (Miocene medio-sup), depositi alluvionali fluvio-lacustri di spiaggia attuale (Olocene) e depositi argilloso-calcarei (torbiditi) (Paleogene-Cretacico), classificate secondo il diagramma granulometrico dell' U.S. Bureau of Soils in Silt Clay Loam, Sandy Clay Loam e Silt Clay; la classificazione è arbitraria dato che i terreni non sono stati campionati e di conseguenza non è stata fatta alcun'analisi granulometrica in laboratorio. E' necessario comunque far riferimento al diagramma citato, per poter usufruire dei valori forniti dal programma relativi alle caratteristiche geotecniche dei suoli.

Per quanto riguarda il parametro vegetazionale dalla carta dell'uso del suolo, risulta che nella zona ci sia ampia diffusione boschi di latifoglie, uliveti e zone agricole seminative, ma è stata l'ulivo la coltura utilizzata nella simulazione.

## 5.3 PARAMETRI IN INPUT

### Parametri temporali

Il programma richiede le date di inizio e termine simulazione e il numero di passi d'integrazione per ogni giorno.

### Parametri spaziali

L'intero profilo del suolo è stato scomposto in tre zone: superficiale, radicale e vadosa profonda; ognuna di queste zone è stata ulteriormente suddivisa in celle unitarie, le cui dimensioni sono state poste rispettivamente pari a 1 cm (numero di celle 1), 7 cm (numero di celle 10), 20 cm (numero di celle 10), per una profondità totale d'investigazione di 2,7 m.

### Parametri relativi al suolo

I principali parametri richiesti riguardano le proprietà idrauliche del mezzo, le caratteristiche della frazione solida e della matrice suolo.

Per la simulazione, si sono scelti suoli con caratteristiche diverse per aver una migliore visione della distribuzione dei pesticidi. Il programma di simulazione fornito include alcune tabelle dove, in base al tipo di terreno considerato, sono riportati i valori da attribuire ai vari parametri.

I terreni scelti nella simulazione sono i seguenti:

- Silt Clay Loam;
- Sandy Clay Loam;
- Silt Clay;

Saturated Hydraulic Conductivity KS (m/d)

Soil Texture Class	KS (m/d) <sup>a</sup>	KS (m/d) <sup>b, c</sup>
Silt Clay Loam	0.017	0.048
Sandy Clay Loam	0.314	0.072
Silty Clay	0.005	0.024

<sup>a</sup> Carsel, R.F. and R.S. Parrish. 1988. Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. *Water Resour. Res.*, 24:755-769.

<sup>b</sup> Rawls, W.J. and D.L. Brakensiek. 1983. A procedure to predict Green and Ampt infiltration parameters. In: *Advances in infiltration: proceedings of the National Conference on Advances in Infiltration*, American Society of Agricultural Engineers, pp. 102-112.

<sup>c</sup> Maidment, D. R., 1993. *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, Inc. pp 5.34.

Saturated Water Content WS ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )

Soil Texture Class	WS ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) <sup>a</sup>
Silty Clay Loam	0.43
Sandy Clay Loam	0.39
Silty Clay	0.36

<sup>a</sup> Carsel, R.F. and R.S. Parrish. 1988. Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. *Water Resour. Res.*, 24:755-769.

Residual Water Content WR ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )

Soil Texture Class	WR ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) <sup>a</sup>
Silty Clay Loam	0.089
Sandy Clay Loam	0.100
Silty Clay	0.070

<sup>a</sup> Carsel, R.F. and R.S. Parrish. 1988. Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. *Water Resour. Res.*, 24:755-769.

Field Capacity FC<sup>a</sup> ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )

Soil Texture Class	Textural Properties (%)			FC (Water Retained at – 0.33 Bar Tension)
	Sand	Silt	Clay	
Silty Clay Loam	0-20	40-73	28-40	0.366 (0.304-0.428)
Sandy Clay Loam	45-80	0-28	20-35	0.257 (0.186-0.324)
Silty Clay	0-20	40-60	40-60	0.387 (0.332-0.442)

<sup>a</sup> Rawls, W.J., D.L. Brakensiek, and K.E. Saxton. 1982. Estimation of Soil Water Properties. *Transactions of the ASAE*, 25(5):1316-1320, 1328.

Wilting Point WP<sup>a</sup> ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )

Soil Texture Class	Textural Properties (%)			WP (Water Retained at –15.0 Bar Tension)
	Sand	Silt	Clay	
Silty Clay Loam	0-20	40-73	28-40	0.208 (0.138-0.278)
Sandy Clay Loam	45-80	0-28	20-35	0.148 (0.085-0.211)
Silty Clay	0-20	40-60	40-60	0.250 (0.193-0.307)

<sup>a</sup> Rawls, W.J., D.L. Brakensiek, and K.E. Saxton. 1982. Estimation of Soil Water Properties. *Transactions of the ASAE*, 25(5):1316-1320, 1328.

### Soil Water Retention Parameter n VN

Soil Type	VN <sup>a</sup>
Silty Clay Loam	1.23
Sandy Clay Loam	1.48
Silty Clay	1.09

<sup>a</sup> Carsel, R.F. and R.S. Parrish. 1988. Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. *Water Resour. Res.*, 24:755-769.

### Porosity NS (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

Soil Texture Class	NS (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>
Silty Clay Loam	0.471 (0.418-0.524)
Sandy Clay Loam	0.398 (0.332-0.464)
Silty Clay	0.479 (0.425-0.533)

<sup>a</sup> Rawls, W.J., D.L. Brakensiek, and K.E. Saxton. 1982. Estimation of Soil Water Properties. *Transactions of the ASAE*, 25(5):1316-1320, 1328.

I valori per i vari parametri sono riportati nella seguente tabella:

Parametri	Terreni		
	silt clay loam	Sandy clay loam	Silt clay loam
<b>Conducibilità idraulica a saturazione</b> (m/day)	0,048	0,072	0,024
<b>Contenuto d'acqua a saturazione</b> (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0,43	0,39	0,36
<b>Contenuto d'acqua residuale</b> (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0,089	0,1	0,07
<b>Punto di appassimento</b> (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0,208	0,257	0,387
<b>Capacità di campo</b> (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0,2542	0,148	0,25
<b>Contenuto d'acqua iniziale</b> (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	0	0	0
<b>Capacità di ritenzione</b>	1,23	1,48	1,09
<b>Porosità (%)</b>	0,471	0,398	0,479
<b>Peso dell'unità di volume</b> (g/m <sup>3</sup> )	1,4	1,6	1.02

Tabella 5.3: Principali caratteristiche dei suoli in esame.

## Parametri dei pesticidi

Gli input relativi ai pesticidi riguardano le caratteristiche fisico-chimiche degli stessi e le modalità di distribuzione (periodo, quantità, metodologia e profondità di applicazione).

Queste ultime sono relative sia alla superficie topografica, che alla presenza dello strato foliare; il modello consente inoltre di imporre la presenza di una concentrazione iniziale di pesticida nel suolo.

Per quanto riguarda la definizione del “pesticida tipo” considerato nell’ambito delle simulazioni, ci si è basati sulle osservazioni dei dati relativi alle concentrazioni di sostanze pericolose nelle acque superficiali della Toscana Nord-orientale e fatti pervenire all’APAT nell’ambito di un progetto di monitoraggio delle Regioni, il composto con concentrazioni superiori ai limiti normativi risulta essere l’**Endosulfan**.

Ci si è basati anche sull’elenco dei composti effettivamente utilizzati per la coltivazione della coltura considerata in questa simulazione, desunti da pubblicazioni specifiche.

Determinati il composto a maggiore rilevanza, ci si è trovati di fronte al problema dell’individuazione nella letteratura scientifica di alcuni parametri, stante l’elevato dettaglio richiesto dal programma IPTM-CS.

Per quanto riguarda le modalità di distribuzione dei fitosanitari, sono state ipotizzate due applicazioni una a fine maggio dopo la potatura e a febbraio in corrispondenza dell’aratura del terreno. La definizione della posologia è stata desunta sulla base dei valori previsti e consigliati per ogni singolo composto: 5-8 kg/ha per trattamenti localizzati, 25-45 kg/ha per trattamenti in pieno campo contro tutti gli insetti del terreno.

Il programma fornisce un calcolatore per calcolare *il coefficiente di distribuzione* dei pesticidi nel suolo, e richiede alcune caratteristiche chimiche dei pesticidi, anche queste sono state stimate usando le tabelle all’interno del programma.

Water Solubility  $S_w$  (20-25° C)

Chemical Name	Water Solubility $S_w$ (mg/L)	References
Endosulfan	0,32	a

References:

- a. Hornsby, A.G., R.D. Wauchope, and A.E. Herner. 1996. Pesticide Properties in the Environment. Springer, New York.

### Organic Carbon Partition Coefficient $K_{oc}$

Chemical Name	$K_{oc}$ (ml/g O.C.)	References
Carbaryl	12,400	a

### References

a. Hornsby, A.G., R.D. Wauchope, and A.E. Herner. 1996. Pesticide Properties in the Environment. Springer, New York

b.

Anche per stimare la *Costante di Herry*, si ha a disposizione un calcolatore che necessita dei seguenti valori:

### Vapor Pressure, VP (Note: 1 mm Hg = 133.322 Pa)

Chemical Name	Vapor Pressure (mm Hg)	Vapor Pressure (Pa)	References
Endosulfan	1.70E-07	2.266E-05	a

### References

a. Hornsby, A.G., R.D. Wauchope, and A.E. Herner. 1996. Pesticide Properties in the Environment. Springer, New York.

### Molecular Weight MW

Chemical Name	Molecular Weight MW (g/mol)	References
Endosulfan	406.91	a

### References:

a. Hornsby, A.G., R.D. Wauchope, and A.E. Herner. 1996. Pesticide Properties in the Environment. Springer, New York.

Per stimare il *First Order Decay Rate* (1/d), si ha bisogno del *Half life* i cui valori sono di seguito riportati:

### Half-Life, HL (days)

Chemical Name	Half-Life (days)	Reference
Endosulfan	50	a

References : a. Hornsby, A.G., R.D. Wauchope, and A.E. Herner. 1996. Pesticide Properties in the Environment. Springer, New York.

Dispersivity (m), DPS

Material	DPS (m) <sup>a</sup>	Migration Distance (m) <sup>a</sup>
Sand and gravel with clay lenses, alluvial	12	1,000

<sup>a</sup> Spitz, K. and J. Moreno. 1996. A Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Per stimare il *First-Order Decay/Volatilization rate in Canopy*, si è usato il valore di 0,33 (1/d) .

*Diffusion Coefficient of Dissolved pesticide in Pure Water (m<sup>2</sup>/d)*: DW = 0.000043 m<sup>2</sup>/d (Jury et al. 1983). Stimato per tutti i pesticidi.

*Diffusion Coefficient of Vapor Pesticide in Free Air (m<sup>2</sup>/d)*: DA = 0.43 m<sup>2</sup>/d (Jury et al. 1983). Anche questo è un valore valido per tutti i pesticidi

*Thickness of the Air Boundary Layer (m)*: BAS= 0.005 m (Jury et al. 1991). Anche questo è un valore valido per tutti i pesticidi.

### **Parametri vegetazionali**

La corretta simulazione dei fenomeni non può prescindere dalla esaustiva modellazione della componente vegetazionale.

Dopo aver fatto una studio sui principali prodotti coltivati nell'area studiata vale a dire la Toscana Nord-orientale in corrispondenza del bacino del Mugello, ai fini della simulazione si è deciso di utilizzare i dati vegetazionali relativi all'ulivo(coltura, tipica di questa zona).

Il programma richiede l'inserimento dei seguenti parametri:

- coefficiente di traspirazione;
- indice di copertura fogliare;
- indice di crescita;
- coefficiente colturale;

I dati in questione sono stati desunti dalla bibliografia agronomica e dal batabase del programma che in questo caso, e nel caso dei dati relativi ai pesticidi, ci è stato di fondamentale aiuto.

Si sono considerate le seguenti fasi fenologiche:

- Semina;

- Emergenza;
- massimo sviluppo vegetativo
- inizio formazione tuberi;
- ingiallimento fogliare.

Il programma non fornisce valori sul *coefficiente di traspirazione* indica solo il fatto che esso è compreso  $0 < TCOE > 1$ . per poterlo stimare si è fatto riferimento ad un grafico dove sono riportati, sulle ascisse, i valori del potenziale di traspirazione; sulle ordinate la percentuale di umidità del suolo, e all'interno sono disegnate le curve di evapotraspirazione giornaliera in millimetri..

Analizzando il grafico si è visto che, per valori di umidità del terreno superiori al 30%, il valore del potenziale di traspirazione, considerata una curva a evapotraspirazione media, non variava di molto, si è considerato così il valore medio di  $TCOE=0,8$ . ([www.edu](http://www.edu))

*Plant Leaf Area Index* ( $m^2/m^2$ ); per questo valore ci sono dati di riferimento solo nel caso in cui la copertura fogliare è tale da coprire appunto tutta la superficie del suolo il valore da inserire in questo caso è  $PINX=1$ ; dato che in bibliografia non è stato trovato nessun articolo o grafico o studio che indicasse tale valore riferito alla coltura dell'ulivo si è fatta l'assunzione di un valore pari a  $PINX=0,5$ .

#### Canopy Interception Capacity STGC (cm)

Crop Type	Density	STGC (cm) a
ulivo	Moderate	0.20-0.25

<sup>a</sup> Carsel, R.F., J.C. Imhoff, P.R. Hummel, J.M. Cheplick, and A.S. Donigan, Jr. 2003. PRZM-3, A Model for Predicting Pesticide and Nitrogen Fate in the Crop Root and Unsaturated Soil Zones: Users Manual for Release 3.12. National Exposure Research Laboratory, USEPA.

### Parametri idrologici

Il modello richiede come input l'altezza di pioggia e l'evapotraspirazione potenziale; questi parametri, relativi al bilancio idrologico dell'anno medio, sono stati calcolati utilizzando i dati di temperatura e precipitazione della stazione di Le Croci.

Il programma di calcolo consente di simulare gli effetti dell'erosione del suolo, che in questo caso non sono stati considerati visto che siamo in zona pianeggiante.

I dati relativi all'irrigazione, al Curve number e al fattore di copertura del suolo, sono stati stimati attraverso documentazione bibliografica e le tabelle all'interno del programma.

Per quanto riguarda l'irrigazione, si sono considerati i valori di precipitazione dei mesi di giugno luglio e agosto 2002 e riportati nei database APAT.

Runoff Curve Numbers for Cultivated Agricultural Lands <sup>(1)</sup>

Cover description			Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Treatment <sup>(2)</sup>	Hydrologic condition <sup>(3)</sup>	A	B	C	D
Row crops	Straight row (SR)	Good	67	78	85	89

<sup>(1)</sup> Average runoff condition, and  $I_a = 0.2S$ .

<sup>(2)</sup> *Crop residue cover* applies only if residue is on at least 5% of the surface throughout the year.

<sup>(3)</sup> Hydrologic condition is based on combination of factors that affect infiltration and runoff, including (a) density and canopy of vegetative areas, (b) amount of year-round cover, (c) amount of grass or close-seeded legumes in rotations, (d) percent of residue cover on the land surface (good  $\geq 20\%$ ), and (e) degree of surface roughness.

*Poor*: Factors impair infiltration and tend to increase runoff.

*Good*: Factors encourage average and better than average infiltration and tend to decrease runoff.

Per la simulazione si è considerato il valore relativo a: B Soils having moderate infiltration rates even when thoroughly

> wetted and consisting chiefly of moderately deep to deep, moderately

> well drained to well drained soils with moderately fine to moderately

> coarse textures./

## 6. Conclusioni

L'indagine svolta nell'ambito dello studio presentato ha interessato vari aspetti del rapporto tra attività antropiche ed evoluzione ambientale, e l'obiettivo è stato quello di raccogliere nuove informazioni che descrivessero meglio il livello di qualità della risorsa idrica.

Un simile intento ha comportato l'analisi dei caratteri idrologici e idrogeologici, per questo sono stati raccolti e analizzati i dati pregressi, riferiti agli ultimi nove anni (1995-2003), di temperatura e precipitazione per capire se si fossero verificati dei cambiamenti climatici, che potrebbero aver influito sulla disponibilità delle risorse idriche.

E' stato osservato un progressivo aumento delle temperature ed ampie oscillazioni delle precipitazioni con la tendenza a concentrarsi nel periodo ottobre-maggio, mentre in estate si riducono progressivamente, le precipitazioni negli ultimi due anni mostrano un netto aumento.

Per quanto riguarda le precipitazioni, quelle relative alla stagione estiva e quelle annuali in genere, dopo un massimo raggiunto intorno al 1996, subito dopo mostrano un decremento abbastanza accentuato e repentino per poi stabilizzarsi dal 1998 al 2001.

Se si tengono in considerazione i limiti di concentrazione imposti dalla normativa vigente, per la quale, i valori di concentrazione ammissibili per le sostanze pericolose contenuti nell'allegato A del Decreto del 6 novembre 2003, n. 367, sono di 0,0001 µg/l entro il 2008 e 0,00001 µg/l entro il 2015 per un pesticida come l'endosulfan, si capisce bene come le concentrazioni rilevate nelle acque superficiali della regione Toscana non siano da sottovalutare.

Posto che il tempo (**tempo d'arrivo**) per arrivare in falda, impiegato da un inquinante, sversato sulla superficie del terreno, dipenda dall'azione di filtroprotezione del suolo e dei sedimenti posti al disopra della tavola d'acqua, si è ritenuto opportuno condurre delle analisi granulometriche su alcuni suoli affioranti nella zona della simulazione .

Essendo impossibile recarsi personalmente in quell'area, si sono analizzate le mappe geologiche e litologiche riportanti le informazioni sulle litologie presenti nella zona dove sono state campionate le acque e che è stata utilizzata nella simulazione (nord-est Toscana).

I terreni affioranti sembrano appartenere alle classi :

-Silty Clay Loam;

-Sandy Clay Loam;

-Silty Clay;

I dati sui suoli, quelli sulle colture e sui pesticidi, i dati sulle precipitazioni e sull'evapotraspirazione, sono stati utilizzati per valutare l'andamento delle concentrazioni dei pesticidi nel tempo e nel suolo mediante l'applicazione del programma di calcolo IPTM-CS.

Le curve rappresentate nella simulazione mostrano tutte un andamento molto simile nonostante si riferiscano a tre distinti tipi di litologie (Silty Clay Loam, Sandy Clay Loam e Silty Clay).

I risultati di tali simulazioni hanno messo in evidenza alcuni aspetti comuni: in primo luogo per tutti si nota un picco massimo di concentrazione, che ha valori elevati, in corrispondenza della loro applicazione; scendendo in profondità, il picco di concentrazione si attenua mentre si osserva un leggero spostamento dello stesso, nel tempo.

L'attenuazione del picco corrispondente all'applicazione è quasi repentina per profondità fino a 0,81 m per profondità maggiori lo smorzamento è meno evidente anzi intorno a 1,00m si nota una ripresa di tale picco.

Alla fine del ciclo annuale tutte le curve non tendono ad uno stesso valore di concentrazione, si registrano concentrazioni elevate solo per strati superficiali (profondità di ~ 0,46-0,56 m dal piano campagna).

Osservando le curve si può ritenere che anche gli strati oltre il mezzo metro di profondità, in seguito ad applicazioni del pesticida successive nel tempo (diversi anni), mostrino fenomeni di accumulo tali da provocare il superamento dei limiti normativi con possibile contaminazione della falda sottostante.

Al fine di evitare tale rischio, sarebbe opportuno utilizzare sostanze che mostrino un adeguato decadimento tra un'applicazione e la successiva, in funzione anche della natura dei suoli, della tipologia colturale e del regime idrologico

# Bibliografia

BERETTA G.P.; Idrologia per il disinquinamento delle acque sotterranee; 1990, Pitagora editrice, Bologna.

BERETTA G.P.; GALLI A.; PEZZERA G.; Influenza della struttura idrogeologica della pianura bergamasca sull'inquinamento da atrazina delle acque sotterranee, Acque sotterranee, 1989, 22, Milano.

CALVET R.; Behavior of pesticides in the unsaturated. Absorption and transport phenomena, in: pollutants in porous media, 1984, Springer-Verlag, Berlino.

CARLUCCI G.; Cromatografia liquida ad alta efficienza (HPLC), applicazione dell'analisi di farmaci in matrici biologiche, 2000, libreria universitaria dell'Aquila.

CAVALLINA, CERRUTI P., MANCUSON; Atti della riunione dei ricercatori di Geologia (pagg. 3-7).

D.lgs. 275 del 16 luglio 1993. Riordino in materia di concessione di acque pubbliche.

D.lgs. n. 152 del 11 maggio 1999. Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/676/Cee concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/Cee relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

Del RE ATTILIO A.M.: Valutazione della vulnerabilità degli acquiferi da agrochimici. (CNR, GNDCI)

GIORDANI & BALDONI, Coltivazioni erbacee, 1989, Patron Editore.

GUIDE GEOLOGICHE REGIONALI, Appennino Tosco-Emiliano, a cura della Società Geologica Italiana

GRIMALDI ACHILLE, Agronomia (edizioni Agricole Bologna).

HORNSBY, A.G., R.D. WAUCHOPE, AND A.E. HERNER (1996). Pesticide Properties in the Environment. Springer, New York.

Legge 10 maggio 1976, n.319 (Merli). Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.

PANELLA ADELMO, Elementi di agricoltura. Edizione Edagricole.

VICHI M., BACCI E., Tossicologia, 1990, Zanichelli.

Valutazione della vulnerabilità degli acquiferi da agrochimici  
VII Conferenza Regionale sull'Ambiente LA TOSCANA E L'AMBIENTE  
Strategie per la sostenibilità e integrazione delle politiche AGRICOLTURA SOSTENIBILE E  
CONSUMI IDRICI (STEFANIA NUVOLI – A.R.S.I.A.  
PAOLO MATINA – Regione Toscana)

WORKSHOP: PIANO NAZIONALE DI CONTROLLO DEGLI EFFETTI AMBIENTALI DEI PRODOTTI FITOSANITARI (Roma 16-17 febbraio, 2006, APAT). Dispense.

SITI INTERNET CONSULTATI:

[www.arsiatoscana.it](http://www.arsiatoscana.it)

[www.eufic.org](http://www.eufic.org)

[www.agrocare.com](http://www.agrocare.com)

[www.syrres.co](http://www.syrres.co)

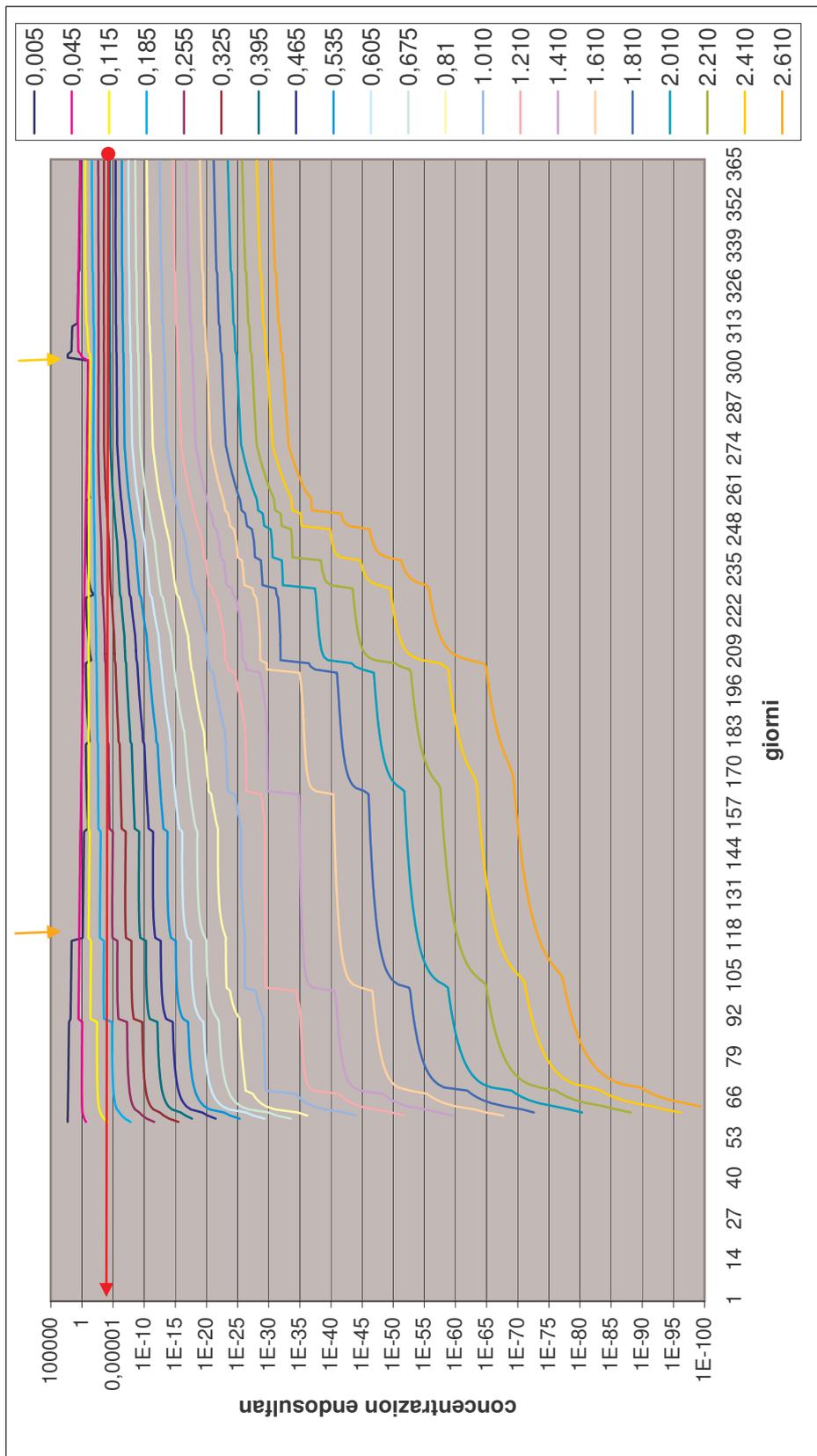
[www.chemfinder.com](http://www.chemfinder.com)

[www.sito.regione.campania.it](http://www.sito.regione.campania.it)

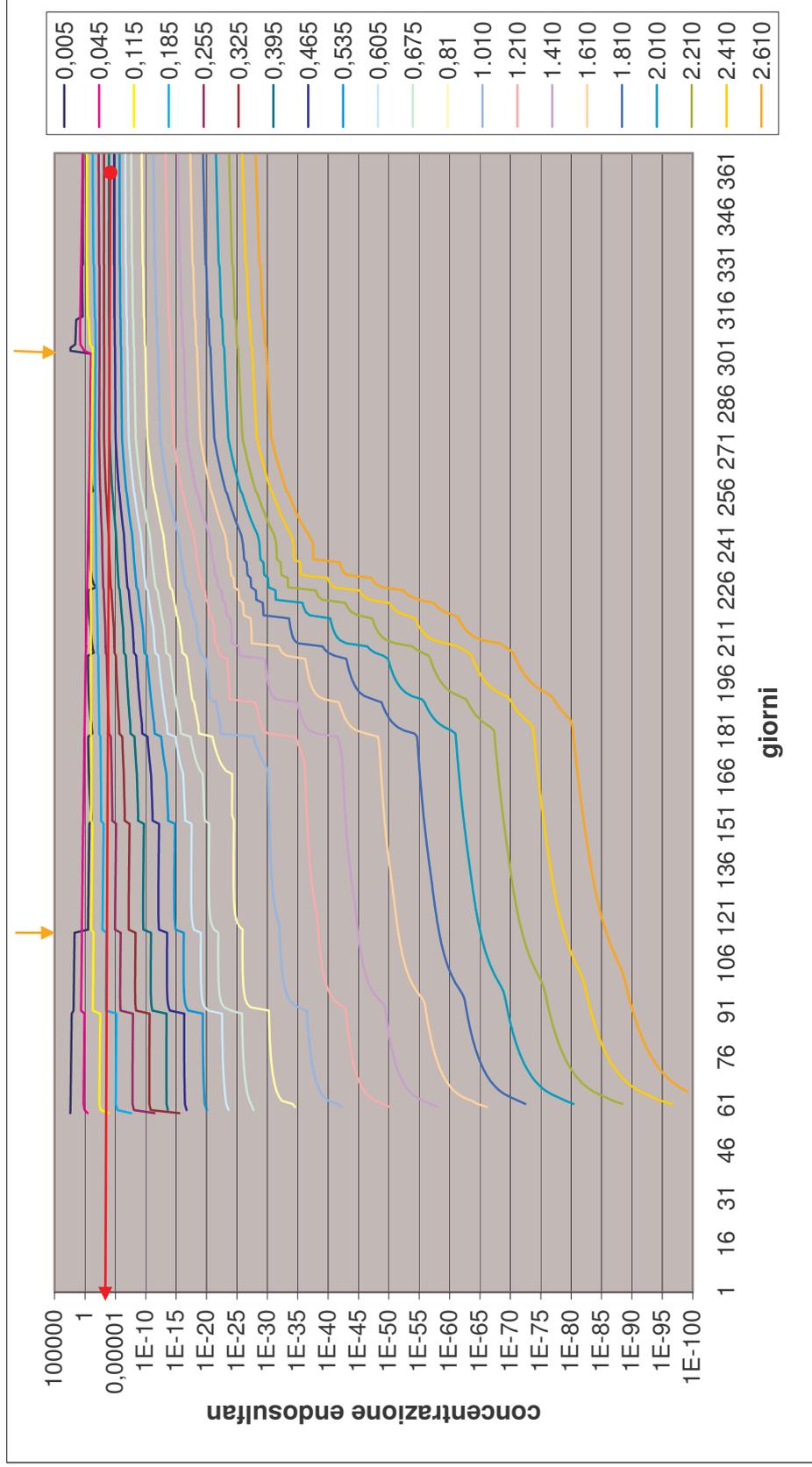
[www.sar.sardegna.it](http://www.sar.sardegna.it)

[www.ilpolliceverde.it](http://www.ilpolliceverde.it)

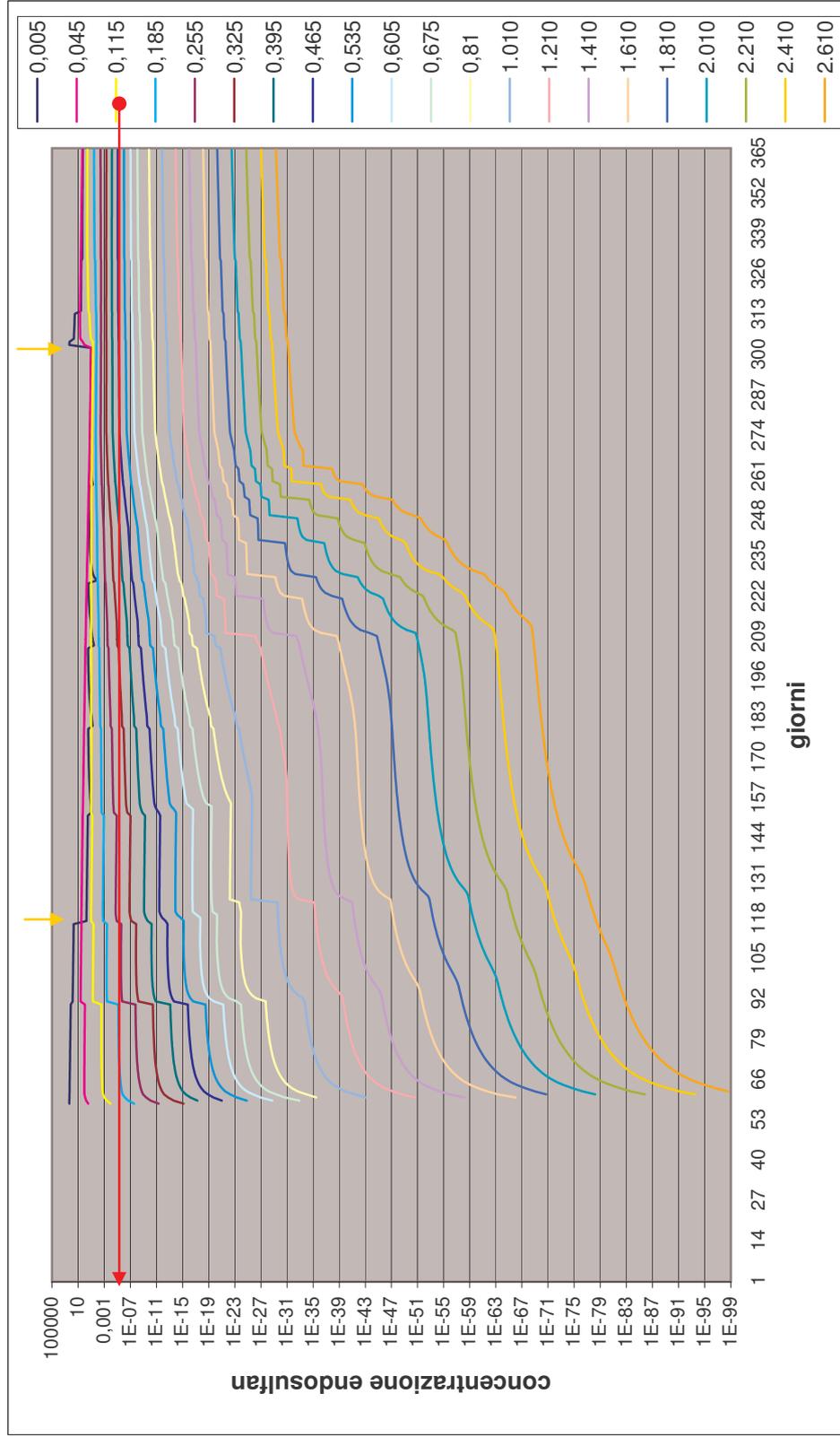
[www.efsa.eu.int](http://www.efsa.eu.int)



Allegato 2: Simulazione del pesticida Endosulfan nel terreno Sandy Clay Loam; la freccia in rosso indica il momento dell'applicazione in rosso è riportato anche il limite stabilito per questo pesticida nell'allegato del decreto del novembre 2003 n. 367



Allegato 1: Simulazione del pesticida Endosulfan nel terreno Silt Clay Loam; la freccia in rosso indica il momento dell'applicazione in rosso è riportato anche il limite stabilito per questo pesticida nell'allegato del decreto 6 novembre 2003 n. 367



Allegato 3: Simulazione del pesticida Endosulfan nel terreno Silt Clay; la freccia in rosso indica il momento dell'applicazione in rosso è riportato anche il limite stabilito per questo pesticida nell'allegato del decreto 6 novembre 2003 n. 367