

***“Piano di controllo degli effetti dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili”*: georeferenziazione dei dati sulle acque sotterranee.**

Dott. Fabrizio Biancucci

Tutor: Fabio Baiocco
Con la collaborazione di Alessandro Troccoli

PREFAZIONE

ABSTRACT

1.0 INTRODUZIONE

1.1 Pericolosità dei Pesticidi

1.2 Effettivo riscontro della pericolosità dei pesticidi sulla salute umana

1.3 Fonti e vettori di esposizione a pesticidi

PARTE A: QUADRO GENERALE SUI PRODOTTI FITOSANITARI

2.0 QUADRO NORMATIVO

2.1 Fonti d'informazione

2.2 Istituzioni di riferimento

3.0 - ATTIVITA AGRICOLE

3.1 Usi Civili e usi agricoli delle acque

3.2 Disponibilità delle risorse idriche

4.0 - FONTI D'INQUINAMENTO

4.1. Eutrofizzazione delle acque

4.2 Contaminazione biologica e microbiologica

4.3 La contaminazione chimica

4.4 Carichi inquinanti depurabili e carichi inquinanti non depurabili

5.0 DISTRIBUZIONE DEI FITOSANITARI IN ITALIA

5.1 Danni sull'ambiente

5.2 processo di nitrificazione

5.3 Inquinamento delle acque sotterranee

6.0 DIFFUSIONE DEI PRODOTTI FITOSANITARI

6.1 Pesticidi più usati in Italia

6.2 Lettura critica dei dati di origine epidemiologica

6.3 Danni effettivi sulla salute dell'uomo

6.4 1986, il caso dell'atrazina

6.5. Provvedimenti adottati

PARTE B: - CARTOGRAFIA DELLE AREE VULNERABILI

7.1 Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi

7.2 Vulnerabilità specifica

PARTE C: PIANO NAZIONALE DI CONTROLLO DEGLI EFFETTI AMBIENTALI DEI PRODOTTI FITOSANITARI

8.1 Riferimenti normativi

8.2. Selezione dei corpi idrici e dei punti di campionamento

8.3. Obiettivo del piano triennale

8.4. Schema di trasmissione dei dati

PARTE D – GEOREFERENZIAZIONE

9.1 Proiezioni geografiche

9.2 Sistemi di riferimento

PARTE E – LA METODOLOGIA

10.1 Dati di partenza

10.2 Bonifica dei dati

10.3 Sistema di georeferenziazione

10.4 Il Data Base

10.5 Passaggio dal Data Base al GIS

CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

PREFAZIONE:

Lo stage oggetto della presente tesi è stato svolto all'interno della struttura di APAT che gestisce il Modulo Nazionale SINAnet, cioè il centro di coordinamento per i flussi informativi che devono essere resi disponibili a livello nazionale. L'attività principale riguarda l'armonizzazione dei dataset provenienti da diverse realtà regionali, concordando il contenuto informativo e georeferenziando correttamente i dati, in modo da rappresentarli su di un unico sistema di riferimento cartografico, così come richiesto da accordi nazionali e internazionali. L'obiettivo è quello di rendere accessibili i dati sullo stato dell'ambiente e di poter effettuare analisi integrate a vari livelli, dal decisore politico fino al cittadino, attraverso la realizzazione del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA).

Nel presente studio è stata effettuata una ricerca finalizzata a descrivere lo stato dell'arte dell'utilizzo dei prodotti fitosanitari in Italia e delle norme che regolamentano il settore. Successivamente è stato analizzato il flusso informativo relativo al *Piano nazionale di controllo degli effetti ambientali dei prodotti fitosanitari*, le cui informazioni sono state messe a disposizione dal *Settore sostanze pericolose del Dipartimento nucleare – rischio tecnologico e industriale* dell'APAT con l'ausilio del *Servizio raccolta e gestione dati del Dipartimento tutela delle acque interne e marine* che gestisce il *repository* dei dati. Di questi dati inviati dalle Regioni sono stati elaborati, attraverso l'utilizzo di tecnologie informatiche, quelli relativi al monitoraggio delle acque sotterranee, in modo da uniformarli e georeferenziarli. La metodologia applicata ha permesso di avviare il processo per ottenere una corretta rappresentazione cartografica delle informazioni sul territorio nazionale.

ABSTRACT:

Questo lavoro ha lo scopo di contribuire all'attività di individuazione di un procedimento d'indagine incentrato sull'analisi dei dati 2003 riguardanti il *Piano di controllo e la valutazione di eventuali effetti derivanti dall'utilizzazione dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili*, definito secondo l'accordo tra i Ministri della salute, dell'Ambiente e della Tutela del territorio, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano dell'8 maggio 2003.

L'approccio di analisi utilizzato si basa sullo studio delle principali caratteristiche dei fitosanitari, la loro importanza e il danno che possono arrecare all'uomo e all'ecosistema con brevi accenni alle relazioni di interdipendenza di causa-effetto che s'instaurano fra le numerose variabili descrittive.

L'obiettivo è di classificare le variabili per ogni regione e di procedere, con le informazioni disponibili, ad una rappresentazione in forma cartografica di indicatori delle suddette variabili descrittive del livello d'inquinamento da fitosanitari presente nelle regioni prese in esame.

Lo studio delle caratteristiche e delle problematiche specifiche dei pesticidi richiede l'integrazione dei temi di studio specifici della salute, dell'ambiente, della cartografia e di non trascurare tutte quelle azioni ed opere dell'uomo orientate all'uso di pesticidi (emblematico il caso in Italia dell'atrazina nel 1986).

Ciò ha portato alla costruzione di un processo di lavoro informatico, che ha visto diversi passaggi nel tempo dalla bonifica dei dati, passando per la costruzione di un database, alla visualizzazione attraverso programmi GIS.

La limitazione cui ci si è trovati di fronte è stata la quantità di dati non omogenea e il poco tempo a disposizione per effettuare una ricerca approfondita sui dati necessari ad un'analisi esauriente di tutte le componenti che richiederebbe.

L'obiettivo principale di questo lavoro è stato oltre ad individuare un procedimento per poter affrontare in modo sistematico una prima analisi dei dati dal punto di vista informatico, era quello di creare una banca dati disponibile a vari livelli. Successivamente sarà strumento utile per effettuare interrogazioni e analisi dei dati.

I risultati ottenuti sono soddisfacenti e consentono di portare avanti il lavoro, anche per i dati che arriveranno in APAT nei prossimi anni.

ABSTRACT:

This work has the purpose of contributing to the activity of determination of a procedure of inquiry centered on the analysis of the data 2003 checking the Plan of control and the evaluation of eventual effects being derived from the use of the produced pesticides on the environmental distributions vulnerable, defined according to the agreement between the Ministers of the health, of the environment and of the Protection of the territory, the regions. The approach of analysis used is based on the study of the main features of the pesticides, their importance and the damage that can bring to the man and to the ecosystem with short hints to the connections of interdependent of cause-effect that establish themselves between the numerous descriptive variables. The objective is to sort the variable for every region and of to proceed, with the available information, to a representation in shape cartographia of guides of the abovementioned descriptive variables of the level of pollution from present pesticides in the regions taken in examination. The study of the features and of the problematic specific of the pesticides asks for the integration of the specific subjects of study of the health, of the environment, of the cartographia and of not to neglect all those actions and works of the man orientated to the use of pesticides (symbolic the case in Italy of the atrazina in 1986). That it carried to the construction of a work trial computer, that it saw different passages in the time from the discount of the data, passing for the construction of a database, to the display across programs GIS. The limitation that has found us opposite was the not homogenous quantity of data and the little time available to carry out a search deepened on the necessary data to an exhaustive analysis of everything the components that would ask for. The main objective of this work was beyond to individualize a procedure to be able to confront in systematic manner a first analysis of the data from the computer point of view, was that of to create an available bank data to varied levels. Subsequently it will be useful tool to carry out questionings and analysis data. The results obtained are satisfactory and agree to carry before the work, also for the data that will arrive in APAT in the next years.

1.0 – INTRODUZIONE:

I fitosanitari comprendono quattro classi principali di sostanze: insetticidi, fungicidi, erbicidi ed altri. L'Europa, che costituisce circa il 40% dell'intero mercato, consuma più di un milione di tonnellate all'anno di pesticidi.

Erbicidi (38%) e fungicidi (33%) rappresentano i tipi di pesticidi più frequentemente usati nei paesi europei.

Fra gli insetticidi si distinguono due principali gruppi:

- Gli insetticidi clorurati
- Quelli organo-fosforici

I primi sono meno tossici per l'uomo, ma permangono inalterati per lunghissimo tempo nell'ambiente, i secondi sono molto meno tossici ma vengono metabolizzati velocemente.

C'è da dire che i problemi di inquinamento ambientale ed alimentare, sorgono quindi principalmente con i composti clorurati.

I fitosanitari attualmente in uso comprendono un ampio spettro di agenti chimici con grandi differenze nei loro modi di azione, assunzione ed eliminazione da parte del corpo umano. La tossicità per l'uomo varia quindi fortemente al variare dei composti e dipende dalla struttura chimico fisica delle molecole.

1.1 Pericolosità dei Pesticidi:

La valutazione della pericolosità dei fitosanitari è ancora oggi oggetto di varie controversie scientifiche che riguardano alcuni meccanismi di neoplasie, la relazione fra valutazione delle prove biologiche sugli animali e i rischi per la salute umana, i potenziali valori di soglia e le differenze fra esposizioni singole e multiple.

I tumori hanno avuto finora la maggiore attenzione come possibili effetti dell'esposizione a pesticidi, ma la preoccupazione per gli effetti riproduttivi e sullo sviluppo è crescente.

L'incidenza di casi acuti di avvelenamento da pesticidi è spesso di difficile valutazione poiché si basa sui dati dei ricoveri ospedalieri, che si verificano solo nei casi più gravi, o sulle notifiche ufficiali delle autorità sanitarie, che di solito sottostimano fortemente l'ampiezza del problema. Comunque, le stime basate sui dati ospedalieri sugli studi di popolazione suggeriscono che il totale mondiale dei casi di avvelenamento acuto

accidentale con conseguenze gravi supera probabilmente il milione/anno, con una incidenza delle esposizioni professionali che costituiscono il 70%.

Molti pesticidi sono altamente o moderatamente tossici per i mammiferi, incluso l'uomo. Intossicazioni acute possono essere causate da incidenti, esposizioni non intenzionali. Molti sono gli organi e i sistemi di organi che possono essere colpiti in seguito ad esposizione acuta a composti delle principali classi di pesticidi.

1.2 Effettivo riscontro della pericolosità dei pesticidi sulla salute umana:

Fino agli anni '80 la maggior parte delle informazioni di tipo tossicologico sui pesticidi proveniva da esperimenti su animali che hanno fornito consistenti indicazioni della possibile pericolosità dei pesticidi per la salute umana.

L'accertata pericolosità di alcuni pesticidi sugli animali di laboratorio, unita all'evidenza epidemiologica, sembra sufficiente a indicare che l'esposizione a pesticidi sia non desiderabile e accresca verosimilmente il rischio oncogeno per alcuni tipi di tumore, come dimostrano alcuni studi condotti dal Ministero della Sanità nel 1993.

Molti studi epidemiologici hanno indagato la possibile associazione tra esposizione a pesticidi e tumori specifici, ma un'associazione fra esposizione e cancro è stata stabilita solo per i pesticidi a base di arsenico e il tumore al polmone, come dimostra uno studio condotto dal Ministero della Sanità Pubblica Italiana nel 1991. Mentre in tutti gli altri casi le prove non sono state conclusive.

Tale studio ha valutato inoltre molti pesticidi, concludendo che vi è evidenza, anche se limitata della probabilità di insorgenza di tumori per l'uomo in diversi tipi di pesticidi:

- Amitrole,
- Chlordane/heptachlor
- Clorofenoli
- Creosotes
- DDT
- Ethylene
- Mirex

Nonché esposizione professionale a insetticidi.

Fra i pesticidi (fitofarmaco) più pericolosi, l'Atrazina è stata classificata dal Ministero della Salute Italiano come possibile cancerogeno per l'uomo (Gruppo 2B).

1.3 Fonti e vettori di esposizione a pesticidi:

L'esposizione a pesticidi riguarda sia numerosi gruppi di lavoratori che la popolazione. Non c'è dubbio che i lavoratori dell'industria sono di solito esposti a un numero limitato di pesticidi, che però sono in forma di sostanza concentrate miste a prodotti intermedi e altri agenti chimici.

L'esposizione avviene in ambienti chiusi, principalmente per inalazione, e il livello di esposizione è piuttosto stabile e imprevedibile.

I lavoratori del settore agricolo per contro, usano molti pesticidi diversi, con ingredienti diluiti e per periodi limitati nel tempo. La durata dell'esposizione in ambito agricolo va tipicamente da qualche giorno ad uno o più mesi all'anno. Con l'eccezione degli applicatori professionali per i quali la durata dell'esposizione può avvicinarsi a quella dei lavoratori dell'industria.

L'intensità dell'esposizione in agricoltura è quindi estremamente variabile. Ciò rende la valutazione dell'esposizione difficile e fortemente legata a determinanti individuali e locali. L'esposizione tramite la pelle, che può essere più semplice da controllare nell'industria, è risultata la più importante in ambito agricolo.

Concludendo la popolazione generale può essere esposta a pesticidi in molti modi ma l'ingestione di residui di pesticidi tramite gli alimenti e l'acqua potabile, a seguito del loro uso estensivo in agricoltura, rappresenta la via principale di potenziale esposizione.

PARTE A – QUADRO GENERALE SUI PRODOTTI FITOSANITARI:

2.0 - QUADRO NORMATIVO:

Esiste un'ampia normativa di carattere tecnico che definisce i criteri per un razionale uso delle acque sia superficiali che sotterranee, vengono stabiliti alcune modalità di realizzazione delle infrastrutture per la sua utilizzazione e vengono indicati alcuni requisiti dei materiali d'uso. Alcuni importanti criteri generali per il corretto e razionale

uso delle acque sono discussi a partire dalla Deliberazione del 7 febbraio 1977 del Ministero dei lavori Pubblici, fino alla più recente Legge 36 del 1994. Le acque devono rispondere ai requisiti minimali previsti dalle norme vigenti a seconda delle particolari utilizzazioni alle quali sono destinate. Altre norme molto importanti sono quelle relative alla tutela delle acque dall'inquinamento, che includono, fra l'altro le norme sugli scarichi idrici regionali e sulla modalità della depurazione delle acque reflue, spesso inquinate da fitosanitari. Norme non meno importanti riguardano la difesa del suolo e la gestione delle acque del territorio (Decreto legislativo 152 del 1999; Decreto legislativo 194 del 1995; Accordo regionale del 2003).

2.1 Fonti d'informazione:

Le tipologie di dati che rivestono interesse nel contesto della valutazione dello stato delle acque e degli effetti sulla salute della contaminazione delle acque sono molteplici; le principali sono quelle relative:

- Alle attività di controllo ufficiale e monitoraggio delle acque potabili (DPR 236/1988).
- Ai livelli di contaminazione delle acque diverse da quelle potabili e di altri compartimenti ambientali che contribuiscono alla contaminazione delle acque e all'esposizione dell'uomo.
- Allo stato di salute della popolazione ed in particolare ai casi di malattie infettive e loro manifestazioni epidemiche.
- Alle valutazioni di sicurezza dei contaminanti.
- A specifiche indagini per valutare l'esposizione della popolazione a particolari contaminanti, tra cui i fitosanitari.

In Italia specialmente negli ultimi anni è migliorato notevolmente il sistema informativo ambientale sia in generale, sia per quanto riguarda le acque (grazie al Decreto Legislativo 152/99). Anche se l'accertamento dettagliato della qualità delle risorse idriche è reso difficile dalla carenza e dalla scarsa comparabilità ed affidabilità dei dati disponibili. Inoltre vi sono problemi di scarsa compatibilità e di eterogeneità nei metodi e nella finalità dei sistemi di rilevamento.

2.2 Istituzioni di riferimento:

E' solo a partire dal Luglio 1986 sono state avviate dal Ministero dell'Ambiente , in collaborazione con le ASL, L'istituto Superiore di Sanità e altri organismi, una serie di attività studio finalizzate all'acquisizione delle conoscenze indispensabili per provvedere ad alcuni atti essenziali di Governo. Le Attività conoscitive del Ministero dell'Ambiente hanno riguardato, in particolare gli studi relativi al Piano Generale di Risanamento delle Acque, la vulnerabilità e qualità delle risorse idriche, i modelli organizzativi e di gestione, gli scarichi in mare aperto di materiali di risulta dei dragaggi e il catasto nazionale degli scarichi in acque superficiali nonché lo stato di qualità di acque nelle aree ad elevato rischio ambientale, per le quali possano essere riportati studi a carattere geografico.

Un importantissimo sviluppo e terreni qui a sottolinearlo, per superare le carenze sussistenti in questi settori è rappresentato dall'approvazione della Legge 21 Gennaio 1994, n. 61, recante disposizioni sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e l'istituzione dell' Agenzia Nazionale per la protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (ora APAT).

Tale agenzia si configura come una vera e propria authority dotata di ampie competenze che consistono in varie attività tecniche e scientifiche connesse alla protezione dell'ambiente.

In particolare le attività consistono:

- Nella promozione della ricerca sugli elementi dell'ambiente fisico, sull'inquinamento, sulle condizioni di rischio e sulla tutela degli ecosistemi.
- Nella raccolta e pubblicazione di dati sulla situazione ambientale.
- Nella elaborazione di dati sullo stato dell'ambiente.
- Nella formulazione alle autorità amministrative e periferiche di proposte sui limiti di accettabilità delle sostanze inquinanti, sullo smaltimento dei rifiuti e sugli interventi per la tutela e il recupero dell'ambiente.
- Nella cooperazione con l'agenzia europea dell'ambiente e con l'Istituto Statistico Europeo.
- Nelle verifiche e nell'efficacia tecnica delle norme in campo ambientale e della documentazione tecnica che accompagna le autorizzazioni richieste dalle leggi in campo ambientale.

- Nei controlli dei fattori dei vari tipi d'inquinamento .
- Nel supporto tecnico e scientifico agli organi preposti alla valutazione e prevenzione dei rischi di incidenti rilevanti connessi ad attività produttive, non ultimo la produzione di fitosanitari.
- Negli studi di supporto della valutazione di impatto ambientale.

Preme in sede sottolineare l'importanza assunta da indagini specifiche effettuate dal Ministero della Salute e dall'Istituto superiore della Sanità per valutare la reale esposizione di gruppi di popolazione a diversi contaminanti chimici, tra cui fitosanitari, in collaborazione con il CNR e da alcuni istituti universitari, studi rivolti ad accertare la reale pericolosità alla salute dell'uomo e dell'ambiente.

3.0 - ATTIVITA AGRICOLE:

Lo sviluppo delle tecniche intensive colturali e di allevamento zootecnico ha aumentato il ricorso ai concimi chimici e ai fitosanitari e la produzione di liquami da smaltire ai danni dell'ambiente, in particolare delle risorse idriche.

Le risorse idriche sono essenziali per la vita e per la tutela della salute umana, indispensabili per molte delle attività produttive agricole e industriali. L'uso delle risorse idriche a fini civili e industriali prevede:

- Il prelievo delle acque mediante apposite opere.
- Il trasferimento negli impianti di trattamento per renderne le caratteristiche rispondenti a quelle previste.
- L'adduzione nei luoghi di utilizzazione.
- L'immissione, delle acque usate (reflue) nelle fogne per trasferirle all'impianto di depurazione per l'abbattimento di carico inquinante.
- Avvio al riutilizzo, ovvero la restituzione all'ambiente sotto forma di scarichi idrici.

L'acqua restituita dai cicli di utilizzazione trasferisce all'ambiente una varietà di inquinanti biologici e chimici la cui natura e quantità dipendono dalle modalità di utilizzazione e dall'efficacia dei sistemi di depurazione adottati.

3.1 Usi Civili e usi agricoli delle acque:

Si usa distinguere due tipi di utilizzo delle risorse idriche il primo è per usi civili e in essi vengono inclusi quelli domestici e condominiali. Gli usi non domestici effettuati in ambito urbano (quali per esempio quelli per le attività produttive artigianali, commerciali e servizi) e quelli derivanti dalla domanda turistica. Il limite inferiore di 90 m³ /anno per una famiglia tipo per gli usi domestici è considerato in Italia una necessità primaria insopprimibile da garantire a tutti i cittadini.

L'altro uso, che poi è quello che ci interessa nella nostra tesi, è quello irriguo che richiede relativamente maggiori quantità di acqua. A parità di condizioni climatiche, i fabbisogni per gli usi irrigui dipendono, fra l'altro dal tipo di coltura, dal grado di concimazione (come è noto i fabbisogni idrici aumentano con l'intensità della concimazione) e dalla tecnica che si usa per l'irrigazione.

In generale il consumo globale di acqua si colloca in Italia su un valore relativamente elevato in Europa e in notevole aumento a partire dal 1986 fino ad arrivare ai giorni nostri; la percentuale dell'acqua destinata all'irrigazione è una delle più elevate del mondo.

3.2 Disponibilità delle risorse idriche:

Acque sotterranee e acque superficiali rappresentano una quota molto importante delle disponibilità idriche del nostro paese e andrebbero tutelate dal punto di vista ambientale e paesaggistico. Se si prende in considerazione il volume medio annuo delle precipitazioni che cadono sull'intero territorio nazionale è di circa 296m³/anno; di questi il 45 % circa ritorna all'atmosfera per evaporazione, mentre il 52% defluisce superficialmente e il 4% circa defluisce per via sotterranea. Le acque sotterranee vengono inquinate principalmente da questo processo che vede come maggiore responsabile il dilavamento meteorico, dopo che il fitofarmaco è stato deposto nell'ambiente.

Nell'Italia meridionale e insulare le risorse idriche sono minori sia perché la piovosità è più bassa, sia perché è più basso il coefficiente di deflusso (inteso come il rapporto tra il volume di acqua defluito e quello affluito alla rete) . Secondo una stima orientativa, l'entità delle risorse idriche potenziali sull'intero territorio nazionale sarebbe pari a 80-

110 miliardi di metri cubi , al netto dei flussi intangibili che occorre comunque lasciare negli alvei per assicurare la depurazione.

Le stime di larga massima, relative alla valutazione dei deflussi superficiali utilizzabili grazie al regime idrogeologico naturale e alle opere di regolamentazione idrica esistenti in Italia e i particolare dei 10miliardi di metri cubi di serbatoi artificiali esistenti , indicano che le risorse idriche superficiali utilizzabili sono nell'ordine di circa 40 miliardi di metri cubi.

Per quanto riguarda le acque sotterranee, le stime disponibili indicano in circa 13 miliardi di metri cubi le risorse sotterranee potenziali, delle quali il:

- 66% nell'Italia del nord.
- 11% nell'Italia centrale.
- 14% nell'Italia meridionale.
- 7% in Sicilia.
- 2% in Sardegna.

Si evince da questo quadro una certa fragilità dell'intero sistema: la disponibilità di acque (sia per quanto concerne le quantità di acque prelevate e quelle disponibili) nel nostro paese, è legata a numerose variabili. In particolare in caso di condizioni atmosferiche sfavorevoli o di situazioni di inquinamento che interessino importanti fonti di approvvigionamento, purtroppo non infrequenti nel nostro paese.

L'inquinamento da fitosanitari può mettere a rischio questo equilibrio, pertanto questo rischio non è certo da sottovalutare.

4.0 - FONTI D'INQUINAMENTO:

L'ambiente idrico come sappiamo ha una certa capacità di reazione all'immissione di scarichi inquinanti mediata da una complessa serie di processi atti a riportare l'acqua allo stato originario. L'immissione eccessiva di inquinanti tende ad inibire i meccanismi di ossidazione e compensativi dei corpi idrici generando fenomeni noti come l'eutrofizzazione e la contaminazione biologica, microbiologica e chimica delle acque sia superficiali che sotterranee.

4.1. Eutrofizzazione delle acque:

E' "Un processo degenerativo" delle acque che consiste in una abnorme crescita di alghe (frequente di più nelle acque di mare, che in quelle dolci) e nella loro successiva liquefazione. L'eutrofizzazione si produce in particolare quando una serie di fattori ambientali favorevoli alla crescita di alghe si manifesta simultaneamente. I più importanti sono quelli relativi alla presenza di sostanze nutritive contenenti fosforo e azoto e quelli climatici tipici della stagione estiva. Il fenomeno consiste nel totale consumo dell'ossigeno disciolto in acqua (anossia) e nel prevalere di forme microbiche capaci di vivere in sua assenza. Vengono prodotti ammoniaca e idrogeno solforati tossici per animali acquatici e l'uomo.

Ora recenti studi dimostrano che il fenomeno dell'eutrofizzazione delle acque possa essere ricondotto alla presenza di pesticidi e fitosanitari. Il fenomeno si attua in presenza di sostanze come il fosforo e l'azoto, che sono contenuti in massima parte nei fitosanitari. Ma la verifica aspetta ancora di avere una conferma definitiva ("Ambiente Italia 2000 Rapporto sullo stato del paese" 2003, Edizioni Ambiente).

4.2 Contaminazione biologica e microbiologica:

Tale contaminazione è causata principalmente dallo scarico nell'ambiente di acque reflue di origine civile e agricola non depurabile. Questi reflui hanno cariche microbiche molto elevate fino ad alcuni milioni di microrganismi per ml, con una significativa presenza di specie patogene per l'uomo. Se queste acque vengono versate senza idonea depurazione in un corpo idrico si possono produrre fenomeni di grave inquinamento ed effetti epidemici di natura infettiva.

I fitosanitari possono contribuire in parte a questo tipo di contaminazione.

4.3 La contaminazione chimica:

Può essere causata soprattutto dall'inadeguata depurazione di scarichi industriali, dal non idoneo smaltimento dei rifiuti di origine industriale e agricola (in particolare modo dai liquami zootecnici e certi tipi di fitosanitari) . Di certo l'inquinamento maggiormente pericoloso riguarda l'acqua destinata al consumo umano e quella per fini irrigui.

Notevole importanza, specialmente per la prevenzione dell'inquinamento delle risorse idriche sotterranee, riveste una corretta gestione dei rifiuti solidi, urbani e di quelli

speciali di origine industriale, tossici e nocivi. La presenza sul nostro territorio nazionale di un grande numero di discariche incontrollate è motivo di allarme. L'acqua piovana entra in contatto con i rifiuti, formando un percolato che potrebbe inquinare le falde sottostanti. I fitosanitari hanno tutte le potenzialità di poter inquinare un'intera falda sotterranea.

4.4 Carichi inquinanti depurabili e carichi inquinanti non depurabili:

Appartengono ai primi quegli scarichi di origine civile o industriale, raccolti attraverso il sistema fognario o altro e trasferiti agli impianti di depurazione.

Gli scarichi liquidi (o acque reflue) di insediamento civili contengono in soluzione o in sospensione principalmente sostanze organiche residue delle attività metaboliche della popolazione (urine e feci), agevolmente degradabili da parte dei microrganismi presenti nell'ambiente e negli impianti di depurazione.

Il carico inquinante viene in genere, indicato in unità di "Domanda biologica di ossigeno" BOD5 . Cioè in termini di consumo di ossigeno di un campione di acqua nell'arco di 5 giorni a seguito dei processi naturali di degradazione biologica . Il valore medio nazionale del carico di origine civile corrisponde a circa 60 grammi di BOD5 per unità di popolazione effettiva.

Gli scarichi idrici di origine industriale contengono, oltre a sostanze organiche come fosforo e azoto una grande quantità di sostanze chimiche, in genere poco biodegradabili la cui natura e quantità dipendono dalla specifica lavorazione effettuata. In Italia esistono numerosi problemi circa l'effettiva capacità di smaltimento dei carichi inquinanti basti pensare che i 5279 depuratori esistenti in Italia hanno una potenzialità di depurazione che supera i 55 milioni di abitanti pari al 96% della popolazione Italiana. Tuttavia se si passa dalle potenzialità al servizio reale offerto ci accorgiamo di come la situazione cambi:

La popolazione effettivamente servita è infatti poco superiore ai 34 milioni di abitanti e la capacità depurativa degli impianti esistenti è utilizzata solo per 2/3 . L'Italia Nord-Orientale gode di livelli più elevati sia rispetto alla potenzialità offerta dal sistema di depurazione (110.06%) che rispetto alla popolazione effettivamente servita (77.9%); mentre la situazione peggiore si registra nell'Italia insulare (27 % di popolazione servita su una potenzialità del 58%); nell' Italia meridionale (53% di popolazione servita su una potenzialità dell'83.4%).

In Emilia Romagna le acque reflue urbane vengono interamente depurate. Le regioni con maggiori problemi sono la Basilicata (regione a forte rischio di desertificazione), Molise e Sicilia.

Ma i fitosanitari appartengono purtroppo al secondo gruppo e cioè ai carichi inquinanti non depurabili, pertanto costituiscono un rischio maggiore per l'uomo e l'ambiente.

5.0 - DISTRIBUZIONE DEI FITOSANITARI IN ITALIA:

Lo sviluppo delle tecniche intensive colturali e di allevamento ha aumentato il ricorso ai concimi chimici e ai fitosanitari e la produzione di liquami zootecnici.

Secondo le fonti ISTAT le regioni che a partire dal 1986 hanno registrato i valori più elevati nei consumi globali di fitosanitari chimici sono quelle del bacino padano (Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna). I carichi inquinanti di origine agricola rilasciati nell'ambiente vengono riversati nelle acque solo in parte. Il fatto che più del 65% del carico inquinante al livello sia concentrato in quattro regioni (Lombardia, Emilia Romagna, Veneto e Piemonte) è molto problematico.

Dal punto di vista della tutela delle acque, anche l'allevamento intensivo comporta problemi gravi a causa del difficile smaltimento dei liquami sul suolo, rendendo indispensabile la realizzazione dei depuratori dei reflui. Non ultimo quello dei concimi azotati aumentato costantemente in particolare nel nord dell'Italia.

5.1 Danni sull'ambiente:

Le colture assorbono parte del concime; i residui che rimangono nel suolo sono esposti a processi di trasformazione e si ripartiscono tra i diversi comparti ambientali secondo le caratteristiche chimiche e fisiche.

Il potassio, i composti fosforici, e la forma organica ammoniacale dei composti azotati (di cui sono composti la maggior parte dei fitosanitari) interagiscono fortemente con le particelle del suolo dalle quali vengono pressoché immobilizzati. La capacità dei suoli di trattenere i composti fosforici dipende dalla formazione di composti relativamente insolubili in alluminio, ferro e calcio. La possibilità di migrazione per questi composti si può verificare soltanto a seguito della saturazione delle interazioni con il suolo. I nitrati invece hanno un diverso comportamento sul suolo essendo molto mobili sia

perchè sono solubili in acqua, sia per la sostanziale assenza di interazioni con la materia organica e le particelle del suolo.

5.2 processo di nitrificazione:

Il danno ambientale più rilevante avviene proprio grazie al processo di nitrificazione, favorito in suoli bene areati dunque anche permeabili. I nitrati passano dal terreno alle falde in un tempo variabile ma mediamente lungo, dell'ordine di anni se non decenni; ciò significa che i livelli attualmente riscontrati nelle falde sotterranee possono non corrispondere ai livelli più intensi di contaminazione e che il fenomeno continuerà nel tempo e nello spazio, anche quando la distribuzione di fitosanitari viene cessata. Inoltre, a causa del lento rinnovo delle falde acquifere un pieno recupero delle loro capacità e qualità può richiedere in questo caso tempi molto lunghi.

5.3 Inquinamento delle acque sotterranee:

I fitosanitari possono così recare un danno irreversibile all'ambiente. Questi in presenza di particolari condizioni geologiche e idrogeologiche che ne favoriscono la percolazione sono:

- Permeabilità del suolo (ad esempio, alto contenuto in sabbia e basso contenuto in materia organica).
- Alta quantità di acqua di infiltrazione.
- Acquiferi superficiali e non confinanti e livelli elevati della falda acquifera.

Le condizioni meteorologiche e ambientali possono influire fortemente sul comportamento dei diserbanti nel suolo. La piovosità locale influisce notevolmente sul movimento dei fitosanitari e in particolare le prime precipitazioni dal momento dell'applicazione hanno un notevole rilievo. Le temperature del suolo e dell'aria influiscono soprattutto rispettivamente sui processi di degradazione e volatilizzazione. Il dosaggio, la frequenza, il periodo e il metodo di applicazione agricola e la formula di un erbicida possono avere un ruolo determinante nella contaminazione delle risorse idriche di un intero territorio.

In alcuni casi si è osservato che il processo di trasferimento di un fitofarmaco dal suolo alla falda acquifera sottostante può essere particolarmente prolungato nel tempo tanto da perdurare per anni.

Una volta raggiunto un corpo idrico, le sostanze chimiche si trasformano a seconda della loro natura e delle diverse condizioni ambientali.

Nei corpi idrici sotterranei la degradazione delle sostanze avviene in genere, molto lentamente. Si è calcolato che in un anno soltanto il 5% circa di una sostanza molto pericolosa, come l'atrazina verrebbe degradato nelle falde acquifere.

6.0 - DIFFUSIONE DEI PRODOTTI FITOSANITARI:

La principale fonte attualmente disponibile di dati sui consumi di fitosanitari è l'elaborazione periodica condotta dall'ISTAT . A questo proposito va evidenziato che:

- a) I dati riportati si riferiscono al prodotto distribuito al commercio e non a quello realmente utilizzato.
- b) I valori sono riferiti ai formulati commerciali (in massima parte ai presidi sanitari) e non ai principi attivi.
- c) Per la maggior parte dei fitosanitari le rilevazioni sono riferite alle classi dei composti, riportando dati disaggregati sui singoli formulati solo per alcuni principi attivi e non per tutti.

E' un dato di fatto che fra il 1971 e il 1987 il consumo di fitosanitari è aumentato del triplo (dati del Ministero dell' Agricoltura). Il consumo dei prodotti fitosanitari in genere, e dei diserbanti in particolare è concentrato in prevalenza in Lombardia, Piemonte, Veneto ed Emilia Romagna per lo sviluppo delle tecniche della monocoltura.

Le quantità globali di questi prodotti utilizzati in Italia ammontavano nel 1995 a 15,2 kg/ha di superficie concimabile, dei quali 8.4 anticrittogamici, 2.7 insetticidi e 2.1 di diserbanti. I diserbanti, in relazione alle caratteristiche dei suoli e alle condizioni climatiche delle regioni in questione, hanno rilevato un elevato potenziale di contaminazione delle falde sotterranee, oltre che delle acque superficiali.

6.1 Pesticidi più usati in Italia:

Escludendo il clorato di sodio che è la sostanza più usata, l'Alaclor acquistato per il 70% in Lombardia, Veneto e Piemonte. Da recenti studi del Istituto della Sanità tale

sostanza è risultata cancerogena nei ratti e potenzialmente cancerogena per l'uomo. L'atrazina, invece, fino a pochi anni prima è stato l'erbicida più venduto, si colloca al settimo posto della graduatoria.

6.2 Lettura critica dei dati di origine epidemiologica:

L'analisi dei dati sui residui, pubblicati negli ultimi anni, evidenzia tutta una serie di limiti che li rendono difficilmente utilizzabili. In particolare, per molti dei composti maggiormente utilizzabili in termini quantitativi e di colture, i dati sui residui sono scarsi o assenti e non riguardano le colture critiche e tutte le derrate nelle quali essi potrebbero essere presenti. Spesso non sono nemmeno riportati i metodi di analisi utilizzati per cui risulta difficile il confronto tra i valori ottenuti in indagini differenti.

Inoltre, in molti casi i dati analitici sui residui negli alimenti presentati sono espressi come "inferiore al limite di tolleranza", mentre l'esatto livello dei residui viene riportato solo in caso di superamento del limite di tollerabilità.

Tutta l'utilizzazione di questi dati avviene tramite l'attribuzione convenzionale di un livello di residui pari alla metà delle CMA quando il dato analitico è riportato come inferiore alla CMA.

6.2 Danni effettivi sulla salute dell'uomo:

Numerosi studi epidemiologici (monitoraggi biologici, studi su mortalità) sulla possibile associazione tra pesticidi e patologie in lavoratori agricoli sono state svolte in diverse aree d'Italia.

Alcuni tra gli studi che hanno cercato di valutare i rischi connessi con attività di tipo agricolo hanno evidenziato eccessi di incidenza o di mortalità per tumori della pelle, del sistema linfatico e del sistema nervoso centrale proprio nei detentori di patentino per l'acquisto di prodotti antiparassitari (Corrao et al., 1989; Forastiere 1993; Figà Talamanca et al., 1993); i risultati di tale ricerca mettono in evidenza che alcuni tumori del sistema nervoso centrale sono stati osservati eccessi di rischio per l'insorgenza di glioma cerebrale in associazione con il lavoro agricolo e specialmente con l'uso pregresso di insetticidi e fungicidi.

6.3 1986, il caso dell'atrazina:

Riguardo a questo pericolosissimo fitofarmaco è storia recente che solo a partire dal 1986, anno in cui il superamento in Lombardia dei livelli di tolleranza nell'acqua potabile prescritti dall'Unione europea e dalla legislazione nazionale ha creato un'autentica situazione di emergenza.

Non è noto, pertanto, per quanto tempo la popolazione italiana interessata sia stata esposta ai diserbanti attraverso l'acqua potabile e a quali livelli. Anche se è possibile ritenere che in alcune situazioni si siano verificate nel passato, forse anche per periodi relativamente lunghi, esposizioni superiori alle linee guida dell'OMS per alcune sostanze.

A seguito di questo episodio tra il 1986 e il 1987 sono stati promossi dall'Istituto Superiore di Sanità e realizzati dai laboratori biologici e chimici dei presidi multizonali di prevenzione di diverse regioni due piani di monitoraggio che hanno permesso di acquisire una notevole mole di dati sulla stato di contaminazione da erbicidi sia per le acque sotterranee che per le acque superficiali.

Tali monitoraggi hanno portato alla luce la presenza di fitosanitari in alcuni importanti acquedotti in Italia e i dati sono stati raccolti nell'ambito di una specifica indagine condotta del Ministero della Sanità. In provincia di Roma, tra il 1987 il 1988, gli erbicidi molinate, Chlorosulfuron e propazina sono risultati assenti o al limite di sensibilità, nelle acque di approvvigionanti di Roma e le principali città e comuni della provincia.

Anche se, sulla base dei dati disponibili alla fine del 1988, in alcune regioni italiane permaneva una situazione di non conformità delle risorse idriche potabili alla normativa vigente per il parametro "antiparassitari e prodotti assimilabili", determinata dalla presenza di alcuni erbicidi.

I dati qui citati, non ci permettono un'adeguata definizione delle reali dimensioni del fenomeno della contaminazione delle acque da fitosanitari. Non si dispone di dati di molte regioni nelle quali potrebbero essere presenti falde acquifere sotterranee vulnerabili e quindi esposte al rischio di contaminazione chimica. Una critica che potrebbe essere mossa con la presente ricerca è che il numero di fitosanitari monitorati è estremamente limitato rispetto a quelli venduti, e non sempre quelli presi in esame

sono stati selezionati sulla base di criteri di priorità quali ad esempio le quantità usate localmente e il potenziale di contaminazione delle falde acquifere sotterranee.

E ancora, la selezione delle risorse idriche potabili da monitorare spesso non è basata su criteri di vulnerabilità a causa delle inadeguate conoscenze delle caratteristiche idriche e geologiche.

6.4. Provvedimenti adottati:

La vastità delle zone e delle popolazioni colpite ha indotto i Ministeri della Sanità e dell'Ambiente ad adottare tutta una serie di provvedimenti che, vietando gli usi agricoli dei fitosanitari in questione nelle zone inquinate, rendono possibile alle regioni di consentire l'uso potabile di acque non conformi entro certi limiti, al DPR 236/1988 (modificato nel 1994). E' dal marzo del 1990, considerando la persistenza di alti livelli nelle zone considerata, fu decisa la sospensione dell'uso di atrazina su tutto il territorio nazionale per l'intero 1990. Tale ordinanza è stata successivamente prorogata numerose volte ed è attualmente in vigore.

In ogni caso l'acqua distribuita al consumo umano è risultata conforme ai requisiti del DPR 236/1988 a partire dalla fine del 1991. Nel periodo 1987-91 è stata accertata l'esposizione di circa 2 milioni di persone a livelli di fitosanitari superiori a quelli previsti dal DPR 236/1988 (0,1 µg/l). Sebbene in tutti i casi l'acqua ammessa al consumo umano sia stata conforme alle linee guida dell'OMS.

PARTE B - CARTOGRAFIA DELLE AREE VULNERABILI:

Le valutazioni sulla vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento si può avvalere dei Sistemi Informativi Geografici (GIS) quali strumenti per l'archiviazione, l'integrazione, l'elaborazione e la presentazione dei dati geograficamente identificati (georeferenziati). Tali sistemi permettono di integrare, sulla base della loro comune distribuzione nello spazio, grandi masse di informazioni anche di origine e natura diverse.

Le valutazioni possono essere verificate ed eventualmente integrate alla luce di dati diretti sulla qualità delle acque che dovessero rendersi disponibili.

Nel caso in cui si verificano discordanze con le previsioni effettuate sulla base di valutazioni si procede ad un riesame di queste ultime ed alla ricerca delle motivazioni tecniche di tali divergenze.

Il quadro di riferimento tecnico-scientifico e procedurale prevede di considerare la vulnerabilità su due livelli:

vulnerabilità intrinseca degli acquiferi e vulnerabilità specifica.

7.1 Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi:

La valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi considera essenzialmente le caratteristiche litostrutturali, idrogeologiche e idrodinamiche del sottosuolo e degli acquiferi presenti. Essa, è riferita a inquinanti generici e non considera le caratteristiche chemiodinamiche delle sostanze.

Sono disponibili tre approcci alla valutazione e cartografia della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi: metodi qualitativi, metodi parametrici e numerici.

La selezione di uno dei tre metodi dipende dalla disponibilità di dati, dalla scala di riferimento e dalla finalità dell'indagine.

I metodi qualitativi prevedono la zonizzazione per aree omogenee, valutando la vulnerabilità per complessi e situazioni idrogeologiche generalmente attraverso la tecnica della sovrapposizione cartografica. La valutazione viene fornita per intervalli preordinati e situazioni tipo. Il metodo elaborato dal GNDCI-CNR valuta la vulnerabilità intrinseca mediante la classificazione di alcune caratteristiche litostrutturali delle formazioni acquifere e delle condizioni di circolazione idrica sotterranea.

I metodi parametrici sono basati sulla valutazione di parametri fondamentali dell'assetto del sottosuolo e delle relazioni col sistema idrologico superficiale, ricondotta a scale di gradi di vulnerabilità. Essi prevedono l'attribuzione a ciascun parametro, suddiviso in intervalli di valori, di un punteggio prefigurato crescente in funzione dell'importanza da esso assunta nella valutazione complessiva. I metodi parametrici sono in genere più complessi poiché richiedono la conoscenza approfondita di un elevato numero di parametri idrogeologici e idrodinamici.

I metodi numerici sono basati sulla stima di un indice di vulnerabilità (come ad esempio il tempo di permanenza) basato su relazioni matematiche di diversa complessità.

In relazione allo stato e all'evoluzione delle conoscenze potrà essere approfondito ed opportunamente considerato anche il diverso peso che assume il suolo superficiale nella valutazione della vulnerabilità intrinseca; tale caratteristica viene definita come "capacità di attenuazione del suolo" e presuppone la disponibilità di idonee cartografie

geo-pedologiche.

7.2 Vulnerabilità specifica:

Con vulnerabilità specifica s'intende la combinazione della valutazione e cartografia della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi con quella della capacità di attenuazione del suolo per una determinata sostanza o gruppo di sostanze. Questa si ottiene dal confronto di alcune caratteristiche chemio-dinamiche della sostanza (capacità di assorbimento ai colloidali del suolo, resistenza ai processi di degradazione, solubilità in acqua, polarità, etc.) con le caratteristiche fisiche, chimiche ed idrauliche del suolo.

La compilazione di cartografie di vulnerabilità specifica deriva da studi approfonditi ed interdisciplinari e richiede l'uso di modelli di simulazione.

PARTE C – PIANO NAZIONALE DI CONTROLLO DEGLI EFFETTI AMBIENTALI DEI PRODOTTI FITOSANITARI

8.1 Riferimenti normativi:

L'accordo dell' 8 maggio 2003 tra i Ministri della Salute, dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, le Regioni e le province Autonome di Bolzano e Trento, per l'adozione dei piani nazionali triennali di sorveglianza sanitaria ed ambientale su eventuali effetti derivanti dall'utilizzazione dei prodotti fitosanitari (G.U. n. 121 del 27/05/2003), rende operativo quanto già previsto dal Decreto Legislativo 17 Marzo 1995, n. 194 in materia di immissione in commercio di prodotti fitosanitari.

I piani triennali previsti dall'Accordo dell'8 maggio 2003 devono ora inserirsi organicamente nel sistema complessivo dei controlli, in particolare nel quadro dei provvedimenti per la tutela delle acque dall'inquinamento previsti dal Decreto Legislativo dell'11 maggio 1999, n. 152.

Il Decreto 152 del 1999 prevede il monitoraggio dei prodotti fitosanitari in tutti i corpi idrici, ove rilevante in funzione dell'uso del suolo e delle quantità impiegate; richiede inoltre l'identificazione delle zone vulnerabili ai fitosanitari secondo particolari metodiche. In questo contesto i piani triennali diventano parte integrante dei piani di tutela previsti del decreto 152/99, e la rete di monitoraggio deve integrarsi nella rete generale di monitoraggio delle qualità delle acque prevista dal decreto.

Nel Decreto Ministeriale 19 agosto 2003 sono esposte le modalità di trasmissione delle informazioni sullo stato di qualità dei corpi idrici e sulla classificazione delle acque. In esso vengono stabiliti i seguenti riferimenti:

- Metodologie analitiche di campionamento
- Le procedure di campionamento
- Modalità di conservazione e trattamento dei campioni
- Codifiche di riferimento e i sistemi di individuazione cartografica e geografica da utilizzare per la trasmissione dei dati.

Ed è proprio a quest'ultimo D.M. si è ispirata l'APAT nel redigere il documento di *"Trasmissione dei dati" del gennaio 2004.*

Inoltre ha assunto una certa importanza il *Decreto legislativo del 6 novembre 2003 n. 367:*

In tale decreto possiamo trovare il "Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3 del decreto legislativo dell'11 maggio 1999 n. 152" che stabilisce per un certo numero di sostanze pericolose individuate a livello europeo, tra cui diversi pesticidi, limiti molto restrittivi.

8.2. Selezione dei corpi idrici e dei punti di campionamento:

La selezione dei corpi idrici, il posizionamento dei punti di prelievo e la periodicità dei campionamenti devono consentire nei limiti del possibile, di identificare, quantificare e seguire le evoluzioni spaziali e temporali di eventuali fenomeni di inquinamento derivati da fitosanitari. Lavoro prioritario sarà la selezione dei corpi idrici e dei punti di prelievo che dovrà avvenire all'interno della rete regionale di campionamento, definita per l'applicazione del decreto legislativo dell'11 maggio 1999 n. 152. La selezione dei corpi idrici e l'individuazione dei punti di campionamento dovrà tenere conto a livello territoriale dell'uso dei prodotti fitosanitari e delle caratteristiche idrogeologiche.

Per i corpi superficiali, la frequenza di campionamento deve essere programmata in modo da rilevare gli eventuali picchi di concentrazione tenendo conto dei periodi in cui vengono maggiormente praticati i trattamenti fitosanitari. In ogni caso deve essere previsto un numero minimo di quattro prelievi distribuiti nell'anno

Per le acque sotterranee, la frequenza dei campionamenti dovrà essere calibrata sulla base delle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero. I prelievi non dovranno essere inferiori a due all'anno.

Il presente Accordo attribuiva all'Agenzia per la protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) le specifiche direttive; forniva indicazioni su metodi per il campionamento, l'analisi, il controllo di qualità e uno schema di rappresentazione dei risultati. In particolare veniva assegnato all'APAT il compito di coordinare le indagini relative al *“Piano per il controllo e la valutazione di eventuali effetti derivanti dall'utilizzazione dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili”*. Favorendo per quanto sia la definizione di un quadro conoscitivo adeguato per la prevenzione dei rischi derivanti dall'utilizzo di prodotti pesticidi, armonizzando al tempo stesso i sistemi di monitoraggio messi in atto a livello locale.

8.3. Obiettivo del piano triennale:

E' quello di valutare l'esposizione, ovvero la presenza e il livello di concentrazione di residui di prodotti fitosanitari nelle acque superficiali e sotterranee; concentrazioni e deposizioni saranno confrontate con quelle ritenute ammissibili dalla normativa e con le “concentrazioni di non effetto” (concentrazioni che entro certi parametri son ancora lontane dal produrre danni alla salute dell'uomo e all'ambiente) utilizzate in sede di valutazione di rischio.

8.4. Schema di trasmissione dei dati:

I dati di monitoraggio devono essere predisposti e trasmessi all'Agenzia per la protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) su supporto informatico che verrà predisposto dalla medesima agenzia . Per questo è stata predisposta una scheda di trasmissione annuale dei dati in cui devono essere inviati all'APAT i dati di monitoraggio su supporto informatico e formato standard.

Su tali basi informative è partito il nostro lavoro, le Regioni che erano tenute a presentare i loro dati dovevano partire da questa scheda. I dati principali sono:

- Regione o provincia
- Denominazione
- Codice ISTAT delle regioni e del comune
- Coordinate metriche delle stazioni e (proiezioni UTM WGS84)

- Relativa denominazione del fuso compreso nella zona.
- Coordinate X e Y necessari alla georeferenziazione
- Tipo di Corpo Idrico (Corso d'acqua, lago, acque sotterranee etc.)
- Zona vulnerabile, ai sensi del D.lgs dell'11 maggio 1999, n. 152
- Codice Stazione
- Anno di monitoraggio (mese, giorno)
- Frequenza di monitoraggio (12mesi, 4 mesi, etc.)
- Sostanze rilevate
- Concentrazioni
- Limite di rilevazione
- Nome del laboratorio, sistema di qualità, concentrazioni, sistema di qualità adottato

C'è da dire che non tutte le regioni hanno lavorato allo stesso modo nella stesura di questa scheda di monitoraggio: Possiamo dire che solo alcune regioni hanno effettuato una compilazione della scheda soddisfacente, andando a riempire quasi tutti i campi. Altre per esempio non hanno provveduto a mandare le coordinate delle proprie stazioni di monitoraggio, senza le quali il lavoro di georeferenziazione su GIS non può essere svolto.

Si riporta di seguito l'esempio dello schema di trasmissione di dati, utilizzato dalle regioni, riportato nel documento *Indicazioni metodologiche per il campionamento e l'analisi e modalità di trasmissione delle informazioni relative al piano per il controllo e la valutazione di eventuali effetti derivanti dall'utilizzazione dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili (piani triennali ex D.lgs. 194/95), redatto dall'APAT nel gennaio del 2004:*

SCHEMA (trasmissione annuale dati – primo invio entro il 31/03/2004)

Piano triennale di controllo degli effetti dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili

Regione/Provincia Autonoma (denominazione) Codice¹

Codice stazione

Comune (denominazione) Codice²

Località

Coordinate metriche proiezione UTM WGS84:

Fuso X ,
 Y ,

Bacino idrografico ³ (denominazione) Codice

Corpo idrico ⁴ (denominazione) Codice

Tipologia corpo idrico:

Corso d'acqua	Lago	Tratto di costa	Acque di transizione	Canale artificiale	Lago artificiale	Acque sotterranee
<input type="checkbox"/>						

Zona vulnerabile ⁵: SI NO

¹ Codice ISTAT delle regioni, il codice 21 per la Provincia autonoma di Bolzano e il codice 22 per la Provincia autonoma di Trento.

² Codice ISTAT del comune.

³ Bacino idrografico: codice SINA. Le acque sotterranee si attribuiscono al bacino idrografico a cui si riferiscono i punti di monitoraggio.

⁴ Corpo idrico: codice attribuito dalla Regione.

⁵ Ai sensi di quanto stabilito nell'Allegato 7 Parte B del D.lgs11 maggio 1999, n. 152.

Codice stazione

--	--	--	--	--	--	--	--

Anno monitoraggio

--	--	--	--

Mese

--	--

giorno

--	--

Frequenza monitoraggio:

12 mesi

4 mesi

Altro ⁶

Altra tipologia di frequenza di monitoraggio:

Nome del laboratorio⁷:

Sistema di qualità⁸:

Concentrazioni rilevate:

Sostanza ⁹	Concentrazione (µg/L)	Limite di rilevazione (µg/L)

Note esplicative.....

.....

.....

⁶ La frequenza non può essere inferiore a quattro volte l'anno per le acque superficiali e a due volte l'anno per le acque sotterranee.

⁷ Nome del laboratorio che esegue il monitoraggio.

⁸ Descrizione del sistema di garanzia di qualità adottato.

⁹ Le sostanze sono quelle individuate come prioritarie in base ai criteri indicati nell'allegato dell'Accordo dell'8 maggio 2003. Le sostanze sono identificate con il nome comune e il codice CAS.

PARTE D – GEOREFERENZIAZIONE:

Allo scopo di rappresentare e gestire le informazioni spaziali mediante un GIS, è necessario utilizzare una rappresentazione dei dati che sia sganciata dalla realtà fisica; questo viene realizzato definendo un modello dei dati che sia abbastanza ampio da accogliere al suo interno tutti gli oggetti che esistono nel mondo fisico (aree, linee, quote, etc.) e che sia sufficientemente elastico da permettere di adattarlo a tutte le combinazioni che effettivamente occorrono nella realtà.

Rispetto ad una rappresentazione puramente geometrica degli oggetti presenti nella realtà un GIS permette di mantenere e gestire tutte le informazioni che riguardano le mutue relazioni spaziali tra i diversi elementi, come la connessione, l'adiacenza o l'inclusione, definendo strutturalmente i dati. Oltre a questi due aspetti, geometrico e topologico, il modello dei dati, per essere efficace, deve prevedere l'inserimento al suo interno dei dati descrittivi dei singoli oggetti reali definibili come attributi. Fatta questa premessa c'è da dire che durante lo svolgersi del lavoro non sempre si è potuto applicare la teoria; il continuo adattamento alle diverse situazioni che si andavano delineando è stato la costante del lavoro sul computer.

I tre insiemi di informazioni (geometria, topologia, attributi) vengono poi effettivamente implementati in un GIS mediante uno specifico modello fisico, che oggi si basa su strutture dei dati di tipo relazionale, tipiche dei database più evoluti, e su architetture hardware e software di tipo client-server, tipicamente in reti locali di elaboratori.

Caratteristica fondamentale di un GIS è la sua capacità di georeferenziare i dati, ovvero di attribuire ad ogni elemento le sue coordinate spaziali reali. Le coordinate di un oggetto non sono memorizzate relativamente ad un sistema di riferimento arbitrario, ma sono memorizzate secondo le coordinate del sistema di riferimento in cui realmente è situato l'oggetto e nelle reali dimensioni, non in scala. La scala di rappresentazione diventa, a questo punto, solamente un parametro per definire il grado di accuratezza e la risoluzione delle informazioni grafiche, e quindi utilizzabili, ad esempio per definire la densità di rappresentazione: ad una scala minore, elementi come gli edifici non sono rappresentati e compaiono gli isolati o le aree urbanizzate.

9.1 Proiezioni geografiche:

L'aver introdotto il concetto di sistema di riferimento porta immediatamente ad introdurre l'uso delle rappresentazioni cartografiche. Mediante rappresentazioni cartografiche, si può descrivere compiutamente la superficie fisica tridimensionale della Terra su di un piano, mantenendo alcune proprietà geometriche, quali l'isogonia o l'equivalenza.

Le più utilizzate, oltre alla rappresentazione geografica (che in effetti non è una proiezione ma solo un sistema di riferimento) sono l'UTM, la Gauss-Boaga, la Lambert oltre alla conica, la stereografica, polare e diverse altre.

Le Carte geografiche e topografiche sono piatte ma le superfici che esse rappresentano sul globo sono delle curve. Il concetto di rappresentazione cartografica è, quindi, richiesto per rappresentare uno spazio tridimensionale su una carta a due dimensioni. Una carta accurata deve indicare in legenda il nome ed i parametri del sistema di rappresentazione adottato. E' durante il processo di rappresentazione dei dati reali su un foglio piano di carta, si introducono inevitabilmente delle deformazioni. Anche i più raffinati sistemi di rappresentazione comportano distorsioni di almeno una delle caratteristiche geometriche: forma, area, distanza. Per esempio rappresentazioni equivalenti preservano le aree, le rappresentazioni conformi gli angoli. Ne consegue che non esiste un sistema di rappresentazione preferibile in senso assoluto e che l'adozione di un sistema piuttosto che un altro dipende dall'uso cui è destinata la cartografia e dalla zona da rappresentare.

9.2 Sistemi di riferimento:

Per ogni rappresentazione viene definito anche un sistema di riferimento utilizzato per la misura delle coordinate. Ad esempio, nel sistema UTM si utilizzano spicchi predeterminati ampi circa sei gradi in latitudine, detti fusi, con un sistema di coordinate ortogonali all'interno di ogni fuso.

La costruzione di carte prevede, oltre all'uso di una proiezione geografica, anche l'utilizzo di un appropriato sistema di coordinate di riferimento; tale sistema permette di individuare una corrispondenza tra le coordinate geografiche e le coordinate piane (X;Y) in modo tale che su ogni punto dell'ellissoide corrispondano due coordinate metriche, consentendo il calcolo di aree, angoli e distanza.

In Italia, i sistemi di riferimento più usati e adottati dal punto di vista storico dalla cartografia tecnica è il cosiddetto **ROMA 40** GAUSS-BOAGA orientato a Montemario che comprende il territorio nazionale in due fusi quello Est e quello Ovest, su cui si basa la Carta dell'Italia a scala 1:25000 redatta dall'IGM (Istituto Geografico Militare).

Nella rappresentazione Gauss-Boaga, il riferimento è per il fuso ovest il meridiano 9 e per il fuso est il meridiano 15. Le coordinate piane dei punti si indicano in genere con le lettere N ed E. si ha:

$$N = y$$

Mentre per evitare i valori negativi delle ascisse per i punti ad ovest del meridiano di riferimento:

$$E = x + \text{costante}$$

Dove il valore della costante (denominata falsa origine) si assume pari a 1500 km per il fuso ovest e pari a 2520 per il fuso est.

Si arriva a definire carta geografica, il disegno di una parte o di tutta la superficie terrestre. Il reticolato è costituito da *meridiani e paralleli*. I cerchi massimi passanti per i poli sono denominati cerchi meridiani. Il piano perpendicolare ed equidistante dai poli incontra la superficie della sfera lungo una circonferenza, l'equatore, che è il più grande dei paralleli ed è l'unico parallelo ad essere anche circolo massimo (perché il suo piano passa per il centro della sfera). Gli altri paralleli sono uguali a due a due, uno nell'emisfero settentrionale, uno nell'emisfero meridionale. Quindi ogni punto della sfera è attraversato da un meridiano e un parallelo ed è pertanto individuabile mediante due coordinate geografiche: *la latitudine*, che è la distanza angolare di un punto dall'equatore e può essere **NORD** o **SUD**, e *la longitudine* che è la distanza angolare di un punto ad est o ad ovest del meridiano scelto come fondamentale (Greenwich, Montemario, etc.) e può essere **EST** o **OVEST**. I valori vengono espressi in gradi, primi e secondi. Nelle carte geografiche è sempre necessario conoscere il tipo di proiezione adottato (ortografica, stereografica, centrografica etc.) per valutare i limiti di errore. Le carte in dettaglio sono ottenute per esempio con proiezioni del reticolato geografico, più assimilato all'ellissoide (figura geometrica più vicino alla forma della terra). Le inevitabili alterazioni permettono la realizzazione di carte che abbiano solo particolari requisiti e non potrà rispettarne altri, poiché le deformazioni aumentano a partire dal punto centrale della proiezione. Sarà necessario scegliere proiezioni a seconda della latitudine interessata.

Altro sistema di riferimento è il sistema ED50 orientato a Postdam che adotta la rappresentazione cartografica *mercatore traversa Universale Utm* ; in quest'ultima l'Italia è divisa in due fusi denominati 32 e 33. Il più recente sistema utilizzato è stato introdotto dalle tecnologie satellitari ed è il WGS84 (World Geodetic system, 1984); il suo punto di riferimento è Greenwich e si associa a questo sistema la rappresentazione UTM (UTM-

WGS 84). Ed è proprio quest'ultimo sistema ad essere descritto che viene utilizzato dalla nostra agenzia, per costruire tutto il sistema informativo territoriale sulle stazioni di monitoraggio.

PARTE E – LA METODOLOGIA -

10.1 Dati di partenza:

I dati da cui siamo partiti sono quelli che si riferiscono al “Piano di controllo dei fitosanitari” del 2003. C'è subito da sottolineare che i file di raccolta dati direttamente pervenuti dalle Regioni all'APAT erano tra loro molto eterogenei e non dello stesso formato. Dal punto di vista cartaceo questo può essere anche accettabile, ma non dal punto di vista informatico, i dati per essere ridotti a informazioni standard dovrebbero avere almeno una certa uniformità di contenuti. Prima di cominciare il lavoro si è dovuto uniformare regione per regione ogni tabella fino ad avere così due principali fogli di lavoro Excel:

- Uno per le acque superficiali
- Uno per le acque sotterranee

Tali fogli, che hanno costituito la nostra base di partenza, sono stati chiamati (*file base*) e pertanto non modificabili. Le regioni coinvolte nel monitoraggio sono:

- Abruzzo
- Basilicata
- Campania
- Emilia Romagna
- Friuli Venezia Giulia
- Lazio
- Lombardia
- Piemonte
- Sicilia
- Toscana
- Trento
- Umbria

10.2 Bonifica dei dati:

Per poter operare efficacemente sui dati del *file base*, dove erano registrate per tutte le regioni i dati relativi a misurazioni e alle stazioni di monitoraggio, il foglio è stato ulteriormente suddiviso per regioni ottenendo così tanti file-tabelle quante sono le regioni monitorate. E ancora queste tabelle sono state suddivise in misure e informazioni anagrafiche delle stazioni di monitoraggio.

Per ogni regione si è arrivato ad avere due file distinti Abruzzo stazioni.xls e Abruzzo misure.xls.

Durante tale fase le difficoltà non sono mancate a causa dei problemi dovuti alla *raccolta non standardizzata di questi*; molte delle nuove tabelle xls contenevano in alcuni casi campi non molto omogenei, non univoci e a volte mancavano del tutto.

Ad esempio codici *mancanti*, codici stazione *mancanti e soprattutto mancanza di riferimenti geografici*. Su entrambi i file di misure e stazioni si è proceduto ad una prima bonifica delle informazioni utilizzando il software di Microsoft Excel.

Dove è stato possibile sono stati sostituiti con underscore (“_”), cancellati ove la presenza era inutile, tutti i caratteri anomali come slash, apici *che possono in qualche modo creare problemi in fase d’importazione dati nel database*. Particolare attenzione si è avuta per i segni virgola nei campi numerici delle coordinate, che sono stati sostituiti con i “punti” tramite la funzione “Trova e sostituisci”, necessario poiché il sistema di software GIS non legge caratteri come le “virgole”. Sulle colonne delle tabelle sono stati rinominati i campi sia per renderli univoci, sia per fare in modo che occupino solo 10 caratteri affinché siano pronti per l’esportazione in formato .dbf (tale formato non ammette *campi con più di 10 caratteri*).

A questo punto è stato possibile salvare i file xls come file di testo (txt).

L’ultima fase del lavoro è stata quella di cancellare nei record tutti quelle informazioni superflue o ridondanti, spostandole in altri campi o tagliandole. Solo attraverso questo lavoro si poteva giungere ad avere un quadro della situazione tale da poter operare a livello informatico, visti i criteri di sistemazione dei dati che segue il software GIS.

10.3 Sistema di georeferenziazione:

Con il termine di georeferenziazione si intende assegnare a dei punti noti, le coordinate spaziali nel sistema di proiezione utilizzato. Può essere considerata una procedura che permette di assegnare tutta una serie di coordinate standard (a seconda di una data

proiezione) ai punti di una immagine, utilizzando i Ground Control Point o GCP (punti di controllo) di una carta topografica.

C'è da rilevare, come è stato detto in precedenza, che i sistemi di riferimento adottate dalle Regioni che hanno inviato i dati presso l'APAT *non erano omogenei*. Pertanto non tutte le regioni hanno utilizzato il sistema WGS 84. Le uniche regioni ad utilizzare il sistema sono state il Piemonte e la Provincia di Trento.

Durante tutta la fase di georeferenziazione il problema rimasto irrisolto è stato il mancato invio da parte di alcune regioni delle coordinate x e y. Inoltre nella fase di adeguamento dei dati si è dovuto affrontare l'assenza del "codice stazione" risolta con l'assegnazione generica da parte dell'operatore APAT ad ogni record che non aveva un codice identificativo della stazione di monitoraggio.

10.4 Il Data Base:

In questi ultimi anni i Data Base e i relativi sistemi di gestione (come il DBMS- Data Base Management System) hanno raggiunto buoni livelli, *potendo assicurare efficacemente la gestione dell'informazione geografica*.

Da questo strumento possiamo ricavare numerosi vantaggi quali il controllo centralizzato (inteso come accessi, integrità dei dati, e aggiornamenti); la riduzione delle ridondanze (duplicazioni dei dati); l'accesso multi utente a grandi volumi di dati. In ultimo non dobbiamo dimenticare l'accesso ai dati dove esiste la possibilità di creare delle interfacce in modo tale che qualsiasi utente, possa accedere ai dati ed eseguire analisi.

Per quanto riguarda il tipo di database generalmente applicato ai dati geografici risulta essere di tipo *relazionale*. La caratteristica saliente di questo modello sta nel fatto che qualsiasi campo può essere usato come chiave di ricerca e i dati sono archiviati in tabelle. Per le considerazioni suddette si è deciso di organizzare le informazioni residenti in un file "non strutturato" in database. Di conseguenza, dopo aver effettuato la bonifica dei dati, attraverso il programma Microsoft Access è stato possibile convertire il file excel in formato .DBF (che è il formato leggibile dai software GIS) . Dal punto di vista tecnico la procedura è stata lunga e ha comportato:

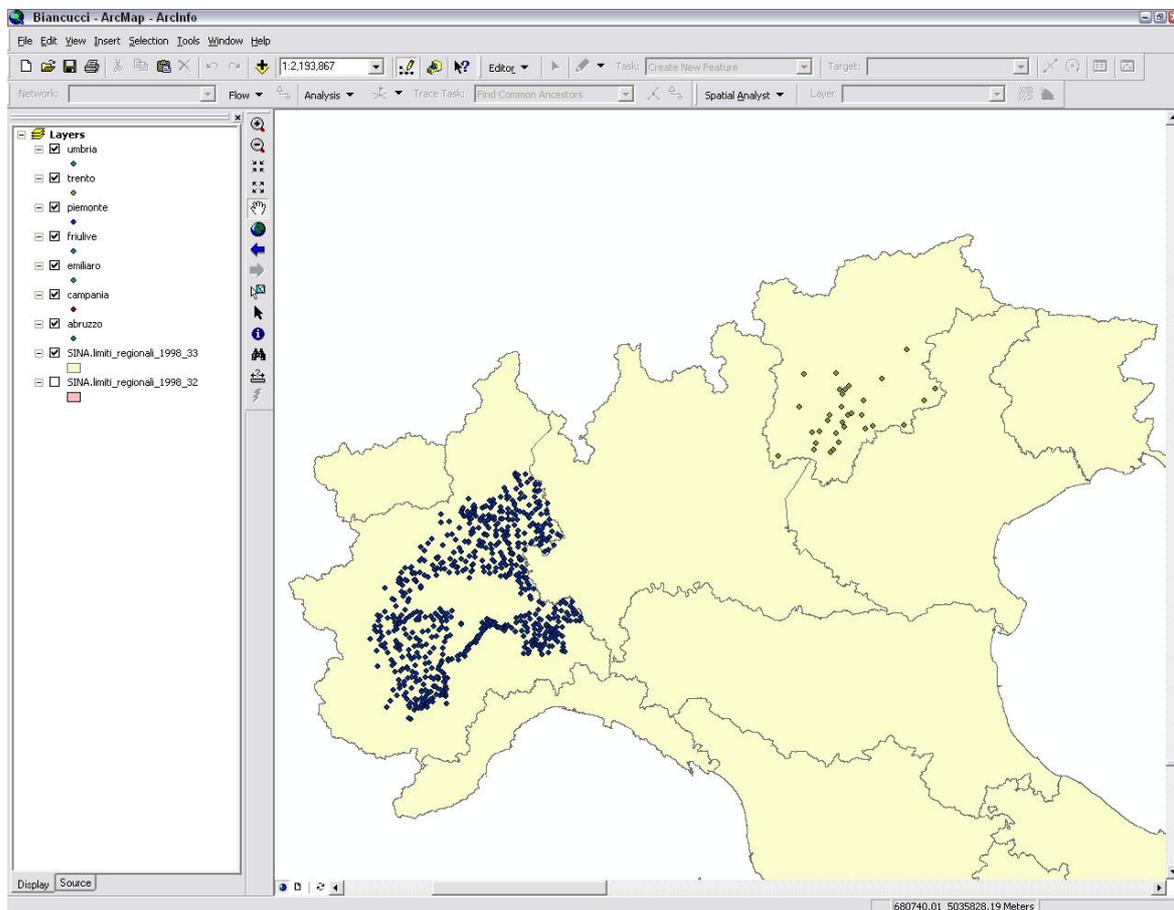
- 1) Identificare tutti i file
- 2) Caricare i dati esterni attraverso la funzione importa
- 3) Verificare passo, passo il formato dei campi in fase d'importazione
- 4) Effettuare ulteriori controlli sui campi relativi alle coordinate

Solo dopo tali operazioni si è potuto esportare la tabella access in formato .DBF (formato facilmente leggibile dai software GIS).

10.5 Passaggio dal Data Base al GIS:

L'ultima operazione è stata quella di passare da un database a carattere numerico ad uno a carattere geografico. Per fare questo si è reso necessario aprire il programma Arcview e per ogni regione andarci a scegliere il relativo file DBF e aggiungerla, attraverso la funzione "add table" presente nel programma Arcview. Il programma così si prepara a leggere la relazione presente sulla tabella e ad associarvi il relativo evento da visualizzare. Inoltre con la funzione "add event theme" si arriva alla visualizzazione dello strato informativo. Tale strato per diventare un file di tipo GIS, necessita della conversione in shapefile (formato di file dove il proprietario è ancora ESRI s.p.a. ma di fatto è uno "standard di fatto", per l'interscambio di dati GIS).

La prima proiezione ottenuta visivamente sul computer non ha dato esito positivo, solo le regioni che hanno usato il sistema di proiezione WGS 84 sono risultate esattamente georeferite (nel nostro caso il Piemonte e la provincia autonoma di Trento):



CONCLUSIONI:

Il lavoro iniziato i primi di ottobre 2005 ha portato all'approfondimento del tema sui fitosanitari. La valutazione della concentrazione prevista nei diversi comparti ambientali è comunque indispensabile all'identificazione del rischio posto dall'utilizzo di un fitosanitario e l'utilizzo della *modellistica può costituire uno strumento adatto a tale valutazione*.

La conoscenza dei carichi di antiparassitari gravanti sui terreni agricoli è allo stato attuale, un'informazione fondamentale per la valutazione dell'impatto che questi hanno sull'ambiente e quindi per la definizione di strategie per la prevenzione di loro possibili effetti nocivi sull'ecosistema e sull'uomo. Andando avanti con lo studio mi sono accorto che le carte a noi a disposizione sull'utilizzo del suolo, forniscono la sola identificazione di aree coltivate, ma non è di alcuna utilità per la valutazione sistematica del carico di antiparassitari. Da qui nasce l'esigenza di creare nuovi strumenti di conoscenza attraverso la sperimentazione informatica: applicativi sempre più elaborati permettono ora di gestire meglio i dati per la creazione e la gestione delle basi di dati e per la creazione e la gestione della cartografia informatizzata. La gran parte dei dati considerati in questo progetto è caratterizzata da una *componente geografica*. L'utilizzo di nuove tecnologie come il GIS ha semplificato il lavoro permettendo la localizzazione di questi dati nelle rispettive aree geografiche. Per tutte queste ragioni il lavoro può essere considerato diviso in due parti: la prima parte tesa ad approfondire alcuni aspetti generali sui fitosanitari, con particolare riferimento alla loro pericolosità sulla salute dell'uomo, andando ad analizzare per esempio la distribuzione e la diffusione in Italia di tali prodotti. La seconda parte, che può essere definita più tecnica, tiene conto della maggior parte del lavoro svolto da me all'APAT. Quest'ultima ha comportato l'identificazione di una metodologia di lavoro che attraverso l'uso delle strumentazioni che l'APAT mi ha messo a disposizione, ha portato ad un risultato finale. L'utilizzo dei dati di partenza, la bonifica per renderli utilizzabili, la creazione di un Sistema Informatico Geografico (GIS), sono stati il risultato di tutta una serie di operazioni che hanno comportato tempo e notevole dose di pazienza. Ma l'essere partiti praticamente da zero ed essere approdati ad un risultato chiaro identificabile anche sulla carta, ha reso tutto il lavoro molto soddisfacente. Le difficoltà di carattere tecnico non sono mancate, ma la costanza, la perseveranza hanno infine premiato per la realizzazione del progetto.

Il risultato finale conseguito ha permesso l'inserimento di ben sette regioni su nove, coinvolte nel progetto, in un GIS che consente più agevolmente l'analisi di dati strutturati che possono essere analizzati.

Concludendo i miei ringraziamenti vanno all'ing. Pietro Paris del *Dipartimento nucleare, rischio tecnologico e Industriale dell'APAT* per l'approfondimento di alcuni temi a carattere generale sui fitosanitari.

BIBLIOGRAFIA

Acaia C., Andreottola G. (1989) - "Risanamento di discariche non controllate". Trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi ed impatto sull'ambiente, XXXV Corso di aggiornamento in Ingegneria Sanitaria, Milano.

Bear J. (1979) - "Hydraulics of Groundwater". McGraw-Hill, New York

Beretta G.P. (1992) - "Idrogeologia per il disinquinamento delle acque sotterranee". Pitagora Editrice, Bologna

Beretta G.P. (1994) – "Linee-guida per l'esecuzione di indagini e prospezioni idrogeologiche per il monitoraggio delle acque sotterranee". In : Guida al disinquinamento degli acquiferi : indagini, metodologie ed esempi di intervento. Vol. 1, Pitagora Editrice, Bologna

Beretta G.P. (2001) – "Gestione dei dati analitici in fase di caratterizzazione, bonifica e certificazione dei siti contaminati." Atti della Giornata di studio sulla Bonifica di siti contaminati: aspetti giuridici e gestionali. Provincia di Milano, 16 novembre 2001, Milano

Chiesa G. (1988) - "Inquinamento delle acque sotterranee". Hoepli, Milano

Comitato Tecnico Discariche (1997). Linee guida per le discariche controllate di rifiuti solidi urbani. 1° Edizione, CISA, Cagliari

Curti A., Molinari M., Salvati A. (1995) – "Interventi di contenimento del percolato e monitoraggio della falda nel sottosuolo dello stabilimento ACNA C.O. di Cengio (SV)". 2° Convegno nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie, tecnologie e obiettivi, 17-19 maggio, Nonantola (Modena), Pitagora Editrice, Bologna

“Indicazioni metodologiche per il campionamento e l’analisi e modalità di trasmissione delle informazioni relative al piano per il controllo e la valutazione di eventuali effetti derivanti dall’utilizzazione dei prodotti fitosanitari sui comparti ambientali vulnerabili” (piani triennali ex D.lgs. 194/95), APAT 2004

Intini A., Serviti S. (2003) – “I fitosanitari: un problema da risolvere”, Hoepli, Milano

International Organization of Standardization (1993) - "Water quality – Sampling – Part 11: Guidance on sampling of groundwaters". ISO 5667-11, Genève, Switzerland

Legambiente (2004) – “Ambiente Italia 2000, rapporto sullo stato del paese” . Edizioni Ambiente

R. Bertolini, M. Ferreri, N. Di Tanno Ambiente e salute in Italia - OMS Centro Europeo Ambiente e Salute Divisione di Roma. Il Pensiero Scientifico Editore, Roma, 1997

Secondo Seminario Nazionale "Fitofarmaci e Ambiente" Novara, 28/10/2002 Atti.

S. Renato Bertolli, M. Ciani (2005) "L'impatto ambientale dei fitofarmaci, in Italia". Edizioni Ambiente

Terzo Seminario Nazionale "Fitofarmaci e Ambiente" Napoli, 24/10/2003 Atti.

Unione Europea (2000) – "Direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque". G.U. Comunità Europee L 327/1 del 22 dicembre 2000, Roma

U.S. Environmental Protection Agency (1984a) – "The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model". Office of Solid Waste and Emergency Response, Cincinnati