Rapporto sullo Stato dell'Ambiente

Anno 2001

Capitolo 3.3

Sottosuolo e acque sotterranee

3.3 SOTTOSUOLO E ACQUE SOTTERRANEE

3.3.1 Introduzione

La pianura friulana è costituita da una potente coltre di materiali alluvionali depositati prevalentemente nel corso dell'era quaternaria, derivati dall'erosione dei bacini montani dopo l'ultima glaciazione.

Dal punto di vista idrogeologico, il territorio della pianura friulana viene usualmente suddiviso in tre zone: l'Alta, Media e Bassa Pianura.
L'Alta Pianura è costituita in prevalenza da ghiaie e sabbie di varia granulometria, talora cementate in forma di conglomerati, caratterizzate da valori di permeabilità molto elevati.
La Media Pianura è costituita da una fascia di territorio di ampiezza variabile dell'ordine di alcuni chilometri, che attraversa l'intero territorio regionale in direzione Est-Ovest per una lunghezza totale di circa 100 km.
Il materasso ghiaioso dell'alta e media pianura copre un'area di circa 1.500 km^2 ed ha uno spessore variabile da qualche centinaio di metri, alle pendici delle Prealpi friulane, ad un massimo di circa 700 m nella zona Sud-Ovest, in corrispondenza dell'abitato di Latisana, per assottigliarsi a pochi metri in corrispondenza della così detta fascia delle risorgive.
La Bassa Pianura infine è costituita da materiali sempre più fini e meno permeabili, stratificati in alternanza ad orizzonti ghiaioso-sabbiosi ed argilloso-limosi. Il passaggio dalla prevalenza delle ghiaie nell'alta pianura ai materiali più fini della bassa è naturalmente graduale ma irregolare.

Le acque meteoriche e le acque disperse dai corpi idrici superficiali provenienti dalla aree montane vanno a costituire nell'Alta e Media pianura una ricca falda freatica indifferenziata, continua, che si trova ad una profondità variabile tra 100 m e 40 m dal piano campagna, diventando sempre più superficiale fino ad emergere dando origine alla linea delle risorgive.
La linea delle risorgive attraversa l'intera pianura, con inclinazione NO-SE, dalla zona di Polcenigo (PN) fino a quella di Monfalcone (GO). L'ampiezza è variabile: da un massimo di 6 km, presso il confine con la vicina regione Veneto, a un minimo di 2 km, a sud di Castions di Strada.

Al di sotto della linea delle risorgive, l'acquifero freatico indifferenziato dell'alta pianura si suddivide in un complesso multifalda costituito da una decina di acquiferi artesiani stratificati, che si estendono a grande profondità e anche oltre il confine costiero.

La risorsa idrica delle falde regionali rappresenta una ricchezza naturale rilevante, sia per la disponibilità sia per la facilità ed il basso costo di approvvigionamento su gran parte del territorio; la maggior parte della popolazione della Regione deriva l'acqua dal sottosuolo mediante pozzi, non soltanto a scopo potabile, ma anche per usi irrigui, industriali, zootecnici ecc.

In alcune zone della regione, le acque sotterranee presentano caratteristiche qualitative tali da permettere la commercializzazione come acque minerali naturali di elevata qualità.
Il sottosuolo e le acque sotterranee della Regione rappresentano non solo una abbondante risorsa d'acqua, ma anche una fonte di energia geotermica potenzialmente sfruttabile, grazie alla presenza di acquiferi termali a profondità limitata, in corrispondenza delle aree costiere.

La qualità delle acque sotterranee viene monitorata da molto tempo attraverso una vasta rete regionale di campionamento; negli ultimi decenni sono stati rilevati diversi episodi di contaminazione delle acque sotterranee, dovuti a rilasci di sostanze inquinanti provenienti da diverse attività (smaltimento rifiuti, attività industriali, attività agricole, ecc.).

La tutela di queste acque costituisce un elemento fondamentale della nuova normativa nazionale in materia di tutela delle acque dall'inquinamento (*D.Lgs. 152/99*), che prevede la valutazione dello stato di qualità degli acquiferi, al fine di stabilire le politiche di protezione di questa preziosa risorsa naturale ed individuare gli opportuni interventi di risanamento, dove la qualità delle acque risulti insufficiente rispetto agli standard di riferimento.

3.3.2 Sottotematiche

Le problematiche legate al sottosuolo ed alle acque sotterranee sono connesse essenzialmente al rischio di inquinamento, al consumo incontrollato dell'acqua ed all'utilizzo delle risorse geotermiche.
La ricarica degli acquiferi profondi è un processo che richiede anni, considerati i lunghi tempi di ritenzione delle acque nel sottosuolo, perciò anche se ampiamente disponibile, la risorsa acqua deve essere considerata naturale ma limitata.

Per descrivere lo stato attuale delle acque sotterranee ed individuare le pressioni naturali ed antropiche sulla risorsa, la tematica *Sottosuolo e Acque Sotterranee* è stata suddivisa in 4 sottotematiche: "consumi idrici", "qualità delle acque sotterranee", "carsismo" e "acque minerali e termali".

Consumi Idrici

Vengono descritte le caratteristiche idrogeologiche del territorio regionale e viene effettuata una stima della disponibilità di acque sotterranee.

Qualità delle Acque Sotterranee

Sulla base dei dati disponibili, si descrive lo stato di qualità e si propone una valutazione della vulnerabilità e dello stato ambientale delle acque sotterranee, sulla base della metodologia stabilita dal *D.Lgs. 152/99* in materia di tutela delle acque, al fine di caratterizzare i fenomeni di inquinamento,

connessi principalmente alle pratiche agricole ed alla contaminazione degli strati superficiali del suolo.

Carsismo

La tutela delle acque di falda è legata alle caratteristiche geomorfologiche del territorio regionale e le aree carsiche in particolare presentano un grado di vulnerabilità molto elevato.

Acque Minerali e Termali

Risorse di particolare interesse sono legate alla buona qualità chimica e batteriologica delle acque ed al loro possibile utilizzo quali "acque minerali"; ulteriore interesse è legato alla presenza di anomalie geotermiche ed al loro eventuale sfruttamento economicamente vantaggioso.

3.3.3 Indicatori PSR della Tematica Sottosuolo e Acque Sotterranee

Sottotematica	N. indicatore	Indicatore	PSR
Consumi idrici	3-1	Disponibilità delle Acque Sotterranee	S
Qualità delle acque sotterranee	3-2	Qualità delle Acque Sotterranee	S
	3-3	Stato Ambientale delle Acque Sotterranee	S
Carsismo	3-4	Acque Carsiche	S
Acque minerali e termali	3-5	Concessioni Geotermiche	P
	3-6	Acque Minerali	S

3.3.3.1 Scheda dell'Indicatore 3-1: Disponibilità delle Acque Sotterranee

Codice Indicatore	*3-1*
Tematica	*Sottosuolo e acque sotterranee*
Sottotematica	*Consumi idrici*
Indicatore	*Disponibilità delle acque sotterranee*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Caratterizzare e quantificare le risorse idriche disponibili*
Riferimenti	*Legge 36/94, Disposizioni in materia di risorse idriche* *LR n.28 del 18/07/1991, Norme regionali in materia di individuazione, utilizzo e tutela delle risorse idriche destinate al consumo umano*
Dati necessari	*Estensione acquiferi* *Disponibilità acqua di falda per i diversi usi* *Fluttuazioni dei livelli piezometrici* *Consumi idrici per tipologia di utilizzo*
Fonte	*Dipartimenti Provinciali ARPA FVG – ex-PMP* *F. Mosetti, Sintesi sull'idrologia del Friuli Venezia Giulia, Quaderni dell'Ente Tutela Pesca (Udine) Rivista di Limnologia N. 6, 1983* *F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, Il chimismo delle falde freatiche e artesiane della Pianura Friulana, Quaderno del Museo Carsico Geologico e Paleontologico N.7, 1999* *F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, Fluttuazioni della falda freatica nell'Alta Pianura Friulana, estratto da GORTANIA, Atti del Museo Friulano di Storia Naturale Vol. 21, 1999* *F. Cucchi, G. Massari, A. Mereu, S. Oberti, L.Zini, Sorgenti e pozzi per acqua nel Friuli Venezia Giulia – Un GIS per il monitoraggio e la tutela della qualità delle acque superficiali e profonde, maggio 2001* *Azienda per i Servizi Sanitari N.6 Friuli Occidentale Acque di falda – Indagine sulla situazione nel Pordenonese, Booksei N.3, 1999* *Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Direzione Regionale della Sanità – Servizio Igiene e Tutela Ambientale, Progetto Obiettivo – Contributo conoscitivo allo stato delle risorse idriche superficiali e profonde, settembre 1997* *C. Granati, G. Martelli, C. Roda, Valutazione preliminare del volume di acqua estratta annualmente in Provincia di Udine dal sottosuolo della Bassa Pianura Friulana, Ingegneria e Geologia degli Acquiferi N. 15, 2000* *Provincia di Udine; Università degli Studi di Udine – Dipartimento di Georisorse e Territorio, Studio delle falde idriche della Bassa Pianura Friulana: tutela e gestione integrata della risorsa, novembre 1995* *Provincia di Pordenone (a cura di L. D'Alpaos, M. Fogato, A. Iseppi Perosa, G. Maso), Studio sulla consistenza e sulle caratteristiche delle risorse idriche del territorio provinciale finalizzato all'attività di protezione e corretta gestione delle stesse, 1997* *Università di Trieste – Dipartimento DISGAM* *Università di Udine – Dipartimento di Georisorse e Territorio*
Disponibilità	**Ambito Spaziale:** *regionale* **Aggiornamento:** *n.d.* **Periodo:** *n.d.*

La disponibilità delle acque sotterranee nel territorio del Friuli Venezia Giulia è da ritenersi elevata, considerati gli alti valori di permeabilità e la potenza del materasso ghiaioso che ospita l'acquifero freatico a monte della fascia delle risorgive, che alimenta il flusso delle falde della bassa pianura.

Nei tratti montani i corsi d'acqua sono caratterizzati da un regime torrentizio, mentre a valle della linea delle risorgive le fluttuazioni di portata risultano smorzate dal contributo idrico derivante dalle acque sotterranee. Il regime pluviometrico ed idrometrico dei corsi d'acqua (vedi Tematica *Aria,* sottotematica *Sintesi meteo-climatica della regione Friuli Venezia Giulia*) influenza in modo evidente la fluttuazione dei livelli di falda, che presentano ampie escursioni comprese tra un valore massimo di circa 47,5 m ed un valore minimo di circa 1 m.

La Regione Friuli Venezia Giulia ha creato a partire dagli anni '60 una rete di rilevamento dei livelli di falda freatica in attuazione di specifiche norme regionali che è stata successivamente estesa e potenziata. Oltre a misure manuali con freatimetro, le misure piezometriche sono ottenute anche con acquisizione automatica ed è attualmente in corso l'acquisizione di ulteriori stazioni automatiche. I dati rilevati sono inseriti in una banca dati informatizzata presso il Servizio dell'Idraulica della Direzione Regionale dell'Ambiente.

L'elaborazione dei dati pluviometrici e termometrici sul territorio regionale, riportati in *Tabella 3.3.3.1a*, mostra come la *precipitazione efficace,* intesa come la parte delle acque piovane che va ad alimentare il deflusso superficiale e sotterraneo delle acque al netto delle perdite per evapotraspirazione, risulta mediamente elevata, con valori maggiori nelle aree montane e pedemontane orientali della Regione.

Tabella 3.3.3.1a Valori di Precipitazione Efficace nella Regione FVG

Valori di precipitazione efficace (mm/anno)	Aree orientali della Regione FVG	Aree occidentali della Regione FVG
Aree montane e pedemontane	2.400	1.500
Pianura	1.300	700

Fonte: F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, *Fluttuazioni della falda freatica nell'Alta Pianura Friulana,* Atti del Museo Friulano di Storia Naturale Vol. 21, 1999

Le oscillazioni delle portate dei corsi d'acqua friulani sono fortemente influenzate dalla piovosità in quanto, considerata la carenza di grandi riserve idriche nelle aree montane, quali grandi laghi e ghiacciai, i tempi di corrivazione delle acque meteoriche dai bacini montani sono dell'ordine di poche ore.
Nonostante la piovosità piuttosto elevata anche in pianura, l'alimentazione delle falde deriva principalmente dai contributi dei maggiori corpi idrici montani, descritti brevemente in *Tabella 3.3.3.1b*, che drenano un'area molto vasta, tra le più piovose d'Italia e che, grazie all'elevata permeabilità dei

terreni ed alla conseguente veloce infiltrazione delle acque nel sottosuolo, alimentano l'esteso acquifero indifferenziato dell'Alta Pianura Friulana.

Tabella 3.3.3.1b Principali Corpi Idrici Regionali

Corpo idrico	Descrizione	Portata (*)
Cellina e Meduna	Fiumi di ruscellamento delle aree alpine e prealpine della zona della Destra Tagliamento	Q_{80} = 16 m^3/s (Cellina) Q_{80} = 11 m^3/s (Meduna)
Tagliamento	Fiume di ruscellamento, che con il suo vasto bacino ed i numerosi affluenti si estende sulla maggior parte del territorio regionale centrale, dalle Alpi al Mare Adriatico	Q_{80} = 78 m^3/s
Torre	Fiume carsico	Q_{80} = 17 m^3/s
Natisone	Fiume carsico	Q_{80} = 7 m^3/s
Isonzo	Fiume carsico e di ruscellamento	Q_{80} = 67 m^3/s
(*) Q_{80} = valore di portata superato per almeno 80 giorni all'anno		

Fonte: F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, *Fluttuazioni della falda freatica nell'Alta Pianura Friulana*, Atti del Museo Friulano di Storia Naturale, Vol.21, 1999

Alcuni valori caratteristici dell'acquifero freatico dell'alta pianura friulana sono (F. Mosetti, 1983):

- la *permeabilità* (K); nei terreni dell'Alta Pianura presenta un valore medio di circa 0,047 cm/s, compreso nell'intervallo tra 10 e 10^{-2} cm/s, caratteristico di materiali altamente permeabili, come sabbia o ghiaia;
- la *velocità del deflusso della falda;* varia da 0,1 fino a 20 m/h negli strati più superficiali, con valori medi di circa 0,4 m/h ;
- *il tempo di residenza* dell'acqua nel sottosuolo; è stimato nell'ordine di 3-4 anni;
- la *portata specifica* della falda; in corrispondenza della linea delle risorgive è stimata in circa 1 m^3/s per chilometro lineare;
- la *direzione;* la circolazione sotterranea è stimata da Nord-Est a Sud nella parte centro-orientale della pianura e da Nord-Ovest a Sud in quella occidentale, con un'interruzione creata dell'anfiteatro morenico del Tagliamento.

L'Università di Trieste ha condotto recentemente degli studi sulle fluttuazioni della superficie piezometrica della falda freatica dell'Alta Pianura Friulana, elaborando i dati delle precipitazioni e dei livelli piezometrici del trentennio 1967 – 1998 (F. Cucchi et Al., 1999). I risultati hanno evidenziato un generale abbassamento del livello medio della falda, la cui causa può essere individuata nelle minori precipitazioni meteoriche ma anche nell'intenso e spesso incontrollato prelievo idrico.

In base ai dati analizzati, il fenomeno si presenta con maggiore intensità nella fascia a ridosso dei rilievi ed in particolare nell'area centro-settentrionale dell'Alta Pianura, dove i valori di abbassamento della falda arrivano a 35-40 cm/anno, con un massimo nella zona di Flaibano (40,5 cm/anno).

Dai dati storici disponibili è stato possibile ipotizzare che le falde friulane siano interessate da un andamento di ricarica ciclico, con periodo di circa 30

anni: un abbassamento della falda analogo a quello attuale avrebbe avuto inizio a metà degli anni '30, con picco di minimo a metà degli anni '40 e successiva regressione negli anni '60. Tale ciclicità sarebbe correlabile all'intensità delle precipitazioni nello stesso periodo, che hanno registrato un calo nel periodo 1937-1945.
Nello studio si evince che la diminuzione delle precipitazioni meteoriche che caratterizza l'ultimo ventennio potrebbe perciò essere una concausa dell'abbassamento del livello dell'acquifero freatico dell'Alta Pianura. Tuttavia, anche ipotizzando un nuovo ciclo di ricarica degli acquiferi, è ragionevole presumere che l'intensa pressione antropica esercitata sulla risorsa idrica rimarrebbe comunque il fenomeno prevalente e potrebbe causare la persistenza, se non l'incremento, del citato abbassamento. In tale situazione, l'effetto ambientale più grave potrebbe essere il peggioramento di qualità legato al possibile aumento degli inquinanti immessi in falda, derivanti dalle diverse attività presenti sul territorio.

In corrispondenza della linea delle risorgive, l'ampio acquifero freatico dell'alta pianura in parte alimenta i numerosi corsi d'acqua superficiali di risorgiva ed in profondità si stratifica in una serie di acquiferi semiconfinati, confinati ed artesiani, tra i quali si possono distinguere 10 acquiferi profondi principali (F. Cucchi et al., 1999):

- A (da –20 a –80 m dal livello medio marino): falda complessa della potenza di circa 10 m, costituita da più livelli di acquiferi in sedimenti ghiaioso-sabbiosi intercalati ad orizzonti impermeabili;
- B (da –80 a –110 m): falda artesiana continua in orizzonti sabbiosi, della potenza di circa 8 m;
- C (da –120 a –140 m): falda artesiana in orizzonti sabbiosi, della potenza di circa 5 m;
- D (da –160 a –170 m): falda artesiana in orizzonti ghiaiosi, della potenza tra 4 e 12 m;
- E (da –190 a –200 m): falda artesiana in orizzonti sabbiosi, considerabile come un'articolazione della falda D;
- F (da –240 a –260 m): falda artesiana in orizzonti a granulometria variabile;
- G (da –280 a –300 m): falda artesiana in orizzonti a granulometria variabile;
- altri 3 acquiferi H, I , L si sviluppano a profondità ancora superiori, a circa 400 m.

Le falde freatiche ed artesiane del Friuli Venezia Giulia sono oggetto di intenso sfruttamento. Il numero totale di pozzi di approvvigionamento idrico autonomo esistenti ufficialmente dichiarati in Friuli Venezia Giulia è di circa 44.000, anche se il numero effettivo stimabile è decisamente superiore. Ad esempio nella Provincia di Udine i pozzi ufficialmente denunciati tra il 1994 ed il 1999 risultano circa 12.000, numero sicuramente inferiore al valore reale, e la portata di acqua emunta è nota solo per circa 600 di questi, che in genere rappresentano le utenze più rilevanti, costituite da prelievi per usi industriali, irrigui, ittiogenici o altri usi produttivi. Sono numerosi gli insediamenti industriali serviti da pozzi dotati di elettropompe sommerse, che utilizzano

acque prelevate dalla falda per svariate tipologie di processi produttivi e come acque di raffreddamento. In tutta l'area della pianura sono presenti anche numerosissimi pozzi per i prelievi di acque per uso irriguo, cui si ricorre in genere nei periodi di prolungata siccità.
Il prelievo totale dalla falda della Bassa Pianura Friulana è stimato nell'ordine di 700 milioni di m^3/anno.

Considerata la carenza di notizie esaustive sul numero di pozzi attualmente utilizzati per l'approvvigionamento autonomo privato e sui consumi delle piccole utenze diffuse su tutto il territorio regionale, risulta impossibile quantificare i consumi e definire un bilancio dei consumi rispetto alla disponibilità degli acquiferi e quindi valutare correttamente l'entità della pressione esercitata dalle attività umane sulla risorsa "acque profonde".
Il ricorso indiscriminato ed incontrollato all'approvvigionamento autonomo è particolarmente critico per la salvaguardia delle falde laddove l'artesianità delle acque profonde comporta un prelievo continuo, anche se non necessario, e quindi uno spreco ingiustificato di una preziosa risorsa di buona qualità.
Sulla base delle informazioni esistenti è comunque ragionevole affermare che, se la tendenza attuale del consumo idrico rimanesse priva di controllo, anche nell'ipotesi del verificarsi di un nuovo ciclo di ricarica degli acquiferi, l'intensa pressione antropica potrebbe causare la persistenza, se non l'incremento, dei fenomeni di inquinamento delle falde in atto.

L'Università di Udine ha realizzato per la Provincia di Udine (1994-1999) il database *Infopozzi.a*, con lo scopo di fornire alle aziende agricole uno strumento utile ad effettuare il bilancio idrico dei propri consumi, in base alle caratteristiche del terreno, alla situazione meteorologica, al tipo di coltura selezionato, ecc.. Tale iniziativa, pur positiva, non ha ancora avuto grande seguito presso gli operatori del settore, coinvolgendo finora solamente un numero limitato di aziende.

La Regione, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine (DiSGAM) dell'Università di Trieste, ha recentemente avviato un progetto per la creazione di un database georeferenziato delle sorgenti e dei pozzi utilizzati per l'approvvigionamento idrico, al fine di avere uno strumento da utilizzare sia per il monitoraggio e la tutela della qualità delle acque superficiali e sotterranee che nella fase di pianificazione dell'uso della risorsa. La regolamentazione dell'uso della risorsa idrica è un tema ambientale molto attuale ed urgente: l'acqua è un bene pubblico che per essere preservato richiede specifiche politiche di tutela, al fine di ottimizzarne i consumi, garantirne la regolare distribuzione in tutte le aree e preservarne la disponibilità anche per gli usi futuri.

Riferimenti per la Valutazione

La *L. 36/94 Gestione integrata delle risorse idriche*, nota come *Legge Galli*, prevede l'istituzione dei "Servizi Idrici Integrati" per la gestione ottimale delle risorse idriche, a partire dalla razionalizzazione dei prelievi e della distribuzione dell'acqua nelle reti acquedottistiche, fino alla depurazione delle acque reflue

ed al recupero delle acque trattate nell'ambito di ambiti territoriali ottimali (ATO).
Lo stato di attuazione della *Legge 36/94* è trattato in dettaglio nel Capitolo *Acque superficiali e acque destinate al consumo umano*, al quale si rimanda.

Valutazione della Qualità del Dato

Non sono disponibili dati aggiornati e completi su scala regionale relativi ai prelievi di acque di falda per le diverse tipologie di utilizzo.
Nello sviluppo del presente indicatore sono stati utilizzati dati ricavati da studi e da pubblicazioni ed articoli presenti in letteratura.

3.3.3.2 Scheda dell'Indicatore 3-2: Qualità delle Acque Sotterranee

Codice Indicatore	*3-2*
Tematica	*Sottosuolo e acque sotterranee*
Sottotematica	*Qualità delle acque sotterranee*
Indicatore	*Qualità delle acque sotterranee*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Descrivere lo stato di qualità delle acque di falda*
Riferimenti	*D.Lgs. n.152 dell'11/05/1999 (modificato dal D.Lgs. n. 258/00), Testo Unico sulle Acque* *DPR n. 236 del 24/05/1988, Acque destinate al consumo umano* *LR n.28 del 18/07/1991, Norme regionali in materia di individuazione, utilizzo e tutela delle risorse idriche destinate al consumo umano*
Dati necessari	*Andamento spazio-temporale dei parametri di qualità delle acque di falda*
Fonte	*Dipartimenti Provinciali ARPA FVG – ex-PMP* *F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, Il chimismo delle falde freatiche e artesiane della Pianura Friulana, Quaderno del Museo Carsico Geologico e Paleontologico N.7, 1999* *F. Mosetti, Sintesi sull'idrologia del Friuli Venezia Giulia, Quaderni dell'Ente Tutela Pesca (Udine) Rivista di Limnologia N. 6, 1983* *ARPA FVG, Decreto Legislativo n.152/99 Testo Unico sulle Acque – Zone vulnerabili di nitrati di origine agricola: indagine preliminare di riconoscimento, 2000* *Azienda per i Servizi Sanitari N.3 Alto Friuli; Azienda per i Servizi Sanitari N.4 Medio Friuli; ARPA FVG Dipartimento Provinciale di Udine; ARPA FVG Osservatorio Meteorologico Regionale, Inquinamento atmosferico nell'intorno del polo industriale di Rivoli di Osoppo – Buia 2000 - Qualità delle acque di falda (metalli), maggio 2001* *S. Stefanini, F. Giorgetti, I potenziali inquinamenti delle acque freatiche dell'Alta Pianura Friulana ad opera delle discariche, Università degli Studi di Trieste - Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, 1996* *ASS N.6 "Friuli Occidentale" – Presidio Multizonale di Prevenzione, Getas Petrogeo srl, Episodio di inquinamento da solventi clorurati delle falde della medio-alta Pianura Pordenonese Fase 2, 1999* *A Carniel Acque di falda – Indagine sulla situazione nel Pordenonese ASS N.6 "Friuli Occidentale", Booksei N.3, 1999* *F. Cucchi, E. Marinetti, G. Massari, S. Oberti, C. Piano e L. Zini, Carta della vulnerabilità intrinseca della pianura friulana Pubblicazione n.1976 del GNRCI-CNR, U.O. 4.7 (DiSGAM - Università di Trieste)*
Disponibilità	**Ambito Spaziale:** *regionale e provinciale* **Aggiornamento:** *annuale* **Periodo:** *1996-2001*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

La composizione chimica delle acque di falda friulane varia procedendo da Est verso Ovest, per l'influenza del diverso chimismo dei corpi idrici che alimentano l'esteso acquifero freatico dell'Alta Pianura e delle formazioni rocciose che attraversano.

La caratteristica composizione delle acque in diverse aree dell'Alta Pianura Friulana permette di utilizzare alcune specie chimiche quali traccianti naturali, per individuarne la provenienza ed i percorsi sotterranei. Le concentrazioni di alcune specie chimiche hanno valori tipici, connessi al tipo di terreno e formazioni rocciose attraversati dalle acque nel loro percorso. Rappresentativo è il caso dei solfati, dei quali si rinvengono concentrazioni elevate nel bacino del Tagliamento; allontanandosi verso le aree del

pordenonese ad Ovest ed isontine ad Est, i valori diminuiscono progressivamente fino a raggiungere concentrazioni molto basse. Altra tipicità è quella relativa a calcio e magnesio, ioni tipici di derivazione carbonatica: il rapporto Ca/Mg rappresenta un altro importante tracciante, in particolare nelle aree carsiche dei bacini del Torre e del Natisone: dove le rocce hanno natura carbonatica di elevata purezza e solubilità, si osserva un notevole arricchimento delle acque in ione calcio.
In *Tabella 3.3.3.2a* si riportano alcuni valori tipici per calcio, magnesio e solfati, tipici traccianti naturali delle acque friulane.

Tabella 3.3.3.2a ***I Principali Traccianti Naturali delle Acque Sotterranee Friulane***

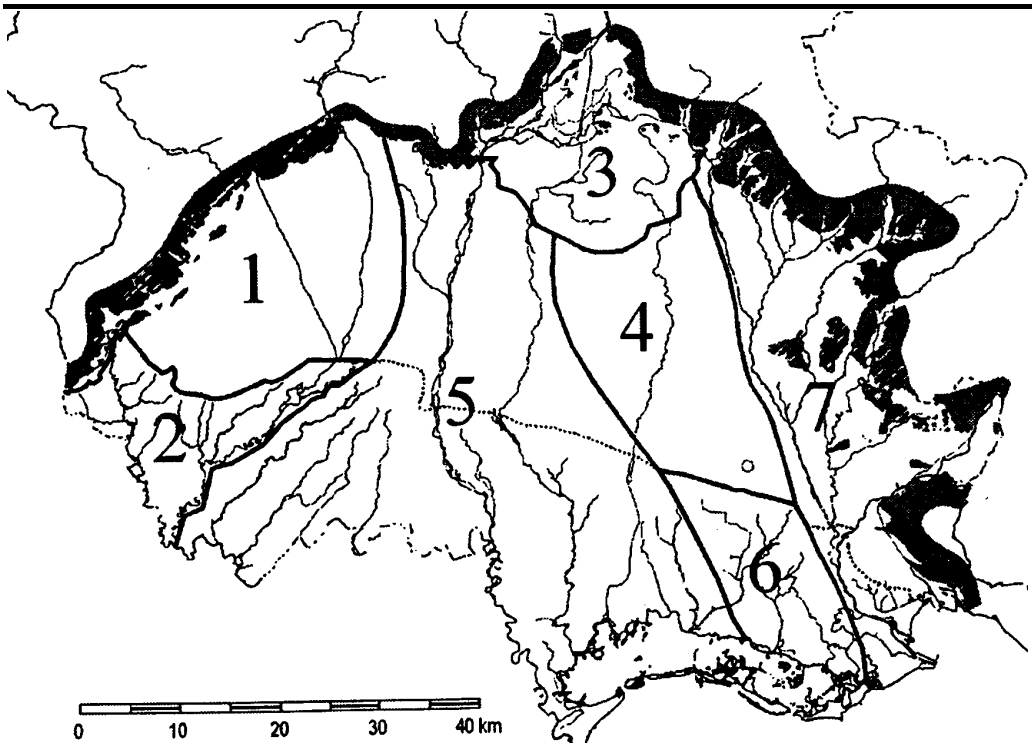
Falda	Calcio (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Solfati (mg/l)
Falda pordenonese	50-60	15	Circa 10
Falda del Tagliamento	50-80	20-30	> 60
Falda isontina	40-60	8-17	< 20

Fonte: F. Mosetti, *Sintesi sull'idrologia del Friuli Venezia Giulia*, Quaderni dell'Ente Tutela Pesca (Udine) Rivista di Limnologia N. 6, 1983

Utilizzando le serie storiche di dati analitici riferiti a 236 pozzi campionati dai Presidi Multizonali di Prevenzione (oggi Dipartimenti Provinciali dell'ARPA FVG), il Dipartimento DISGAM dell'Università di Trieste ha elaborato una zonizzazione della Pianura Friulana in 7 *province idrogeologiche* caratterizzate da specifiche e caratteristiche concentrazioni dei principali traccianti naturali, rappresentate in *Figura 3.3.3.2a*:

1. *Alta Pianura Pordenonese*: è un bacino freatico molto potente alimentato dai bacini montani, che si estende dall'altopiano del Cansiglio fino a Nord di Pordenone ed alimenta i pozzi dell'alta pianura;
2. *Bassa Pianura Pordenonese*: si tratta di falde artesiane che interessano la zona Sud – Ovest della Provincia Pordenone; sono alimentate dalle acque che si infiltrano nell'area delle conoidi del Bacino Cellina – Meduna;
3. *Anfiteatro Morenico e fascia meridionale immediatamente al piede*: è una zona piuttosto circoscritta, dove le falde freatiche sono alimentate dalle sole precipitazioni meteoriche locali e le falde artesiane sono collocate nei conglomerati fessurati o orizzonti sabbiosi caratteristici dell'anfiteatro morenico;
4. *Alta Pianura Centro Orientale*: interessa l'area tra il Torrente Corno e il Torrente Torre, cui contribuiscono in maggior misura le acque della parte orientale del Bacino del Torre, dove il rapporto Ca/Mg è alto, con scarso contributo del Tagliamento, che si evidenzia dalla concentrazione limitata di solfati;
5. *Alta e Bassa Pianura in destra e sinistra Tagliamento*: comprende acque freatiche ed artesiane che derivano principalmente dal bacino del Tagliamento, individuabili per l'elevato contenuto di solfati;
6. *Bassa Pianura Centro Orientale*: area alimentata in parte dal Tagliamento ed in parte da contributi provenienti dall'alta pianura orientale;
7. *Fascia delle conoidi del fiume Torre, Natisone e Isonzo*: è alimentata dalle acque del Bacino del Torre – Natisone e dell'Isonzo; è caratterizzata da un basso contenuto di solfati e da un elevato rapporto Ca/Mg.

Figura 3.3.3.2a ***Estensione dei 7 Bacini Idrogeologici della Pianura Friulana, Identificati sulla Base delle Concentrazioni dei Principali Traccianti Naturali delle Acque di Falda***



Fonte : F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, *Il chimismo delle falde freatiche e artesiane della Pianura Friulana*, Quaderno del Museo Carsico Geologico e Paleontologico N.7, 1999

Oltre ai principali traccianti naturali descritti sopra, vi sono altre specie chimiche che possono essere utilizzate per descrivere fenomeni di origine naturale o antropica che modificano le concentrazioni normalmente riscontrate nelle acque di falda.

Il rapporto sodio/cloruri (Na/Cl^-) ad esempio può fornire informazioni significative in merito alla possibile ingressione salina di acque marine nelle aree costiere, fenomeno che in Friuli Venezia Giulia è poco significativo.
Un altro tracciante importante è lo ione cloruro (Cl^-): la presenza incostante ma diffusa dei cloruri può essere legata a fattori antropici e viene in genere associata a rilasci da residui industriali (composti clorurati), da percolati di discariche o da scarichi fognari.

Altre sostanze, come l'ammoniaca (NH_3) ed il ferro, sono presenze naturali nelle acque della bassa pianura pordenonese ed udinese là dove i terreni sono di natura torbosa; questi sono caratterizzati da un ambiente riducente ed anossico in cui i composti azotati ed il ferro trivalente subiscono reazioni di ossidoriduzione e vengono trasformati in ammoniaca e ferro bivalente, molto solubili, che possono raggiungere concentrazioni elevate nelle acque sotterranee, con valori intorno a 20 mg/l per l'ammoniaca e 2 mg/l per il ferro, molto superiori rispetto ai limiti (0,5 e 0,2 mg/l rispettivamente) fissati dal *DPR 236/88* per le acque destinate al consumo umano.

Il monitoraggio delle acque sotterranee viene svolto attualmente dai Dipartimenti Provinciali dell'ARPA (ex Presidi Multizonali di Prevenzione), con campionamenti in una serie di pozzi pubblici e privati.
In *Tabella 3.3.3.2b* sono riportati i dati relativi ai controlli effettuati su campioni di acque di falda prelevati negli anni 1997-2000.

Tabella 3.3.3.2b Controlli dell'ARPA FVG sulle Acque Sotterranee

Provincia	1997	1998	1999	2000
PN	107	120	131	113
UD	786	582	981	653
GO	200	205	196	176
TS	-	-	-	-

Fonte: Dati ex-PMP - ARPA FVG, Convenzione Direzione Regionale dell'Ambiente, 1997-2000

Di seguito vengono analizzate le principali fonti di inquinamento delle acque di falda che possono interessare la Regione Friuli Venezia Giulia:

- inquinamento di origine agricola;
- inquinamento di origine industriale;
- inquinamento legato alla presenza di discariche;
- inquinamento microbiologico.

L'inquinamento di origine agricola è legato prevalentemente all'uso di concimi chimici e pesticidi: tra le regioni italiane, il Friuli Venezia Giulia è uno dei maggiori utilizzatori di queste sostanze e ciò rappresenta uno dei rischi di contaminazione diffusa di maggiore rilevanza, considerata la struttura idrogeologica e pedologica del territorio regionale.

Le quantità di concimi chimici utilizzate non vengono completamente smaltite dai suoli e nel tempo tendono ad accumularsi, saturandone progressivamente la naturale capacità di costituire una barriera contro gli inquinanti. A lungo andare il suolo non è più in grado di trattenere tali sostanze, che vengono trascinate dalle acque meteoriche in profondità fino alle falde sotterranee. A tale fenomeno concorrono anche altri fattori, quali ad esempio il progressivo disboscamento, le tecniche di aratura che modificano la struttura del suolo rendendo più veloce il drenaggio delle acque meteoriche, l'abolizione della pratica della rotazione delle colture.

L'utilizzo di fertilizzanti chimici azotati e di residui organici di origine animale sono i maggiori imputati nel peggioramento della qualità delle acque superficiali e sotterranee in quanto caratterizzati da forti concentrazioni di azoto nella forma più solubile. Negli ultimi anni, in agricoltura è anche andata crescendo la pratica dello spandimento di liquami, particolarmente quelli derivanti dagli allevamenti zootecnici. Trattandosi di liquami in forma liquida o semiliquida, il trascinamento verso gli strati più profondi del sottosuolo ad opera delle precipitazioni atmosferiche è notevole ed estremamente rapido.

Con la *Direttiva 91/676/CEE*, comunemente detta *Direttiva Nitrati*, la Commissione Europea ha inteso dare indicazioni sul controllo e sulla riduzione dell'inquinamento idrico risultante dallo spandimento e dallo

scarico di deiezioni di animali allevati e dall'uso di quantità eccessive di fertilizzanti. In attuazione della *Direttiva Europea 91/676/CE* il *Decreto Legislativo 152/99* stabilisce che le Regioni effettuino una valutazione della vulnerabilità delle acque di falda ai nitrati di origine agricola, secondo la metodologia definita all'*Allegato VII* dello stesso Decreto.

La Regione Friuli Venezia Giulia ha recepito il *D.Lgs. 152/99* nella *LR 2/2000* e l'ARPA FVG si è attivata avviando prontamente una prima fase della citata indagine preliminare di riconoscimento, limitatamente alle acque sotterranee, che ha posto la base per uno studio di approfondimento successivo, concluso negli ultimi mesi del 2001.

L'indagine preliminare di riconoscimento ha preso avvio con la delimitazione di un ambito geografico di interesse, che si estende nelle province di Pordenone, Udine e Gorizia, dall'alta pianura sino al litorale, in un territorio ove sono presenti alcune migliaia di pozzi, utilizzati prevalentemente per approvvigionamento idrico, irriguo ed industriale.

In questo contesto si è proceduto all'individuazione di un insieme di pozzi, ritenuti sufficienti per le necessità di questa fase, per numero e distribuzione. Pur con le difficoltà di selezionare pozzi utili al monitoraggio, riguardo in particolare alla conoscenza dell'esatta profondità e della posizione dei filtri o finestre, ne sono stati individuati alcuni per i quali le informazioni risultavano sufficientemente attendibili, spinti a profondità diverse, da poche decine di metri sino a oltre 300 m. Per questi pozzi sono risultati disponibili i dati di analisi chimiche su campioni d'acqua, effettuate in questi ultimi anni, nell'ambito della propria attività istituzionale, dai Presidi Multizonali di Prevenzione (PMP), e dal luglio 1999 dai Dipartimenti Provinciali dell'ARPA.

E' stata stipulata una convenzione-quadro con la facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università degli Studi di Udine per l'approfondimento delle problematiche dell'inquinamento di origine agro-zootecnica delle acque al fine di individuare strategie, comportamenti e modalità di intervento che consentano di garantire livelli di protezione ambientale compatibili. La convenzione apre un rapporto, definito nei suoi termini generali, con l'intenzione di sviluppare progressivamente programmi specifici e mirati in grado di consentire il raggiungimento degli obiettivi prefissati dal decreto.

Nella *Tabella 3.3.3.2c* è indicato il numero di pozzi presi in considerazione nel corso dell'indagine preliminare riguardante i dati relativi agli anni 1996-99.

Tabella 3.3.3.2c Numero di Pozzi Esaminati, per Provincia (1996-1999)

Provincia	1996	1997	1998	1999
Udine	101	120	88	113
Pordenone	31	41	41	44
Gorizia	54	66	14	55
Totale	186	227	143	212

Fonte: dati ex-PMP – ARPA FVG, Convenzione Direzione Regionale dell'Ambiente, 1996-1999

Le concentrazioni rilevate nell'arco degli anni dal 1996 al 1999 hanno consentito una prima valutazione della tendenza, nell'arco temporale esaminato, della concentrazione di ione nitrato nelle acque sotterranee ed una prima individuazione delle zone che, sulla scorta dei dati, potevano già essere classificate come *aree vulnerabili* e di quelle che, considerato il trend delle concentrazioni, necessitavano di interventi preventivi al fine di evitare un futuro probabile superamento della soglia limite dei 50 mg/l di nitrati, con conseguente classificazione di *area vulnerabile*.

In *Tabella 3.3.3.2d* sono riportati i risultati della prima elaborazione effettuata: i valori di concentrazione di nitrati sono stati suddivisi in 6 intervalli e per ciascuno vengono indicate le frequenze dei valori rilevati nel quadriennio, divisi per provincia.

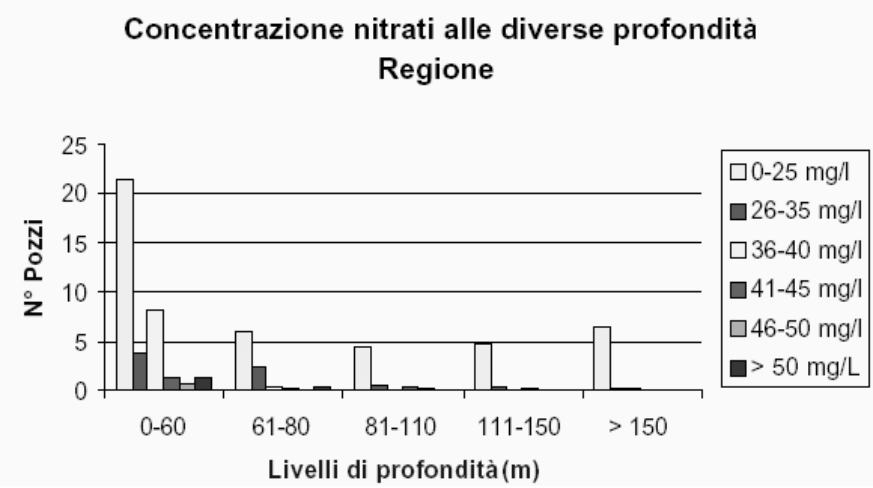
Tabella 3.3.3.2d ***Frequenze di Concentrazione di Nitrati, per Provincia, nel Periodo 1996-1999***

Nitrati	1996				1997				1998				1999			
(mg/l)	PN	UD	GO	tot	PN	UD	GO	tot	PN	UD	GO	tot	PN	UD	GO	tot
0-25	47	70	62	179	50	73	72	195	40	50	74	164	46	80	80	206
26-35	7	7	0	14	9	20	1	30	3	15	2	20	6	23	0	29
36-40	0	8	0	8	5	9	1	15	0	14	1	15	1	4	1	6
41-45	0	9	1	10	0	6	0	6	0	4	0	4	1	5	0	6
46-50		2	0	3	1	5	0	6	0	1	0	1	2	1	0	3
> 50	0	5	0	5	2	7	0	9	2	4	0	6	1	0	0	1

Fonte: ARPA FVG, *Decreto Legislativo n.152/99 Testo Unico sulle Acque – Zone vulnerabili di nitrati di origine agricola: indagine preliminare di riconoscimento*, 2000

Si osserva che la maggioranza dei punti campionati nelle tre province di Pordenone, Udine e Gorizia appartiene all'intervallo di concentrazioni compreso tra 0 e 25 mg/l; inoltre, si evidenzia una netta riduzione del numero di punti dove è stato rilevato il superamento del limite di 50 mg/l. L'analisi dei dati di concentrazione dei nitrati in relazione alla profondità dei pozzi monitorati, di cui si riportano i risultati in *Figura 3.3.3.2b*, ha permesso di mettere in evidenza come le concentrazioni più alte siano riscontrate nelle acque dei pozzi profondi fino a 80 metri.
Nei pozzi più profondi le concentrazioni diminuiscono sensibilmente, sia per effetto della diluizione, sia per la progressiva stratificazione e separazione degli acquiferi nel passaggio tra l'Alta e la Bassa Pianura.

Figura 3.3.3.2b Concentrazione dei Nitrati in Relazione alla Profondità dei Pozzi Monitorati



Fonte: ARPA FVG, *Decreto Legislativo n.152/99 Testo Unico sulle Acque – Zone vulnerabili di nitrati di origine agricola: indagine preliminare di riconoscimento*, 2000

Nell'anno 2001 l'attività di monitoraggio è proseguita, effettuando un'attenta revisione dei pozzi da utilizzare per le valutazioni relative all'eventuale individuazione di zone vulnerabili ai nitrati. A ciò sono state utili in parte le conoscenze acquisite ed in gran parte il Catasto Regionale dei Pozzi per acqua. Sempre dal Catasto Regionale dei Pozzi per acqua sono stati desunti dati relativi alle falde interessate dai punti di monitoraggio, integrati dai dati a disposizione del Dipartimento DiSGAM dell'Università di Trieste, relativamente all'idrogeologia della Pianura Friulana.

I pozzi presi in prima considerazione sono stati tutti quelli che, dal 1996 ad oggi, sono stati utilizzati per il prelievo, occasionale o periodico, di acque sottoposte poi ad analisi chimica, con particolare riferimento alla definizione della presenza di nitrati.
Sulla base delle conoscenze acquisite si sono distinti i pozzi che interessano la falda freatica a monte della linea delle risorgive (ubicati quindi nella cosiddetta Alta Pianura friulana) e quelli che interessano le falde artesiane della Bassa Pianura friulana, identificando le diverse falde artesiane utilizzate dai singoli pozzi.

Ad ogni pozzo monitorato è stata assegnata una sigla di cinque cifre di cui le prime due corrispondono al Codice ISTAT della provincia (31 Gorizia, 93 Pordenone, 30 Udine), le altre tre ad un numero progressivo nella Provincia di riferimento; inoltre ciascun pozzo è stato georeferenziato. Complessivamente sono stati presi in considerazione **338 pozzi**, così distribuiti:

- **136** in provincia di Gorizia;
- **85** in provincia di Pordenone;
- **117** in provincia di Udine;
- nella provincia di Trieste non vi sono pozzi di interesse ai fini della presente indagine.

Va tuttavia considerato che molti di questi pozzi sono stati, negli anni, dismessi e chiusi e di altri è incerta la profondità di emungimento; con un'ulteriore selezione si è infine pervenuti alla situazione finale descritta nella *Tabella 3.3.3.2e*, dove vengono messi in evidenza i pozzi, divisi per provincia e in base alla falda di emungimento accertato.
Sulla base dei risultati dell'analisi stratigrafica ed idrogeologica dei pozzi sotto osservazione, si sono utilizzati **224** pozzi che hanno sicuramente piena attitudine al monitoraggio, la cui distribuzione territoriale offre una copertura abbastanza uniforme del territorio regionale.

Tabella 3.3.3.2e ***Pozzi Utilizzati per il Monitoraggio dei Nitrati, Suddivisi per Provincia***

Falda	Gorizia	Pordenone	Udine	Totale	Totale pozzi utili
Ff	29	42	76	147	112
A	28	16	17	61	57
B	9	2	9	20	19
C	7	5	4	16	16
D	7	4	5	16	14
E	0	1	3	4	4
F	0	0	0	0	0
G	0	1	0	1	1
G*		1		1	1
Totale	**80**	**72**	**114**	**266**	**224**

Fonte: dati ARPA FVG, 2002

La posizione dei pozzi monitorati è rappresentata nella *Figura 3.3.3.2c* (riportata in fondo al Capitolo).

Gli acquiferi A-G, cui si fa riferimento nella *Tabella 3.3.3.2e*, corrispondono alle falde artesiane stratificate che sono descritte nella trattazione dell'indicatore 3-1 *Disponibilità delle Acque Sotterranee*.
I dati relativi all'andamento della concentrazione di nitrati nel periodo 1996-2001, relativi ad alcuni pozzi significativi distribuiti sul territorio regionale, sono riportati nella *Tabella 3.3.3.2f*.

Tabella 3.3.3.2f ***Andamento della Concentrazione Media di Nitrati (mg/l) in Alcuni Pozzi Significativi (1996-2001)***

Anno	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Falda
Aquileia	11.4	18.4	17.9	17.3	18.5	18.1	b
Aviano	18.6	21.0	19.2	18.7	20.7	20.6	ff
Castions di Z.	6.8	6.9	6.7	6.5	7.1	6.9	a
Gonars	52.8	52.1	51.5	40.2	49.6	52.0	ff
Monfalcone	11.5	13.1	13.3	14.3	13.9	14.7	a
Montereale V.	49.4	47.1	50.8	52.9	53.5	49.2	ff
Mortegliano	44.8	46.0	43.3	40.1	35.8	47.8	ff
San Pier d'Is.	5.4	6.2	6.0	6.2	6.0	7.3	c
Torviscosa	23.5	25.3	23.4	22.1	21.5	25.5	e

Fonte: dati ex-PMP – ARPA FVG, 1996-2001

Si osserva che le aree della Bassa Pianura (Torviscosa, Aquileia, Monfalcone, S. Pier d'Isonzo) e le aree pedemontane (Aviano, Castions di Zoppola) sono caratterizzate da bassi valori di concentrazione dei nitrati, che si mantengono entro il valore guida di 25 mg/l.

Le zone dell'Alta Pianura a monte della fascia delle risorgive (Montereale Valcellina, Gonars) sono invece caratterizzate da livelli di nitrati che in alcuni casi superano il limite di accettabilità di 50 mg/l stabilito dalla normativa.

In analogia a quanto fatto nell'indagine preliminare di riconoscimento, i dati delle analisi nei pozzi selezionati, relativi agli anni 2000 e 2001, sono stati disaggregati in 6 intervalli di concentrazione e sono state analizzate le frequenze relative a ciascun intervallo, riportate nella *Tabella 3.3.3.2g*.
La tendenza alla riduzione dei casi di superamento del limite di 50 mg/l è confermata e si possono evidenziare frequenze basse anche per gli intervalli di concentrazione compresi tra 40 e 50 mg/l.

Tabella 3.3.3.2g ***Frequenze di Concentrazione di Nitrati, per Provincia (2000 – 2001)***

Nitrati	PN		UD		GO		Tot	
(mg/l)	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
0-25	45	40	73	42	67	62	185	144
25-35	4	4	21	17	-	3	25	24
35-40	4	2	2	7	1	1	7	10
40-45	-	-	-	2	-	-	-	2
45-50	-	1	2	1	-	-	2	2
> 50	1	-	-	1	-	-	1	1

Fonte: dati ARPA FVG, 2002

L'indagine condotta ha evidenziato il superamento della soglia dei 50 mg/l di nitrati soltanto in due zone distinte, indicate nella *Tabella 3.3.3.2h* con pozzo 1) e pozzo 2), localizzate rispettivamente a Montereale Valcellina in provincia di Pordenone ed a Gonars in provincia di Udine. In questi due punti si osserva un andamento altalenante della concentrazione di nitrati rispetto al limite fissato dalla normativa, con un valore medio, relativo agli ultimi due anni 2000 e 2001, pari rispettivamente a 51,4 e 50,8 mg/l.

Tabella 3.3.3.2h ***Pozzi con Superamento del Limite per i Nitrati (50 mg/l)***

Pozzo	Località	Coord. X	Coord. Y	Concentrazione di nitrati (mg/l)					
				1996	1997	1998	1999	2000	2001
Pozzo 1)	Montereale Valcellina (PN)	2338707,84	5108177,58	49.0	47.1	50.8	52.9	53.5	49.2
Pozzo 2)	Gonars (UD)	2383315,00	5085140,00	52.8	52.1	52.5	40.2	49.6	52.0

Fonte: dati ex-PMP – ARPA FVG, Convezione Direzione Regionale dell'Ambiente, 1996-2001

Estremamente confortante è anche il rilevamento relativo alle acque sotterranee con concentrazione di nitrati comprese tra i 40 ed i 50 mg/l. L'indagine condotta ne ha evidenziati solamente 2, uno nei pressi di Gonars ed uno nel territorio del comune di Mortegliano. Questa situazione è rappresentata nella Carta intitolata *Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola: localizzazione dei pozzi monitorati – Concentrazione NO3 maggiore di 40 mg/* della *Figura 3.3.3.2d* (riportata in fondo al Capitolo).

Applicando il protocollo metodologico S.I.N.T.A.C.S. (Civita & De Maio, 1997) proposto nell'ambito degli studi sulla vulnerabilità degli acquiferi svolti in ambito Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (C.N.R.), i

ricercatori del Dipartimento DiSGAM dell'Università di Trieste sono giunti alla definizione del grado di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi della regione.
SINTACS (Civita, 1994) è un sistema parametrico che utilizza la combinazione di sette parametri idrogeologici, al fine di valutare la vulnerabilità intrinseca di un acquifero. A ciascun parametro viene attribuito un punteggio da 1 a 10, e la combinazione dei sette punteggi ottenuti rappresenta una misura della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero considerato. Per l'elaborazione della carta della vulnerabilità della Pianura Friulana, il territorio è stato suddiviso in una griglia regolare di unità areali quadrate di 1 km di lato e ad ogni elemento sono stati attribuiti i punteggi sopra richiamati. I valori di vulnerabilità sono suddivisi in una scala di sei valori: *vulnerabilità elevatissima, elevata, alta, media, bassa, bassissima.*

Nella Pianura Friulana i valori di vulnerabilità maggiori si sono riscontrati in corrispondenza della fascia delle risorgive e dei greti dei principali corpi idrici, caratterizzati da gradi di vulnerabilità *elevatissima* ed *elevata*. Nell'alta pianura la vulnerabilità è diffusamente *alta*, mentre nella bassa pianura i valori vanno da *alta*, a *media* e *bassa,* man mano che ci si allontana dalla linea delle risorgive.

Si osserva dunque che tutti i pozzi sopra menzionati si trovano in zone per le quali il grado della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi varia da *elevatissima* (Montereale Valcellina), ad *elevata* (Mortegliano), ad *alta* (Gonars).

Nello studio dell'ARPA FVG sono state inoltre integrate le conoscenze derivate da un'attenta valutazione della situazione dei principali corsi d'acqua superficiali, delle acque di transizione e di quelle marittimo costiere, in relazione alla presenza di nitrati: le analisi condotte a tutt'oggi non indicano presenza di nitrati in concentrazioni superiori ai 50 mg/l o prossime a tale limite. Ciò ha permesso di valutare di scarso rilievo, per tali acque, sia i fenomeni coseguenti al ruscellamento, a seguito dello spandimento di liquami su terreni vicini a corsi d'acqua, sia l'apporto di nitrati dall'utilizzo di concimi chimici azotati. Dall'esame delle concentrazioni di nitrati nelle acque dolci superficiali, lagunari o di transizione e marittimo costiere nessuna zona risulta quindi da classificare come "vulnerabile".

Le risultanze dell'indagine sono state comunicate all'amministrazione regionale per la conseguente designazione delle aree vulnerabili.
Ulteriori approfondimenti saranno utili per definire con precisione l'ubicazione delle attività agro-zootecniche sul territorio regionale e comprendere meglio il rapporto esistente tra produzioni agro-zootecniche e inquinamento delle falde. Sarà inoltre necessario approfondire le conoscenze delle dinamiche di circolazione e di flusso delle acque sotterranee, soprattutto nella ampia falda al di sopra della linea delle risorgive.

Oltre ai fertilizzanti, anche il consumo di prodotti fitosanitari, ed in particolare di atrazina, ha provocato nel passato problemi legati alla contaminazione delle falde sotterranee, specialmente nella bassa pianura pordenonese ed udinese e, marginalmente, nel goriziano.

Il monitoraggio della concentrazione di atrazina e dei suoi metaboliti (in particolare la deetilatrazina) viene regolarmente effettuato dai Dipartimenti Provinciali dell'ARPA FVG. In *Tabella 3.3.3.2i* sono riportati i controlli effettuati dall'ARPA FVG in Provincia di Udine e Pordenone dal 1996 al 2000, con i relativi risultati.

Tabella 3.3.3.2i ***Analisi della Concentrazione di Atrazina e suoi Metaboliti (µg/l) nei Comuni delle Province di Udine e Pordenone (1996-2000)***

N° Comuni monitorati	Anno	Numero campioni	≤ 0.10	%	> 0.10 < 0.15	%	≥ 0.15	%
Prov. Udine								
78 Comuni	1996	913	559	61.2	93	10.2	261	28.6
63 Comuni	1997	786	611	77.7	48	6.1	127	16.2
58 Comuni	1998	582	501	86.1	14	2.4	67	11.5
70 Comuni	1999	981	716	73.0	69	7.0	196	20.0
56 Comuni	2000	653	539	82.5	30	4.6	84	12.9
Prov. Pordenone								
24 Comuni	1996	79	55	69,6	15	19,0	9	11,4
23 Comuni	1997	107	71	66,4	16	15,0	20	18,6
24 Comuni	1998	120	80	66,7	13	10,8	27	22,5
22 Comuni	1999	131	97	74,1	14	10,7	20	15,3
24 Comuni	2000	113	88	78	10	8,8	15	13,2

Fonte: dati ex-PMP - ARPA FVG, Convezione Direzione Regionale dell'Ambiente, 1996-2000

I dati fanno rilevare una situazione in progressivo miglioramento, con una percentuale di campioni che rispettano il limite, stabilito nel *DPR 236/88* in materia di acque destinate al consumo umano, pari a 0,1 µg/l per il singolo erbicida. In provincia di Udine la percentuale di campioni entro il limite è passata, pur con qualche oscillazione tra un anno e l'altro, dal 61,2% del 1996 all'82,6% del 2000. Anche in Provincia di Pordenone si rileva un analogo progressivo miglioramento, con l'aumento dei campioni aventi concentrazione al di sotto del limite dal 69,6% del 1996 al 78% del 2000.

In uno studio sulla vulnerabilità delle falde friulane da nitrati ed antiparassitari, effettuato dal Dipartimento DISGAM dell'Università di Trieste (F. Cucchi et Al., 1999), si è verificato che la vulnerabilità è particolarmente elevata dove la falda freatica è prossima al piano di campagna e presenta elevate escursioni del livello piezometrico.
I dati utilizzati nell'elaborazione, riferiti al periodo 1996-1998, mostrano che la zona con concentrazioni più elevate di nitrati e di atrazina e metaboliti è situata a sud della città di Palmanova. Nelle acque sotterranee della bassa pianura, in destra Tagliamento, tali sostanze sono praticamente assenti, verosimilmente grazie alla presenza di una successione sedimentaria di materiali torbosi, che, in condizioni anossiche, hanno un forte potere riducente e favoriscono la degradazione delle molecole inquinanti. In queste zone sussiste tuttavia il rischio che l'atrazina ed i metaboliti assorbiti dai materiali torbosi vengano nel tempo rilasciati nelle falde (F. Cucchi et Al., 1999).

Al fine di valutare l'evoluzione temporale della contaminazione rispetto alla situazione analizzata nello studio dell'Università di Trieste, in *Figura 3.3.3.2e* (riportata in fondo al Capitolo) si rappresenta la carta dei superamenti del

limite per le concentrazioni di atrazina e metaboliti, costruita sulla base dei dati delle analisi effettuate dai Dipartimenti Provinciali dell'ARPA FVG nell'anno 2000.
Nella carta è riportato, in corrispondenza dei Comuni dove sono stati effettuati monitoraggi dell'atrazina e suoi metaboliti, il numero di campioni analizzati; la colorazione del territorio di ciascun comune corrisponde alla percentuale di campioni che sono risultati oltre il limite stabilito dalla normativa. Le aree maggiormente colpite dall'inquinamento delle acque sotterranee sono in particolare l'alta pianura pordenonese e la parte centro-orientale e meridionale della pianura udinese, dove oltre l'80% dei campioni supera il limite.

Nel complesso, dai dati disponibili, e particolarmente dalla diminuzione della concentrazione di atrazina e contestuale aumento dei livelli dei suoi metaboliti, si evince che il fenomeno della contaminazione da atrazina è in regressione, pur essendo ancora presenti casi di superamento dei limiti stabiliti dal *DPR 236/88* in materia di acque destinate al consumo umano.

Nella Regione Friuli Venezia Giulia si sono anche verificati e studiati alcuni casi di contaminazione della falda di origine industriale, che vengono sinteticamente presentati nel seguito.
Nel quadro dei controlli previsti dalle normative in tema di potabilità dell'acqua, a partire da marzo 1987 è stata rilevata nell'acquifero freatico che alimenta l'acquedotto del Comune di Fontanafredda la presenza di tetracloroetilene (PCE) e tracce di tricloroetilene (TCE) e 1.1.1 tricloroetano, in concentrazioni superiori ai limiti previsti dalle disposizioni di legge.

La verifica dell'estensione dell'inquinamento verso nord, mediante terebrazione dei pozzi spia, ha portato fino alla zona industriale del Comune di Aviano dove il pozzo spia **S7**, terebrato a valle di una attività di serigrafia industriale che, per le lavorazioni, impiegava grandi quantità di PCE e 1.1.1 tricloroetano, aveva fatto rilevare concentrazioni particolarmente elevate rispetto agli altri pozzi spia meridionali.
In seguito ad una sistematica ricognizione di tutta la superficie indicata, e relativi carotaggi del terreno, si è stato accertato che il sottosuolo al di sotto delle cisterne di deposito di tetracloroetilene era impregnato del solvente con concentrazioni dell'ordine di grammi per chilogrammo, fino a otto metri di profondità, cioè fino al tetto di uno strato di argilla di circa 50 centimetri di spessore, sotto il quale il terreno era non inquinato.
Nel luglio 1987 sono stati prelevati campioni di terreno dell'area dello stoccaggio dei solventi clorurati all'interno dello Stabilimento con gli esiti indicati in *Tabella 3.3.3.2l*.

Tabella 3.3.3.2l Presenza di Solventi Clorurati negli Strati Superficiali del Terreno

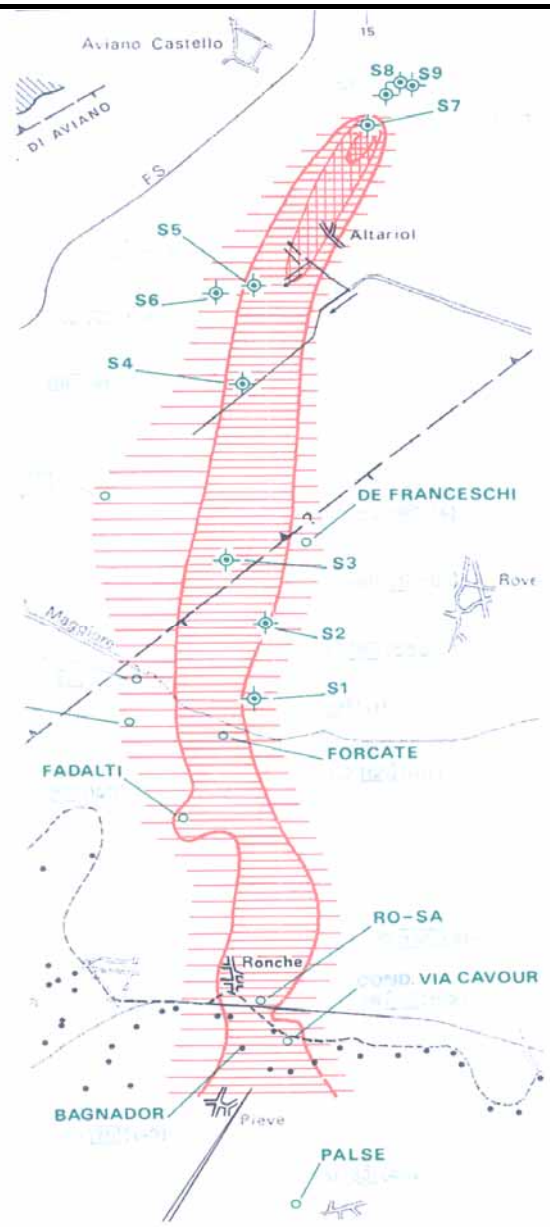
Profondità		1,1,1 tricloroetano		Tetracloroetilene	
0,7	m	0,3	g/kg	3,84	g/kg
2,0	m	1,34	g/kg	12	g/kg
5 – 6	m	< 50	µg/kg	0,005	g/kg
6 – 7	m		-	2,7	g/kg
7 – 7,6	m		-	6,3	g/kg

Fonte: dati ARPA FVG, 2001

L'area in esame ricade nel settore di pianura friulana ad Ovest del fiume Tagliamento, compreso tra Aviano a Nord e l'allineamento Pordenone-Sacile a Sud mentre in senso meridiano i limiti sono il Livenza ad Ovest ed il sistema Cellina-Meduna ad Est.

Le indagini condotte negli anni seguenti hanno evidenziato una fascia di diffusione degli inquinanti, disposta nella direzione di flusso prevalente della falda, della lunghezza di circa 15 km e con larghezza di circa 1 km, che interessa i Comuni di Aviano, Roveredo, Fontanafredda e Porcia.
In questa zona sono stati terebrati numerosi pozzi spia i cui controlli si protraggono da allora fino ad oggi, evidenziando concentrazioni di solventi in continua diminuzione soprattutto nella parte alta della pianura al di sopra della linea delle risorgive.
La localizzazione dei pozzi è riportata nella *Figura 3.3.3.2f*.

Figura 3.3.3.2f ***Posizione dei Pozzi di Monitoraggio sulla Presenza di Tetracloroetilene nella Zona di Aviano***

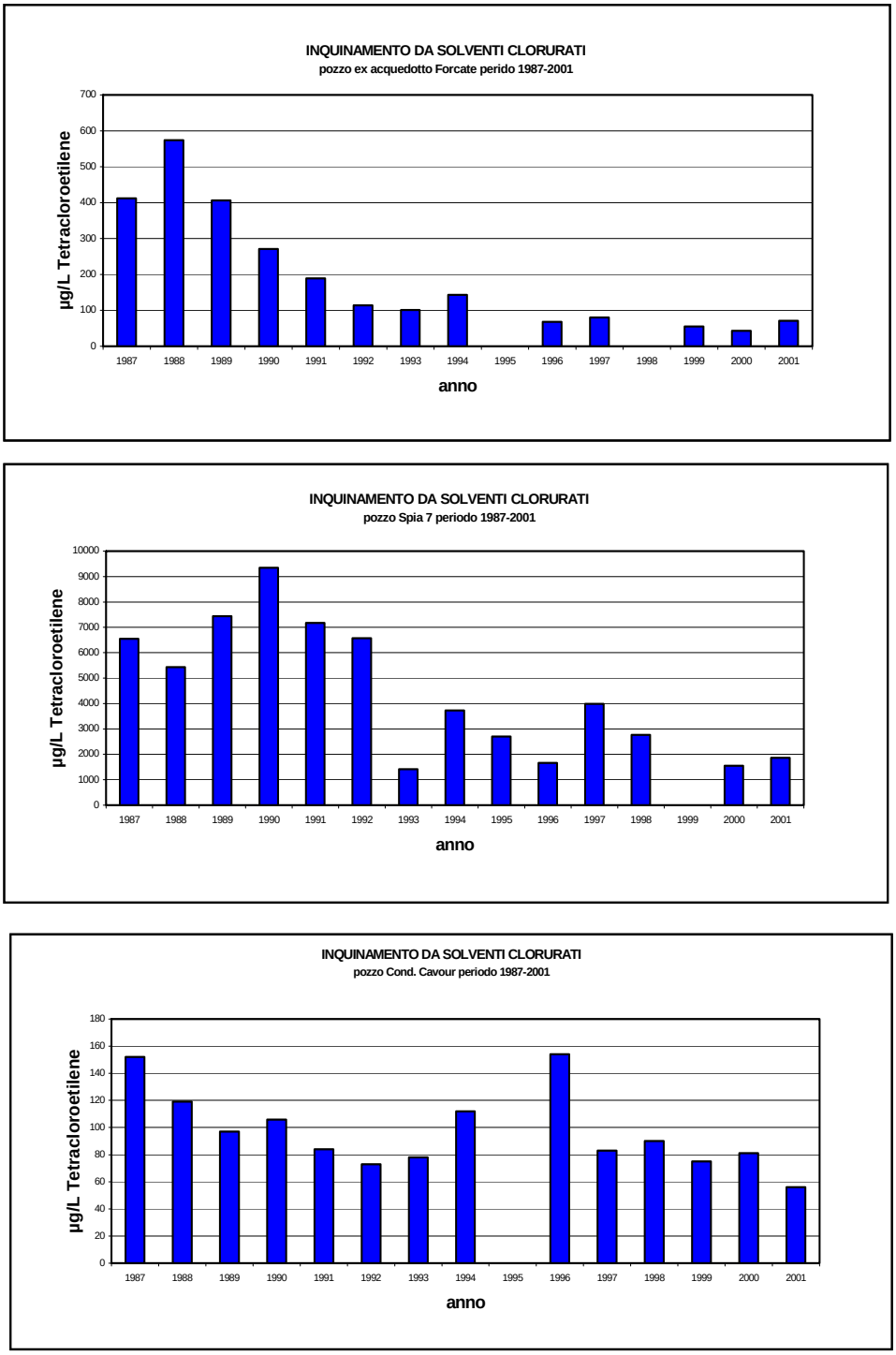


Fonte: ARPA FVG, 2001

In *Figura 3.3.3.2g* si riporta l'andamento della concentrazione di Tetracloroetilene, nel periodo dal 1987 al 2001, in 3 pozzi significativi posti a valle della zona industriale di Aviano.

I pozzi sono stati scelti per la loro ubicazione nella parte alta (pozzo spia **S7**) , nella parte mediana (pozzo ex acquedotto di Forcate a Fontanafredda) e nella parte bassa (pozzo Condominio a Porcia) della zona contaminata. Appare evidente che a distanza di 15 anni l'inquinamento delle falde è ancora in atto e risulta impossibile ipotizzarne la durata nel tempo: nella parte settentrionale e centrale dell'area è evidente una tendenza alla diminuzione, mentre nella parte meridionale il fenomeno presenta un picco in tempi più recenti, che risulta attenuato soltanto in parte nel corso del tempo.

Figura 3.3.3.2g ***Andamento della Concentrazione di Tetracloroetilene in 3 Pozzi Significativi nel Periodo 1987-2001***



Fonte: ARPA FVG, 2001

Un'altra fonte di inquinamento delle acque sotterranee è legata alla contaminazione del suolo da metalli pesanti. Contrariamente ad altre sostanze molto solubili che si diffondono rapidamente nelle acque, l'inquinamento da metalli pesanti non è sempre conseguenza diretta della contaminazione del suolo: sovente nei suoli che hanno elevata capacità di attenuazione dell'inquinamento, i metalli pesanti vengono "catturati" dalle particelle di

terreno negli strati superficiali e così sottratti alla possibile percolazione nelle falde.

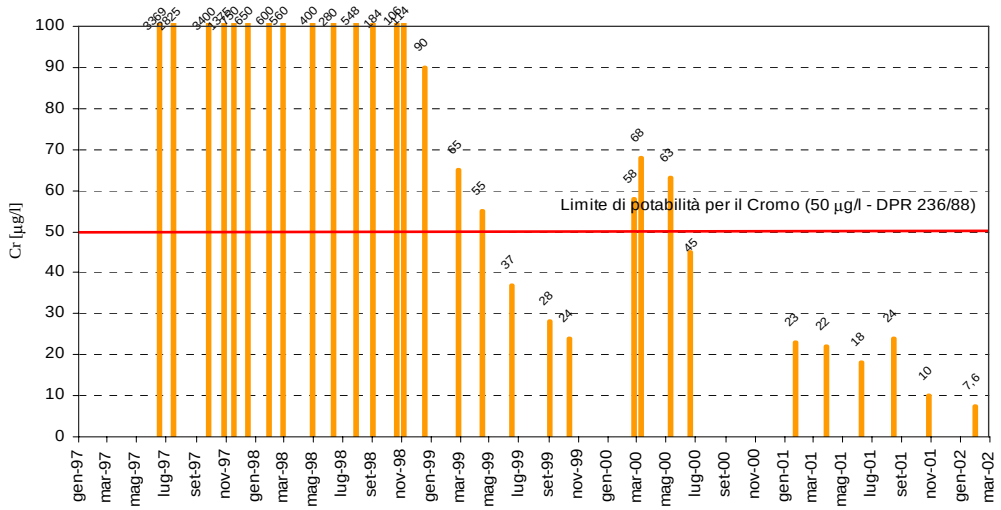
Come si può leggere nella trattazione dell'Indicatore 2-5 *Capacità di Attenuazione dei Suoli* del Capitolo *Suolo*, la capacità di attenuazione non è però illimitata e può subire variazioni anche consistenti per l'influenza di diversi fattori. Ad esempio si è precedentemente riportato che il ferro, normalmente presente nei suoli in forma insolubile, nelle condizioni riducenti tipiche dei suoli torbosi, diffusi nella bassa pianura, viene trasformato in ferro bivalente solubile e si ritrova nelle falde in concentrazioni anche elevate.

Uno studio per la valutazione dei metalli pesanti derivanti da deposizioni atmosferiche nelle acque di falda è stato effettuato nella zona industriale di Rivoli di Osoppo-Buia dal Dipartimento Provinciale di Udine dell'ARPA.
La zona è particolarmente delicata per l'elevata permeabilità ed una falda superficiale; inoltre il campo pozzi di Osoppo-Gemona, in località Molin del Bosso, fornisce acqua ad uso potabile a gran parte della pianura udinese. E' dunque legittima la preoccupazione per l'eventualità di impatto sulle acque di falda da parte delle attività industriali presenti ed in particolare dell'acciaieria e delle attività di lavorazione di metalli.
Lo studio dell'ARPA ha messo in relazione i dati rilevati mediante campagne di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico con i dati analitici delle acque di falda superficiali, a profondità inferiori a 10 m dal piano campagna, prelevate in 6 pozzi della zona industriale. Allo stato attuale, i risultati non evidenziano situazioni di significativa contaminazione da metalli pesanti in atto. Nel confronto con i limiti stabiliti dal *DPR 236/88* per le acque destinate al consumo umano e dal *DM 471/99* in materia di bonifiche di siti inquinati, i valori rilevati risultano sempre ampiamente al di sotto dei rispettivi limiti: per molti metalli (cadmio, cromo, arsenico, mercurio, piombo, rame, manganese, litio, vanadio, selenio, argento, antimonio, cobalto, berillio) le concentrazioni sono al di sotto o prossime al limite di rilevabilità del metodo analitico utilizzato, mentre per altri (nichel, zinco, bario, stronzio, boro, sodio, potassio, alluminio) sono molto basse. Come già visto in precedenza, i livelli di alcuni traccianti naturali di origine endogena, quali solfati, bario e stronzio, caratterizzano la provenienza delle acque dal Bacino del Tagliamento o da altre zone della regione.

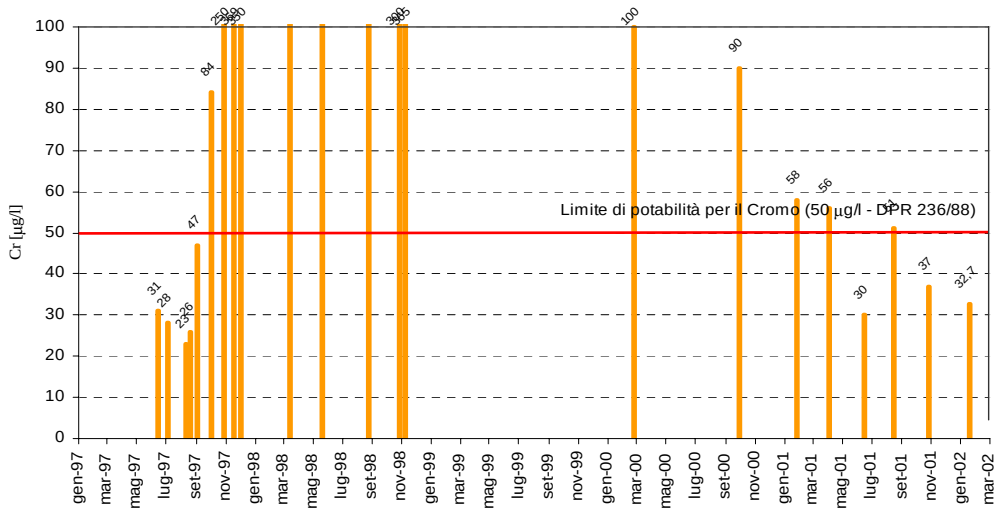
Nella zona a Sud di Udine è stata rilevata nel 1997 una situazione di inquinamento delle acque di falda freatica da cromo esavalente. Il fenomeno ha riguardato un'area estesa, che ricade nei comuni di Pavia di Udine, S. Maria la Longa e Bicinicco, con interessamento di numerosi pozzi privati, ad uso irriguo ed industriale, e del pozzo dell' acquedotto pubblico del Consorzio Acquedotto Friuli Centrale.
I risultati delle analisi sui campioni prelevati nell'operazione di monitoraggio, in corso dal 1997, in numerosi pozzi, rappresentati nella carta in *Figura 3.3.3.2h* (riportata in fondo al Capitolo), hanno evidenziato un movimento del plume in direzione NE-SO. In *Figura 3.3.3.2i* è riportato l'andamento delle concentrazioni di cromo esavalente nel periodo 1997-2001 in alcuni pozzi considerati significativi, adibiti a diversi utilizzi, nella zona di Pavia di Udine e S. Maria la Longa.

Figura 3.3.3.2i ***Andamento della Concentrazione di Cromo in Alcuni Pozzi Significativi nei Comuni di Pavia di Udine e di S. Maria la Longa (1997-2002)***

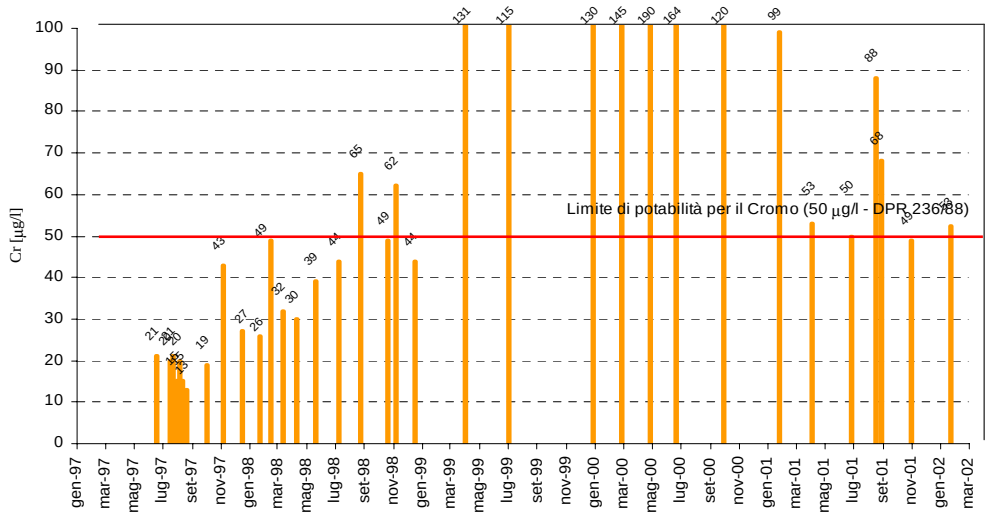
a) Pozzo n. 10, località Lauzacco (Pavia di Udine), profondità 40 m



b) Pozzo n. 14, località Crosada (S. Maria la Longa), profondità 40 m



c) Pozzo n. 19, località Tissano (S Maria la Longa), profondità 60 m



Fonte: elaborazione dati ex-PMP - ARPA FVG, 1997-2002

I grafici evidenziano come, dopo alcuni picchi di concentrazione, la situazione sia andata, nel tempo, migliorando e tenda a rientrare al di sotto del limite della concentrazione del cromo (50 µg/l) stabilito dal *DPR 236/88* per le acque destinate al consumo umano.
Tale riduzione potrebbe tuttavia non essere stabile, ma dipendere dall'abbassamento del livello della falda freatica nella zona, e potrebbe intensificarsi nuovamente se il livello piezometrico tornasse a lambire gli strati superficiali contaminati del terreno.
L'area di Pavia di Udine è stata inserita nell'elenco regionale dei siti inquinati, e sarà soggetta alla procedura di caratterizzazione e bonifica prevista dal *DM 471/99* in materia di siti inquinati, di cui si tratta in dettaglio nell'Indicatore 2-6 *Siti inquinati* della Tematica *Suolo*.

Un'altra fonte potenziale di pericolo di inquinamento delle falde deriva dalla perdita di percolato dalle discariche, situazione questa che può riguardare le vecchie discariche esaurite, realizzate senza le opportune opere di impermeabilizzazione del fondo e delle pareti o dove i materiali utilizzati si siano degradati nel tempo consentendo fuoriuscite del percolato, ma anche impianti tuttora attivi.
Il rischio di inquinamento delle falde freatiche del Friuli Venezia Giulia ad opera di discariche è stato analizzato in uno studio dell'Università di Trieste (Stefanini e Giorgetti, 1996) effettuato su 129 discariche di 1^ e 2^ categoria localizzate nel territorio dell'Alta Pianura Friulana (nella Regione Friuli Venezia Giulia non sono presenti discariche di 3^ categoria), utilizzando dati aggiornati alla fine del 1995, riportati in *Tabella 3.3.3.2m*. Delle discariche esaminate, 56 risultavano attive e 73 dismesse per esaurimento o per revoca dell'autorizzazione regionale.

Tabella 3.3.3.2m ***Discariche Attive e Dismesse Localizzate nel Territorio dell'Alta Pianura Friulana (Situazione a Fine 1995)***

Discariche	Attive	Dismesse	Vol. autorizzato (maggio 1995)	Vol. occupato (aprile 1993)
Categoria 1^	7	23	2216000	1774000
Categoria 2^A	43	42	4484084	1455923
Categoria 2^B	6	8	1133012	344686
Categoria 2^C	-	-	-	-

Fonte: S. Stefanini e F. Giorgetti, Università degli Studi di Trieste - Dipartimento DISGAM, *I potenziali inquinamenti delle falde freatiche della Pianura Friulana ad opera delle discariche*, 1996

Sono stati identificati gli impianti a maggiore rischio di inquinamento del suolo e delle falde, mediante esame dei risultati delle analisi effettuate sul percolato di alcune discariche di cat.1^ e 2^B, selezionate sulla base di alcuni criteri di base:

- discariche attive o esaurite da poco tempo;
- discariche riconosciute a rischio;
- impianti ubicati in zone molto permeabili;
- impianti nei quali era possibile il campionamento del percolato.

Dallo studio risultava anche una valutazione della rispondenza degli impianti ai requisiti normativi e la presenza di idonei sistemi di prevenzione dell'inquinamento:

- 22 discariche, di cui 6 attive, risultavano prive di sistemi di raccolta del percolato;
- 6 discariche, di cui 1 attiva, risultavano prive dell'impermeabilizzazione del fondo;
- 1 discarica presentava una distanza del fondo dal livello massimo della falda freatica non idonea;
- 5 discariche, di cui 4 attive, risultavano situate in aree soggette ad allagamento per esondazione di corsi d'acqua vicini.

Sulla base di controlli effettuati dai PMP delle Unità Sanitarie Locali N.11 (Pordenone), N.7 (Udine) e N.2 (Gorizia) sono state evidenziate alcune situazioni di presenza di inquinamento microbiologico e chimico nei pozzi spia di alcune discariche, riassunte nella *Tabella 3.3.3.2n*.

Tabella 3.3.3.2n Monitoraggio di Pozzi Effettuato dai PMP Provinciali nel 1992

Provincia	N. pozzi esaminati	Esito
Udine (USL N.7)	47	Non sono rilevati superamenti dei limiti per i parametri caratteristici di influenze da discariche. E' presente inquinamento microbiologico in 17 pozzi.
Pordenone (USL N.11)	48	Non sono rilevati superamenti dei limiti per i parametri caratteristici di influenze da discariche. E' presente inquinamento microbiologico in 5 pozzi.
Gorizia (USL N.2)	24	Non sono rilevati superamenti dei limiti per i parametri caratteristici di influenze da discariche.

Fonte: S. Stefanini e F. Giorgetti, Università degli Studi di Trieste - Dipartimento DISGAM, *I potenziali inquinamenti delle falde freatiche della Pianura Friulana ad opera delle discariche*, 1996

In base all'analisi dei livelli freatimetrici e delle direzioni di scorrimento delle acque sotterranee, i cui risultati sono riassunti nella *Tabella 3.3.3.2o*, è stata riscontrata l'esistenza di un rischio significativo di contaminazione dell'acqua in 14 pozzi, che alimentano alcune importanti reti acquedottistiche della Pianura.
Tali pozzi ricadono nel ventaglio dei potenziali pennacchi di inquinamento derivanti da alcune delle discariche che denotano carenze costruttive e non risultano dotate dei necessari sistemi di prevenzione dell'inquinamento.

La diffusione della contaminazione dagli strati superficiali del terreno fino alle falde profonde è collegata a diversi fattori:

- le falde artesiane della Bassa Pianura sono alimentate prevalentemente dalle falde freatiche dell'alta pianura, caratterizzate dalla presenza di paleoalvei sepolti composti da materiali altamente permeabili che costituiscono vie preferenziali di scorrimento delle acque sotterranee;

- la percolazione nelle falde delle acque meteoriche e dei corsi d'acqua superficiali contaminati e la velocità del flusso possono favorire il trasporto a grande distanza di sostanze con punto di rilascio anche lontano dalle zone in cui si rileva l'inquinamento;
- la separazione tra diversi acquiferi, in corrispondenza della fascia delle risorgive, non è completa e si può verificare una comunicazione verticale tra diverse falde.

Tabella 3.3.3.2o ***Pozzi Interessati da Potenziali Inquinamenti Derivanti dalle Discariche Attive e Dismesse, Localizzate nel Territorio dell'Alta Pianura Friulana (Situazione a Fine 1995)***

Provincia	Acquedotto	Categoria discariche
PN	Acquedotto di Roveredo in Piano	1^
PN	Consorzio Acquedotto Arzene, S. Martino, Valvasone	2^A
UD	CAFC	1^ , 2^A, 2^B
UD	Acquedotto di Palmanova	1^ , 2^A
UD	Consorzio acquedotto del Poiana	2^A
GO	Consorzio Intercomunale Ronchi dei Legionari	1^, 2^A
GO	Acquedotto di Monfalcone	1^
GO	AMGA	2^A

Fonte: S. Stefanini e F. Giorgetti, Università degli Studi di Trieste - Dipartimento DISGAM, *I potenziali inquinamenti delle falde freatiche della Pianura Friulana ad opera delle discariche*, 1996

Le discariche più a rischio sono quelle di categoria 1^ e 2^B, in quanto i rifiuti depositati si degradano nel tempo e possono dar luogo alla formazione di liquami fortemente inquinanti (percolato).
Le discariche di categoria 2^A, utilizzate per lo smaltimento dei materiali inerti, non dovrebbero creare problemi di contaminazione, semprechè si possa essere certi che i materiali smaltiti siano effettivamente e soltanto inerti.

Non esiste a tutt'oggi una catasto esaustivo delle discariche esistenti, chiuse o ancora in attività, e per quelle note non sono sempre disponibili informazioni e dati sull'esistenza di pozzi di monitoraggio della falda. Va evidenziato che solo negli ultimi anni si impone, nelle autorizzazioni, la predisposizione di piezometri ad hoc e programmi di monitoraggio della falda.

Attualmente, dal Dipartimento ARPA di Udine vengono sottoposte a monitoraggio, pur se con frequenze di campionamento diverse, cinque discariche di cui tre di 1^e due di 2^categoria, tipo B. Per altre sei discariche, quattro di 1^ e due di 2^ categoria, il controllo viene invece effettuato su richiesta.
Nelle tre discariche di 1^ categoria il monitoraggio è stato impostato in seguito a dubbi sulla tenuta dell'impermeabilizzazione del fondo delle discariche. In tutti i casi è stata evidenziata, per garantire un controllo di tutta la discarica, l'insufficienza dei pozzi a monte e a valle previsti in progetto; di conseguenza è stato necessario, nelle situazioni critiche, ampliare il numero dei piezometri sulla base delle conoscenze della direzione della falda in loco. In tutti gli altri casi vengono utilizzati i soli pozzi esistenti.

L'analisi viene impostata sulla base della tipologia della discarica e comprende sia gli inquinanti tipici legati ad eventuali perdite di percolato che

altri parametri di caratterizzazione della falda; la frequenza del controllo è in relazione alla velocità della falda.
I dati relativi al monitoraggio in prossimità di discariche nella Provincia di Udine sono riportati nella *Tabella 3.3.3.2p*.

Tabella 3.3.3.2p Controllo dei Pozzi in Prossimità di Discariche nella Provincia di Udine

Discarica	N° Pozzi	Frequenza	N° parametri	Note
EXE–Trivignano	5	quindicinale	11	Nessuna alterazione
Com.Collinare-Fagagna	4	settimanale	11	Episodiche alterazioni in 1 pozzo
SOCECO-Pozzuolo	6	settimanale	19	Alterazioni in atto in 1 pozzo
PREFIR-Premariacco	4	bimestrale	10	Alterazioni non riconducibili alla discarica
ECOPLAN-S.Giovanni	2	su richiesta	11	Nessuna alterazione
GESTECO-Cividale	4	semestrale	10	Nessuna alterazione
Loc.Major-Sedegliano	3	su richiesta	26	Nessuna alterazione
CSR-Gonars	2	su richiesta	35	Nessuna alterazione
GESTECO-Mortegliano	1	su richiesta	35	Nessuna alterazione
Discarica ANUA-Gonars	1	su richiesta	35	Nessuna alterazione
Discarica IDECO-Bicinicco	2	su richiesta	35	Nessuna alterazione

Fonte: dati ARPA FVG, 2002

I dati del Dipartimento di Gorizia relativi al 2000 sul monitoraggio dei pozzi spia (pozzi 1, 2 e 3) della Discarica del Comune di Cormons, in Località Molin Novo, sono sempre conformi ai limiti di legge e non evidenziano fenomeni di contaminazione in atto.

I dati del monitoraggio effettuato nel 1997 dal Dipartimento di Pordenone nei pozzi in prossimità di 8 discariche della Provincia, riportati in *Tabella 3.3.3.2q*, mettevano in evidenza la presenza di segnali di rilascio di percolato nella falda in 3 casi: la discarica ex Praedium a Fontanafredda e le discariche ex ASPICA ed ex SNUA a Roveredo in Piano.

Tabella 3.3.3.2q Controllo dei Pozzi in Prossimità di Discariche nella Provincia di Pordenone

Discarica	Stato nel 1997	N° pozzi campionati	Note
Discarica ex PRAEDIUM (rifiuti speciali) Fontanafredda	Chiusa (attivata nel 1986, dismessa primi anni '90)	1 pozzo spia (prof. 42 m)	Alterazione dovuta ai cloruri
Discarica di Cordenons (RSU)	Attiva	2 pozzi (monte/valle)	Nessuna alterazione
Discarica ZANUSSI Porcia (rifiuti speciali)	Attiva	3 pozzi spia (prof. 25 – 30 m)	Nessuna alterazione
Discarica AMIU (RSU) Vallenoncello	n.d.	-	Campionamento non rappresentativo (pompe

Discarica	Stato nel 1997	N° pozzi campionati	Note
			sommerse non funzionanti)
Discarica ex ASPICA Roveredo in Piano	Chiusa (attiva nel periodo 1978-82)	2 pozzi (monte/valle) (prof. 60 m)	Rilevanti segni di alterazione dovuta a parametri indicatori di perdita di percolato: • Ammoniaca • TOC • Nitriti • Potassio
Discarica SABI (ex cave S. Lazzaro) Roveredo in Piano	n.d.	2 pozzi (monte/valle) (prof. 40 m)	Nessuna alterazione
Discarica ex SNUA Roveredo in Piano	Chiusa (esaurita da oltre 10 anni)	3 pozzi spia (prof. 60 m)	Rilevanti segni di alterazione dovuta a parametri indicatori di perdita di percolato: • Ammoniaca • TOC • Potassio
Discarica Ditta Lorenzon (inerti) S. Quirino	n.d.	1 pozzo spia	Nessuna alterazione

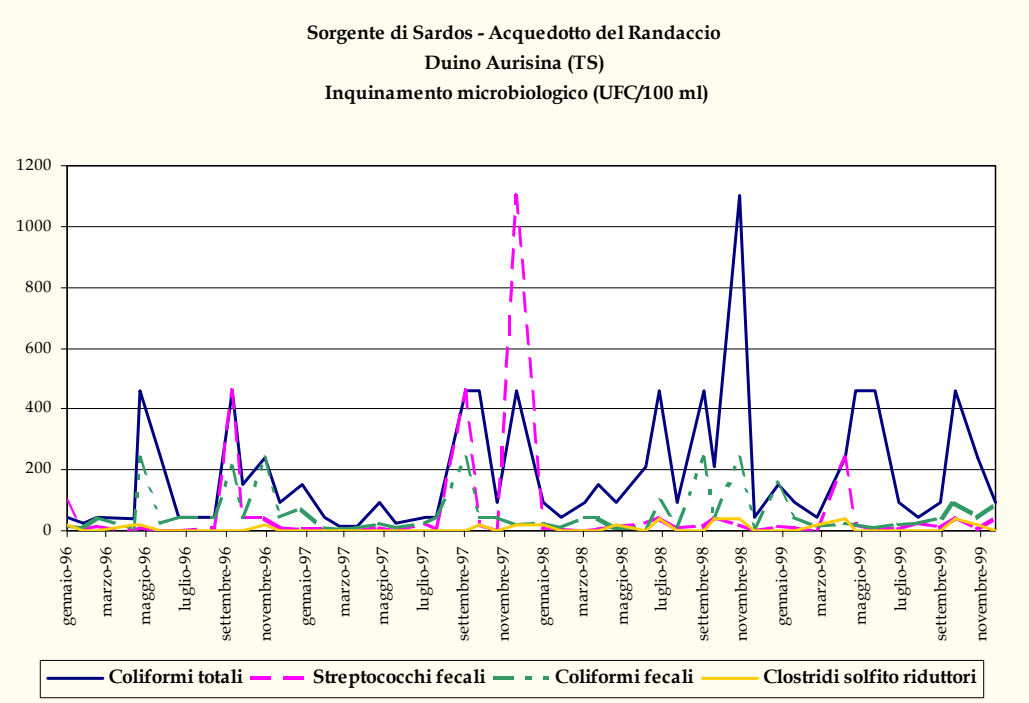
Fonte: dati ex-PMP di Pordenone - Dipartimento Provinciale dell'ARPA FVG, 1998

L'azione di filtro naturale delle acque sotterranee svolto dal terreno e dalle formazioni rocciose che esse attraversano è fondamentale anche per la salvaguardia della qualità dal punto di vista igienico delle acque stesse. Batteri e altre sostanze organiche in sospensione vengono sovente trattenuti dal terreno e dalle rocce, purificando l'acqua.
L'inquinamento microbiologico delle acque sotterranee generalmente deriva dalla percolazione di liquidi fortemente inquinati attraverso il terreno, come ad esempio sono le deiezioni animali degli allevamenti zootecnici, lo spargimento di liquami sul suolo, i rilasci da reti fognarie e da pozzi perdenti.

Il grado di inquinamento microbiologico che si rileva nei campionamenti effettuati dai tecnici dell'ARPA nelle acque sotterranee è in genere di entità limitata; tuttavia rappresenta un problema diffuso in molti piccoli acquedotti.

Nel grafico in *Figura 3.3.3.2l* sono riportati a titolo di esempio gli andamenti dei parametri microbiologici nel periodo 1996-1999 nelle acque della Risorgiva Sardos, nel comprensorio dell'acquedotto del Randaccio, che rifornisce l'intera provincia di Trieste, a Duino Aurisina (TS).

Figura 3.3.3.2l ***Andamento dei Parametri Microbiologici nelle Acque della Sorgente di Sardos a Duino Aurisina (TS) (1996-1999)***



Fonte: elaborazione dati ex-PMP – ARPA FVG, 1996-1999

Nel grafico si può osservare la marcata stagionalità dell'andamento dei parametri microbiologici, che presentano picchi nei mesi primaverili ed autunnali, legati alle maggiori precipitazioni meteoriche.

In generale la situazione regionale, per quanto riguarda l'inquinamento microbiologico delle acque sotterranee, è sufficientemente buona in tutte le province; in pochi casi i controlli effettuati rilevano basse concentrazioni riferite a parametri microbiologici nelle acque sotterranee.
E' opportuno sottolineare che in molti casi, come indicato anche nella trattazione del Capitolo *Acque interne e acque destinate al consumo umano*, la presenza di inquinamento microbiologico è da ascrivere al precario stato di manutenzione dei punti di campionamento, piuttosto che alla qualità delle acque prelevate.

I pozzi per l'approvvigionamento idrico non sempre sono dotati di sistemi di filtrazione e disinfezione e taluni centri abitati sono serviti da acquedotti plurimi piccoli, talvolta piccolissimi, piuttosto datati, che creano per le amministrazioni pubbliche grossi problemi di gestione in quanto le opere di presa sono numerose e spesso poste in località difficili da raggiungere, particolarmente nelle zone montane e pedemontane della regione.
Si assiste così al progressivo degrado delle opere acquedottistiche per carenza di manutenzione e, in occasione di dissesti e di precipitazioni meteoriche particolarmente intense, si possono verificare episodi temporanei di inquinamento.

Riferimenti per la Valutazione

I limiti per le concentrazioni di sostanze inquinanti nelle acque sotterranee, riferiti all'uso potabile, sono stabiliti dal *DPR 236/88* in materia di acque destinate al consumo umano che sarà sostituito a dicembre 2003 dal *Decreto Legislativo 2 febbraio 2001 n. 31* che recepisce la *Direttiva* comunitaria *98/83/CE*. Ulteriori informazioni sulle concentrazioni limite di sostanze inquinanti, sia di natura organica che inorganica, possono essere ricavate dal *Decreto Ministeriale 25 ottobre 1999 n. 471* relativo alla messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati.

Valutazione della Qualità del Dato

I dati analitici utilizzati per lo sviluppo dell'indicatore sono stati tratti dal database delle analisi effettuate dagli ex-PMP, che dal 1999 sono diventati Dipartimenti Provinciali dell'ARPA FVG, con serie storiche riferite al periodo 1996-2001. Altre informazioni e dati in merito agli inquinamenti delle acque sotterranee, analizzati da diversi Enti nel corso degli ultimi anni, sono state tratte da varie pubblicazioni di letteratura.

3.3.3.3 Scheda dell'Indicatore 3-3: Stato Ambientale delle Acque Sotterranee

Codice Indicatore	*3-3*
Tematica	*Sottosuolo e acque sotterranee*
Sottotematica	*Qualità delle acque sotterranee*
Indicatore	*Stato ambientale delle acque sotterranee*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Valutare lo stato di qualità delle acque sotterranee secondo la metodologia stabilita dal D.Lgs. 152/99*
Riferimenti	*D.Lgs. n.152 del 11/05/1999 (modificato dal D.Lgs. 258/00), Testo Unico sulle Acque*
Dati necessari	*Andamento spazio-temporale dei parametri di qualità delle acque di falda*
Fonte	*ex-PMP - ARPA-FVG*
Disponibilità	**Ambito Spaziale:** *regionale e provinciale* **Aggiornamento:** *annuale* **Periodo:** *1997-1999*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

Il *Decreto Legislativo n.152 dell'11/05/1999* sulla tutela delle acque dall'inquinamento ha finalmente stabilito una metodologia standardizzata per la valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici sotterranei.
Utilizzando i dati analitici risultanti dai monitoraggi dei Presidi Multizonali di Prevenzione Provinciali, dal 1999 confluiti in ARPA FVG, nel prosieguo della trattazione si fornirà un quadro della situazione delle acque sotterranee a livello regionale, alla luce della nuova normativa.

E' indispensabile però precisare che tale valutazione viene fatta in via sperimentale, in quanto i dati a disposizione non sono ancora sufficienti a soddisfare tutti i requisiti previsti: nei database degli anni passati non sono presenti tutti i parametri richiesti per lo sviluppo puntuale della procedura prevista dal citato decreto.
Per l'individuazione dei corpi idrici sotterranei si sono utilizzate, quale riferimento, le 7 province idrogeologiche individuate dagli studi sulle falde friulane del Dipartimento DiSGAM dell'Università di Trieste, descritte all'inizio del *Paragrafo 3.3.3.2*.

Infine, in attesa che venga pubblicato, su proposta dell'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), il decreto che definisce parametri e valori di riferimento per la classificazione quantitativa dei corpi idrici sotterranei e considerata la buona disponibilità di acque di falda a livello regionale, si è ipotizzata una situazione per la quale lo stato quantitativo corrispondente a ciascun punto sia inquadrabile nella Classe B.
I pozzi da utilizzare nell'analisi appartengono alla banca dati dei monitoraggi delle acque sotterranee svolti da ARPA FVG nel periodo 1997-1999 e sono stati selezionati in base ai seguenti criteri:

- Localizzazione: i pozzi sono distribuiti sull'intera pianura friulana, raggruppati secondo l'appartenenza alle 7 province idrogeologiche individuate dai ricercatori del Dipartimento DiSGAM dell'Università di Trieste (vedi *Figura 3.3.3.2a* dell'Indicatore 3-2 *Qualità delle Acque Sotterranee*); in Provincia di Trieste, non essendo presenti pozzi, sono state

utilizzate le analisi su acque di risorgiva; anche nelle aree montane non sono presenti pozzi;
- Continuità dei dati nel periodo 1997-1999: sono stati considerati pozzi le cui analisi coprono l'intero triennio;
- Significatività: pozzi situati in alcune zone della Regione particolarmente vulnerabili o per le quali sono note delle problematiche per quanto riguarda la qualità delle acque di falda, quali ad esempio le aree carsiche, le aree in corrispondenza della linea delle risorgive, le aree con casi pregressi di contaminazione delle falde.

In totale per l'elaborazione dei dati sono stati selezionati 33 punti di campionamento delle acque di falda, elencati in *Tabella 3.3.3.3a* (31 pozzi e 2 punti di risorgiva carsica a Duino Aurisina, in Provincia di Trieste), con il riferimento alle province idrogeologiche di appartenenza.

Tabella 3.3.3.3a ***Elenco dei Pozzi Selezionati ed Inquadramento nelle 7 Province Idrogeologiche (F. Cucchi et Al., 1999)***

Zona FVG	Comune	Provincia idrogeologica (*)
Zona montana e pedemontana	Enemonzo (UD)	-
	Amaro (UD)	-
Alta Pianura Friulana	Montereale Valcellina (PN)	1
(a monte della Fascia delle	Cordenons (PN)	1
Risorgive)	S. Quirino (PN)	1
	Aviano (PN)	1
	Spilimbergo (PN)	1 - 5
	Gemona (UD)	5
	Pagnacco (UD)	5
	Mereto di Tomba (UD)	5
	Udine (UD)	5
	Artegna (UD)	5
	Buia – Urbignacco (UD)	5
	Mortegliano (UD)	4
	Pavia di Udine (UD)	4
	Pozzuolo del Friuli (UD)	4
	Povoletto (UD)	7
	Manzano (UD)	7
	Trivignano (UD)	7
	Moraro (GO)	7
	Savogna d'Isonzo (GO)	7
Media Pianura Friulana	Sacile (PN)	2
(Fascia delle Risorgive)	Codroipo (UD)	5
	Talmassons (UD)	5
	Gonars (UD)	5
	Palmanova (UD)	5 - 6
	Tapogliano (UD)	7
	Duino Aurisina (TS)	Risorgiva carsica
	Duino Aurisina (TS)	Sorgente carsica
Bassa Pianura Friulana	Aquileia (UD)	6
(a valle della Fascia delle	Torviscosa (UD)	6
Risorgive)	Ronchi dei Legionari (GO)	7

(*) riferimento: F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, *Il chimismo delle falde freatiche e artesiane della Pianura Friulana*, Quaderno del Museo Carsico Geologico e Paleontologico N.7, 1999

Nel *Paragrafo 4.4.1 dell'Allegato I al D.Lgs.152/99* viene spiegata la metodologia per la classificazione dello stato di qualità delle acque sotterranee, in base a

tabelle di riferimento. Nella *Tabella 3.3.3.3b* sono riportate le definizioni per la classificazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei.

Tabella 3.3.3.3b ***Definizioni dello Stato Quantitativo dei Corpi Idrici Sotterranei sulla Base dei Criteri dell'Allegato I al D.Lgs. 152/99***

Stato ambientale	Definizione
Classe A	L'impatto antropico è nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico. Le estrazioni di acqua o alterazioni della velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili sul lungo periodo
Classe B	L'impatto antropico è ridotto, vi sono moderate condizioni di disequilibrio del bilancio idrico, senza che tuttavia ciò produca una condizione di sovrasfruttamento, consentendo un uso della risorsa sostenibile nel tempo
Classe C	L'impatto antropico è significativo con notevole incidenza dell'uso sulla disponibilità della risorsa evidenziato da rilevanti modificazioni agli indicatori generali utilizzati
Classe D	Impatto antropico nullo o trascurabile, ma con presenza di complessi idrogeologici con intrinseche caratteristiche di scarsa potenzialità idrica.

Fonte: *D.Lgs. 152/99, Allegato I, Tabella 3*

La *Tabella 19 dell'Allegato I al D.Lgs. 152/99* elenca i parametri di base ed i macrodescrittori, di seguito indicati con la sottolineatura, da utilizzare per la classificazione delle acque sotterranee:

- Temperatura (°C);
- Durezza totale (mg/l $CaCO_3$);
- Conducibilità elettrica (µS/cm 20°C);
- Bicarbonati (mg/l);
- Calcio (mg/l);
- Cloruri (mg/l);
- Magnesio (mg/l);
- Potassio (mg/l);
- Sodio (mg/l);
- Solfati (mg/l);
- Ione ammonio (mg/l) come NH_4^+;
- Ferro (µg/l);
- Manganese (µg/l);
- Nitrati (mg/l).

Nelle *Tabelle 3.3.3.3c* e *3.3.3.3d* sono forniti i riferimenti per la classificazione chimica delle acque sotterranee rispettivamente in base ai macrodescrittori ed ai parametri addizionali. La *Tabella 3.3.3.3e* elenca le definizioni dello stato ambientale delle acque sotterranee, che viene suddiviso in 4 livelli: elevato, buono, sufficiente, scadente.

Tabella 3.3.3.3c ***Classificazione Chimica delle Acque Sotterranee - Tabella 20 dell'Allegato I al D.Lgs. 152/99***

Parametro	u.m.	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 0 (1)
Conducibilità elettrica	µS/cm (20°C)	≤ 400	≤ 2500	≤ 2500	> 2500	> 2500
Cloruri	mg/l	≤ 25	≤ 250	≤ 250	> 250	> 250
Manganese	µg/l	≤ 20	≤ 50	≤ 50	> 50	> 50
Ferro	µg/l	≤ 50	< 200	≤ 200	> 200	> 200
Nitrati	mg/l	≤ 5	≤ 25	≤ 50	> 50	
Solfati	mg/l	≤ 25	≤ 250	≤ 250	> 250	> 250
Ione ammonio	mg/l	≤ 0.05	≤ 0.5	≤ 0.5	> 0.5	> 0.5

(1) se la presenza di tali sostanze è di origine naturale, così appurato dalle regioni o dalle province autonome, verrà automaticamente attribuita la Classe 0

Fonte: *D.Lgs. 152/99, Allegato I, Tabella 20*

Tabella 3.3.3.3d ***Parametri Addizionali della Tabella 21 dell'Allegato I al D.Lgs. 152/99***

Inquinanti inorganici	Valore limite (µg/l)	Inquinanti organici	Valore limite (µg/l)
Alluminio	≤ 200	Composti alifatici alogenati totali	10
Antimonio	≤ 5	di cui:	
Argento	≤ 10	1,2 dicloroetano	3
Arsenico	≤ 10	Pesticidi totali (1)	0.5
Bario	≤ 2000	di cui	
Berillio	≤ 4	Aldrin	0.03
Boro	≤ 1000	Dieldrin	0.03
Cadmio	≤ 5	Eptacloro	0.03
Cianuri	≤ 50	Eptacloro epossido	0.03
Cromo totale	≤ 50	Altri pesticidi individuali	0.1
Cromo VI	≤ 5	Acrilamide	0.1
Ferro	≤ 200	Benzene	1
Fluoruri	≤ 1500	Cloruro di vinile	0.5
Mercurio	≤ 1	IPA totali (2)	0.1
Nichel	≤ 20	Benzo (a) pirene	0.01
Nitriti	≤ 500		
Piombo	≤ 10		
Rame	≤ 1000		
Selenio	≤ 10		
Zinco	≤ 3000		

(1) in questo parametro sono compresi tutti i composti organici usati come biocidi (erbicidi, insetticidi, acaricidi, alghicidi, nematocidi, ecc.)

(2) si intendono in questa classe i seguenti composti specifici: benzo (b) fluorantene, benzo (k) fluorantene, benzo (ghi) perilene, indeno (1,2,3-cd) pirene

Fonte: *D.Lgs. 152/99 Allegato I, Tabella 21*

Tabella 3.3.3.3e ***Definizioni dello Stato Ambientale per le Acque Sotterranee - Tabella 3 dell'Allegato I al D.Lgs. 152/99***

Stato ambientale	Definizione
ELEVATO	Impatto antropico nullo o trascurabile sulla qualità e sulla quantità della risorsa, con l'eccezione di quanto previsto nello stato naturale particolare
BUONO	Impatto antropico ridotto sulla quantità e/o qualità della risorsa
SUFFICIENTE	Impatto antropico ridotto sulla quantità, con effetti significativi sulla qualità tali da richiedere azioni mirate ad evitarne il peggioramento
SCADENTE	Impatto antropico rilevante sulla qualità e/o quantità della risorsa con necessità di specifiche azioni di risanamento
NATURALE PARTICOLARE	Caratteristiche qualitative e/o quantitative che pur non presentando un significativo impatto antropico, presentano limitazioni d'uso della risorsa per la presenza naturale di particolari specie chimiche o per il basso potenziale quantitativo

Fonte: *D.Lgs. 152/99, Allegato I, Tabella 3*

Infine, la *Tabella 3.3.3.3f* fornisce i riferimenti per la definizione dello stato ambientale delle acque sotterranee, che risulta dalla combinazione delle classi chimiche (classi 1, 2, 3, 4, 0) e quantitative (A, B, C, D), e definisce lo stato ambientale complessivo del corpo idrico sotterraneo.

Tabella 3.3.3.3f ***Stato Ambientale dei Corpi Idrici Sotterranei - Tabella 22 dell'Allegato I al D.Lgs. 152/99***

ELEVATO	BUONO	SUFFICIENTE	SCADENTE	STATO PARTICOLARE
1 - A	1 – B	3 - A	1 – C	0 – A
	2 – A	3 - B	2 – C	0 – B
	2 - B		3 – C	0 – C
			4 – C	0 – D
			4 – A	1 – D
			4 - B	2 - D
				3 – D
				4 - D

Fonte: *D.Lgs. 152/99, Allegato I, Tabella 22*

I dati analitici relativi a ciascun punto sono stati elaborati per ricavare i valori medi dei parametri analizzati nel periodo 1997-1999.
Nel database dell'ARPA FVG sono presenti tutti i parametri definiti nel *D.Lgs. 152/99* come Macrodescrittori, con l'eccezione del manganese, che è presente solo per alcuni dei pozzi selezionati.

Per quanto concerne invece i Parametri Addizionali, i dati disponibili sono riferiti ai seguenti parametri:

- arsenico (solo nei 2 punti di risorgiva);
- bario;
- cadmio;
- cromo totale;
- ferro;

- fluoruri;
- mercurio;
- nichel (solo nei 2 punti di risorgiva);
- azoto nitroso;
- piombo;
- rame;
- zinco;
- soventi clorurati totali (1,2-dicloroetano);
- pesticidi totali (atrazina + deetilatrazina);
- benzene (soltanto in alcuni pozzi).

I risultati dell'elaborazione relativa ai Macrodescrittori ed ai Parametri addizionali sono riportati in *Tabella 3.3.3.3g*.
La valutazione dello stato di qualità delle acque sotterranee come risulta dall'elaborazione dei dati è riportata nella *Tabella 3.3.3.3h*.

Per quanto riguarda la classificazione chimica delle acque sulla base dei macrodescrittori, si osserva che:
- nessuno dei punti selezionati rientra nella Classe 1;
- 18 punti sono assegnati alla Classe 2;
- 14 punti sono assegnati alla Classe 3;
- 1 solo punto è assegnato alla Classe 4.

Considerando i dati relativi ai parametri addizionali, la situazione cambia completamente. Nella *Tabella 3.3.3.3g* è evidente la differenza tra le due classificazioni, in gran parte connessa alle concentrazioni di atrazina e deetilatrazina: per ciascun punto viene riportata la classificazione originale per i Macrodescrittori indicandola con **M**.
Nei casi in cui le concentrazioni dei Parametri Addizionali abbiano modificato il risultato, assegnando il pozzo alla Classe 4, la classificazione iniziale viene riportata tra parentesi e quella finale viene indicata con le lettere **PA**.
Nella *Figura 3.3.3.3a* e nella *Figura 3.3.3.3b* (riportate in fondo al Capitolo) è rappresentato rispettivamente il risultato della classificazione dello Stato Ambientale delle acque sotterranee, in base ai soli parametri Macrodescrittori, e l'esito della Classificazione finale, comprensiva dei Parametri Addizionali.

La situazione finale è la seguente:

- 9 punti rimangono assegnati alla Classe 2;
- 5 punti rimangono assegnati alla Classe 3;
- i rimanenti 19 campioni vanno e ricadere nella Classe 4.

Un dato importante da evidenziare nella *Tabella 3.3.3.3h* è che nella maggior parte dei casi la declassazione della qualità delle acque sotterranee è causata dalle concentrazioni dei Parametri Addizionali, in particolare dalle concentrazioni degli erbicidi (atrazina e deetilatrazina).

Osservando la classificazione finale in base ai Macrodescrittori ed ai Parametri Addizionali si verifica che nelle zone pedemontane e montane della Provincia

di Udine che appartengono al Bacino N.3 (anfiteatro morenico del Tagliamento), la qualità delle acque risulta in genere *buona*, con l'eccezione del punto in corrispondenza di Buia-Urbignacco, dove la qualità è *sufficiente* a causa di un significativo contenuto di nitrati.

Nei bacini idrogeologici del Pordenonese (1 e 2) lo stato delle acque risulta sempre *scadente*, principalmente a causa di conducibilità, nitrati e deetilatrazina.

Per il Bacino del Tagliamento (3), nell'Alta Pianura ed in corrispondenza delle risorgive, lo stato delle acque risulta *scadente*, anche in questo caso a causa dei valori di conducibilità, nitrati e deetilatrazina, mentre nella Bassa Pianura a valle della fascia delle risorgive lo stato delle acque è *buono*, nonostante la presenza di nitrati e solfati in concentrazioni piuttosto elevate.

I Bacini della zona di Udine (4 e 6) sono caratterizzati da uno stato *scadente* con le eccezioni di Pagnacco, dove risulta *sufficiente*, e Manzano e Trivignano, dove risulta *buono*.

Le acque sotterranee del bacino 7, che è costituito dai bacini del Torre, del Natisone e dell'Isonzo, appare *sufficiente* nella parte centrale, mentre diventa *scadente* nella parte settentrionale a causa dei valori di nitrati e pesticidi, e nella parte delle risorgive triestine a causa principalmente dei valori di nitrati e metalli pesanti.

Tabella 3.3.3.3g Classificazione Chimica delle Acque Sotterranee della Regione Friuli Venezia Giulia in Base ai Macrodescrittori ed ai Parametri Addizionali

Parametri		Cond.	Cl	Mn	Fe	Nitrati	Solfati	Ione ammonio	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
u.m.		µS/cm	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l				
Limiti *D.Lgs 152/99*		400 2500	25 250	20 50	50 200	5 25 50	25 250	0.05 0.5				
Località	**Bacino**											
Enemonzo	-	471	3,25		0	16,75	11,35	0,01		M		
Amaro	-	633	3,74		125	4,39	77,5	0		M		
Montereale Valcellina	1	538	11,43		20	46,87	15,78	0,021			(M)	PA
S. Quirino	1	396	4,4		23	25,07	9,67	0,02			(M)	PA
Spilimbergo	1	473	3,225		28	10,10	60,93	0,02		(M)		PA
Cordenons	1	467	5,6		20	29,28	10,37	0,02			(M)	PA
Aviano	1	421	4,67		26	19,60	8,375	0,02		(M)		PA
Sacile	2	309	2,35		20	7,13	4,66	0,02		(M)		PA
Buia - Urbignacco	3	534	8,47		0	23,70	20	0			M	
Artegna	3	373	2,79		0	4,92	61,46	0		M		
Gemona del Friuli	3	463	3,62		30	6,22	61,23	0		M		
Udine	4	387	5,07		0	20,87	15,025	0		(M)		PA
Pagnacco	4	538	6,76		0	32,25	18,21	0			M	
Mortegliano	4	571	17,275		0	23,61	46,375	0		(M)		PA
Pavia di Udine	4	415	6,01		0	21,35	17,62	0		(M)		PA
Pozzuolo del Friuli	4	553	15,3		0	26,62	34,17	0			(M)	PA
Manzano	4	376	3,45		0	11,39	9,49	0		M		
Trivignano	4	274	1,83		0	6,29	7,98	0,006		M		
Bicinicco (97-98)	4	632	10,125		0	38,19	47,375	0			(M)	PA
Palmanova	4	561	9,025		0	33,40	29,475	0			(M)	PA
Mereto di Tomba	5	550	9,325		0	28,80	73,21	0			(M)	PA
Codroipo	5	503	6,45		0	9,26	84,1	0		M		
Talmassons	5	582	7,95		0	32,25	78,675	0			(M)	PA
Torviscosa	5	497	11,175		0	21,80	33,09	0		M		
Gonars	6	675	14,75		0	21,88	57,075	0		(M)		PA
Aquileia	6	407	2,3		290	0,75	1,21	6,056				M
Povoletto	7	592	9,06		0	29,19	21,28	0			(M)	PA
Moraro	7		7,13	2	4	27,58	15,73	0,03			M	
Savogna d'Isonzo	7		50,025	1,6	21	4,47	6,75	0,03		M		
Tapogliano	7	590	7,54		0	28,44	17,37	0			M	
Duino Aurisina	7	373	7,97	18	142	6,55	9,083	0,0525		(M)		PA
Duino Aurisina	7	375	8,64	6	36	7,08	9,28	0,0521		(M)		PA
Ronchi dei Legionari	7		16,795	80	87	8,46	8,99	0,13			M	

M = Classe chimica determinata in base ai parametri Macrodescrittori
PA = Classe chimica determinata in base ai Parametri Addizionali

Fonte: elaborazione dati ex-PMP - ARPA FVG, Convenzione Direzione Regionale dell'Ambiente, 1997-1999

Tabella 3.3.3.3h ***Classificazione dello Stato Ambientale delle Acque Sotterranee Ottenuta mediante l'Applicazione Sperimentale del D.Lgs. 152/99***

Località	Bacino	Stato quantitativo	Classe chimica Macrodescrittori	Macrodescrittori determinanti la Classe	Classe chimica finale	Parametri addizionali determinanti la Classe 4	Stato ambientale
Enemonzo	-	B	2	Conducibilità, nitrati	2	-	BUONO
Amaro	-	B	2	Conducibilità, ferro	2	-	BUONO
Montereale Valcellina	1	B	3	Conducibilità, nitrati	4	deetilatrazina	SCADENTE
S. Quirino	1	B	3	Nitrati	4	deetilatrazina	SCADENTE
Spilimbergo	1	B	2	Conducibilità, nitrati, solfati	4	deetilatrazina	SCADENTE
Cordenons	1	B	3	Conducibilità, nitrati	4	deetilatrazina	SCADENTE
Aviano	1	B	2	Conducibilità, nitrati	4	deetilatrazina	SCADENTE
Sacile	2	B	2	Nitrati	4	deetilatrazina	SCADENTE
Buia - Urbignacco	3	B	3	Conducibilità, nitrati	3	-	SUFFICIENTE
Artegna	3	B	2	Solfati	2	-	BUONO
Gemona del Friuli	3	B	2	Conducibilità, nitrati, solfati	2	-	BUONO
Udine	4	B	2	Nitrati, atrazina	4	Atrazina + deetilatrazina	SCADENTE
Pagnacco	4	B	3	Conducibilità, nitrati	3	-	SUFFICIENTE
Mortegliano	4	B	2	Conducibilità, nitrati, solfati	4	Atrazina + deetilatrazina	SCADENTE
Pavia di Udine	4	B	2	Conducibilità, nitrati, cromo totale	4	Cromo, Atrazina + deetilatrazina	SCADENTE
Pozzuolo del Friuli	4	B	3	Conducibilità, nitrati, solfati	4	Atrazina + deetilatrazina	SCADENTE
Manzano	4	B	2	Nitrati	2	-	BUONO
Trivignano	4	B	2	Nitrati	2	-	BUONO
Bicinicco)	4	B	3	Conducibilità, nitrati, solfati,	4	Atrazina + deetilatrazina	SCADENTE
Palmanova	4	B	3	Conducibilità, nitrati, solfati	4	Atrazina + deetilatrazina	SCADENTE
Mereto di Tomba	5	B	3	Conducibilità, nitrati, solfati	4	Atrazina + deetilatrazina	SCADENTE
Codroipo	5	B	2	Conducibilità, nitrati, solfati	2	-	BUONO
Talmassons	5	B	3	Conducibilità, nitrati, solfati	4	Atrazina + deetilatrazina	SCADENTE
Torviscosa	5	B	2	Conducibilità, nitrati, solfati	2	-	BUONO
Gonars	6	B	2	Conducibilità, nitrati, solfati	4	Atrazina + deetilatrazina	SCADENTE
Aquileia	6	B	4	Conducibilità, ferro, ione ammonio	4	-	SCADENTE
Povoletto	7	B	3	Conducibilità, nitrati	4	Atrazina + deetilatrazina	SCADENTE
Moraro	7	B	3	Nitrati	3	-	SUFFICIENTE
Tapogliano	7	B	3	Conducibilità, nitrati	3	-	SUFFICIENTE
Ronchi dei Legionari	7	B	3	Manganese, nitrati, ione ammonio	3	-	SUFFICIENTE
Savogna d'Isonzo	7	B	2	Cloruri	2	-	BUONO
Duino Aurisina	7	B	2	Nitrati, ione ammonio, cadmio, mercurio, piombo	4	Cadmio, mercurio	SCADENTE
Duino Aurisina	7	B	2	Nitrati, ione ammonio, cadmio, mercurio, piombo	4	Cadmio, mercurio	SCADENTE

Fonte: elaborazione dati ex-PMP - ARPA FVG, Convezione Direzione Regionale dell'Ambiente, 1997-1999

Riferimenti per la Valutazione

La valutazione dello stato ambientale dei corpi idrici sotterranei significativi è prevista nel *Decreto Legislativo n.152 dell'11/05/1999* sulla tutela delle acque dall'inquinamento.

In *Allegato I* il decreto stabilisce la metodologia che le Regioni devono applicare per la valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici sotterranei, procedere alla classificazione cartografica ed alla zonazione dei singoli corpi idrici sotterranei in base al rispettivo stato ambientale.
La legge stabilisce che l'obiettivo sia il raggiungimento di uno stato di qualità pari a *buono* entro il 2016, evitando peggioramenti della situazione attuale. Per acquiferi con *stato particolare*, ossia con uno stato di qualità particolarmente degradato a causa di concentrazioni elevate di sostanze di origine endogena, si deve comunque evitare di peggiorare la situazione.

Nel complesso, la situazione delle acque sotterranee della Regione che deriva dalla classificazione sperimentale fatta in base al *D.Lgs. 152/99* risulta buona nelle aree montane, ma diventa piuttosto critica nelle aree di pianura in cui si riscontra la presenza di erbicidi e nitrati ed in qualche caso di solfati seppure di origine endogena (derivano dal bacino del Tagliamento), in particolare in prossimità della fascia delle risorgive, dove la vulnerabilità dei corpi idrici sotterranei all'inquinamento è altissima.
Nella Bassa Pianura la situazione si presenta in genere buona, ma si riscontrano situazioni caratterizzate da alte concentrazioni di ammoniaca e ferro, di origine endogena, come anche di erbicidi, nitrati e metalli pesanti.

Valutazione della Qualità del Dato

I dati analitici utilizzati per lo sviluppo dell'indicatore sono stati tratti dal database delle analisi effettuate dagli ex-PMP, attuali Dipartimenti Provinciali dell'ARPA, con serie storiche di 3 anni (periodo 1997-1999).

3.3.3.4 Scheda dell'Indicatore 3-4: Acque Carsiche

Codice Indicatore	*3-4*
Tematica	*Sottosuolo e acque sotterranee*
Sottotematica	*Carsismo*
Indicatore	*Acque carsiche*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Descrizione del sistema carsico regionale e caratterizzazione della qualità delle acque carsiche*
Riferimenti	-
Dati necessari	*Superficie aree carsiche* *Numero grotte censite* *Lunghezza delle grotte*
Fonte	*F. Cucchi, E. Marinetti, G. Massari, e L. Zini, Carta della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero carsico triestino e isontino, Le Grotte d'Italia s. Vol.1, pp. 21-31, 2000* *Circolo Speleologico e Idrologico Friulano; Provincia di Udine – Assessorato all'Ecologia, Il fenomeno carsico nelle Valli del Natisone, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia S.II, Vol.IX, 1997* *F. Cucchi, N. Pugliese, F. Ulcigrai, Il Carso Triestino: note geologiche e stratigrafiche, Int. J. Speleol. 18 1-2, 1989* *Ministero dell'Ambiente, Relazione sullo Stato dell'Ambiente, 1997* *Università degli Studi di Trieste – Dipartimento DISGAM* *Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Catasto Regionale delle Grotte*
Disponibilità	**Ambito Spaziale:** *regionale* **Aggiornamento:** *continuo* **Periodo:** *2001*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

Il termine "carsismo" deriva il proprio nome dalla morfologia dell'altopiano del Carso in Provincia di Trieste, ma non riguarda soltanto il Friuli Venezia Giulia, anzi è un fenomeno molto diffuso: in Italia le aree carsiche interessano ben il 43% del territorio montano, originando oltre 25.600 cavità conosciute.

In Friuli Venezia Giulia sono state sinora scoperte e catalogate oltre 6.500 cavità, grazie alla sistematica attività speleologica iniziata fin dal XIX secolo e tuttora svolta dai numerosi gruppi speleologici attivi in Regione.
Quasi tutto l'arco collinare goriziano e triestino ed estese parti dell'area montana della Regione sono caratterizzate da aree carsificate. La superficie regionale è di 7.844 km^2: 3.340 km^2 sono nelle aree montane, il 56% aree carsiche (Fonte: Ministero dell'Ambiente).
Il fenomeno ha origine dalla dissoluzione chimica delle rocce carbonatiche (calcari, dolomie ecc.) e in misura minore delle rocce evaporitiche (gessi e anidridi) e dall'erosione meccanica delle rocce fessurate.

Il meccanismo chimico di dissoluzione consiste nella solubilizzazione del carbonato di calcio delle rocce ad opera dell'acqua acidulata dalla CO_2 disciolta o da altre sostanze aggressive; in condizioni particolari può avvenire il fenomeno opposto di deposizione di concrezioni di calcite, quando l'acqua rilascia il carbonato di calcio in soluzione, creando le svariate forme delle stalattiti e stalagmiti.
Le condizioni favorevoli al fenomeno dipendono da una pluralità di fattori: la natura delle rocce, le condizioni climatiche, l'evoluzione tettonica dell'area, la

copertura vegetale e pedologica. La combinazione di questi fattori, e non soltanto la natura preferenzialmente carbonatica delle rocce, genera nel tempo le caratteristiche tipologie morfologiche superficiali e sotterranee delle aree carsiche (grotte, abissi, inghiottitoi, forre, doline, polje) e la complessa circolazione ipogea delle acque.

In genere le zone carsiche non presentano corsi d'acqua in superficie: le acque vengono infatti raccolte dalle doline e convogliate attraverso inghiottitoi, detti anche foibe, nelle cavità sotterranee, dove possono scorrere come fiumi veri e propri. L'esempio tipico di un fiume carsico è quello del Timavo, che scorre per gran parte in superficie in territorio sloveno; qui, in località S. Canziano già in prossimità del confine con l'Italia, le acque entrano nel sottosuolo, seguono un percorso ipogeo in parte sconosciuto e riappaiono nei pressi di Monfalcone, a S.Giovanni di Duino, per sfociare nel mare Adriatico dopo un tratto nuovamente in superficie di poche centinaia di metri.

Il Catasto Regionale delle Grotte del Friuli Venezia Giulia mantiene un database, periodicamente aggiornato, delle cavità carsiche esplorate, nel quale per ogni grotta si riportano la codifica, la localizzazione, la descrizione dello sviluppo, i dati geologici e speleologici, i fenomeni di risorgenza temporanea o permanente, le osservazioni relative alla fauna presente, fino alla presenza di inquinamento o altre osservazioni particolari. In base alle schede del Catasto delle Grotte, le risorgenze carsiche temporanee e permanenti sono in totale 119 in territorio friulano e 10 in quello giuliano.
In *Tabella 3.3.3.4a* e *Tabella 3.3.3.4b* sono elencate rispettivamente le 21 cavità più profonde e le 28 più estese della Regione.

Tabella 3.3.3.4a Dati Relativi alle 21 Cavità più Profonde della Regione

Zona	Cavità	Profondità (m)
Alpi Giulie	Complesso del Foran del Muss	1110
Alpi Giulie	Abisso Led Zeppelin	960
Alpi Giulie	Complesso Col delle Erbe	880
Alpi Giulie	Abisso Monodutti Savoia	805
Alpi Giulie	Complesso S20 – S31 – FDZ2	760
Alpi Giulie	Abisso "Amore, quanto latte!"	745
Alpi Giulie	Abisso Capitan Findus	740
Alpi Giulie	Abisso a S-E della quota 1972 (ET5)	726
Alpi Giulie	Abisso II del Poviz (Gronda Pipote)	720
Alpi Giulie	Abisso Paolo Fonda	705
Alpi Carniche	Abisso del Monte Cavallo di Pontebba	690
Alpi Giulie	Abisso Cesare Prez	654
Alpi Giulie	Abisso Città di Udine	625
Alpi Giulie	Abisso Maurizio Martini	625
Alpi Giulie	Abisso Eugenio Boegan	624
Alpi Giulie	Abisso OP III	624
Alpi Giulie	Abisso Net 10	609
Alpi Giulie	Complesso Vianello - Buse d'Ajar	585
Alpi Giulie	Abisso S3	530
Alpi Giulie	Abisso Sisma	515
Alpi Giulie	Abisso Giovan Battista De Gasperi	512

Fonte: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Catasto Regionale delle Grotte, 2001

Tabella 3.3.3.4b Dati Relativi alle 28 Cavità più Estese

Zona	Cavità	Lunghezza (m)
Alpi Giulie	Complesso del Col delle Erbe	22000
Alpi Giulie	Abisso del Foran del Muss	15000
Prealpi Giulie	Grotta Nuova di Villanova	7090
Prealpi Carniche	Complesso Mainarda – Noglar – La Val Battei	6724
Carso	Grotta Claudio Siklan	6600
Alpi Giulie	Complesso Vianello - Buse d'Ajar	6320
Alpi Carniche	Abisso del Monte Cavallo di Pontebba	5700
Prealpi Carniche	Risorgiva di Eolo	5298
Prealpi Carniche	Landri Scur	4800
Prelpi Giulie	Grotta di S. Giovanni d'Antro	4500
Carso	Grotta Gualtieri Savi	4000
Prealpi Giulie	Grotta Doviza	3795
Alpi Giulie	Rotule Spezzate	3700
Alpi Giulie	Abisso Led Zeppelin	3691
Prealpi Giulie	Grotta Egidio Feruglio	3500
Carso	Fessura del Vento	2626
Prealpi Carniche	Grotta della Foos	2625
Prealpi Giulie	Pod Lanisce	2100
Prealpi Carniche	Buca Morgana	2000
Alpi Carniche	Risorgiva Da Rio	2000
Carso	Complesso del Timavo	1970
Prealpi Giulie	Sistema Viganti - Pre Oreak	1870
Alpi Giulie	Abisso Maidirebanzai	1800
Alpi Giulie	Grotta sopra le Moedis	1637
Prealpi Giulie	Grotta di Canebola	1560
Alpi Giulie	Abisso Stefano Procopio	1500
Prealpi Carniche	Buca delle Manzette	1500
Alpi Carniche	Abisso degli Incubi	1500

Fonte: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Catasto Regionale delle Grotte, 2001

Il fenomeno carsico è importante per la Regione Friuli Venezia Giulia, non soltanto dal punto di vista geologico e speleologico, ma anche dal punto di vista paesaggistico e storico-culturale.
Alcune grotte sono anche aperte al pubblico ed attirano ogni anno un considerevole numero di turisti:

- la Grotta Gigante (Borgo Grotta, Trieste);
- la Grotta Nuova di Villanova (Villanova delle Grotte, Lusevera, Udine);
- la Grotta di S. Giovanno d'Antro (Pulfero, Udine);
- le Grotte Verdi di Pradis (Pradis, Pordenone);
- le Grotte di Postumia (Slovenia);
- le Grotte di San Canziano (Slovenia).

Secondo i dati del Catasto Regionale Grotte, numerose risultano le grotte inquinate, anche se non è sempre specificata la natura dell'inquinamento. Le cause dell'inquinamento possono essere ricercate in diverse probabili origini:

- la contaminazione microbiologica legata alla percolazione di liquami da pozzi perdenti (es. il Pozzo di Sorzento) o da perdite delle condotte fognarie;

- il dilavamento di sostanze chimiche utilizzate in agricoltura, come i fertilizzanti o i pesticidi;
- la presenza di materiali diversi dovuta all'uso delle grotte come luogo per lo smaltimento e l'abbandono di immondizia (es. la Grotticella sotto Quaal) e rifiuti di varia origine, tra cui anche carogne di animali (es. l'Inghiottitoio di Lazis; l'Abisso di Varch; il Pozzo di Montefosca).

Le grotte in cui sono segnalati fenomeni di inquinamento nel territorio del Friuli Venezia Giulia risultano così distribuite:

- 116 in Provincia di Gorizia;
- 8 in Provincia di Udine;
- 8 in Provincia di Pordenone;
- 22 in Provincia di Trieste.

Dal punto di vista ambientale va infatti rimarcato che le aree carsiche, a causa dell'elevata permeabilità e della complessità del sistema idrologico ipogeo, sono altamente vulnerabili all'inquinamento, come risulta documentato anche scientificamente da uno studio sulla vulnerabilità intrinseca delle aree carsiche triestine, redatto applicando il protocollo metodologico SINTACS, recentemente pubblicato dal Dipartimento DISGAM dell'Università di Trieste (F. Cucchi et Al., 2000).
La Regione ha da tempo sottoposto numerose grotte carsiche a vincolo paesaggistico, secondo la *Legge 1497/39*, con apposito provvedimento regionale *DGR 13/09/1996 n.4046*. In totale nell'area della Venezia Giulia sono 25 le grotte vincolate, per l'imponenza e la varietà delle loro forme:

- Grotta di Padriciano
- Grotta Ercole
- Grotta Azzurra
- Grotta BAC
- Grotta nell'Orto
- Abisso di Fernetti
- Grotta presso la stazione ferroviaria di Aurisina
- Antro di Bagnoli
- Grotta di Ternovizza
- Grotta delle Gallerie
- Grotta Costantino Doria
- Abisso dei Cristalli
- Grotta Antonio Federico Lindner
- Fessura del Vento
- Caverna a S del Monte Straza
- Grotta Arnaldo Germoni
- Abisso Riccardo Furlani
- Grotta del Timavo
- Grotta Regina del Carso
- Grotta dell'Edera
- Grotta delle Margherite
- Grotta del Maestro

- Abisso Samar di Riky
- Grotta Marilena del Gobbo
- Grotta Claudio Skilan

Il Catasto Regionale delle Grotte, tra le informazioni associate a ciascuna cavità carsica presente nella banca dati, registra la presenza di sorgenti utilizzate per l'approvvigionamento idrico. Le schede del Catasto non specificano la portata delle sorgenti, ma ne descrivono le caratteristiche in modo piuttosto puntuale, specificando anche se la presa è attiva oppure chiusa. In *Tabella 3.3.3.4c* è riportato l'elenco delle cavità carsiche captate.

Tabella 3.3.3.4c ***Sorgenti Carsiche Captate***

Sorgente	Località	Accesso	Profondità	Pozzi interni	Stato attuale
Pozzo dei Frari - Pozzo del Campiello	Gradisca d'Isonzo (GO)	Pozzo di accesso: 14.40 m	Profondità m 14.40 Quota ingresso m 30.00 Quota fondo m 15.60 Sviluppo: 5.00	NO	Attiva
Grotta presso la sorgente del Randaccio	Duino-Aurisina (TS)	Senza pozzo di accesso	Profondità 9.00 m Sviluppo: 25.00 m Dislivello: 9.00 m Quota Ingresso m 10.00 Quota.Fondo m 1.20	NO	Chiusa
Grotta del Carniello	Cividale del Friuli (UD)	Pozzo di accesso: 8.00 m	Profondità: 8.00 m Sviluppo: n.d. Quota Ingresso m 170.00 Quota Fondo m 162.00 Dislivello: 8.00 m	NO	Chiusa
Grotticella La Fontanate	Nimis (UD)	Senza pozzo di accesso	Profondità: 0.00 Sviluppo: 6.00 m Quota Ingresso m 249.00 Quota Fondo m 249.00	NO	Attiva
Grotta di Vernassino di Sotto	S.Pietro al Natisone (UD)	Senza pozzo di accesso	Profondità: 0.00 Sviluppo: 167.00 m Quota Ingresso m 295.00 Quota Fondo m 295.00 Dislivello: 10.00 m	2	Attiva
La Mitica	Savogna (UD)	Senza pozzo di accesso	Profondità: n.d. Sviluppo: 335.00 m Quota Ingresso m 525.00 Quota Fondo m 525.00 Dislivello: n.d.	7	Attiva

Fonte: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Catasto Regionale delle Grotte, 2001

Il *Pozzo dei Frari o Pozzo del Campiello* si trova nella cittadina di Gradisca e l'ingresso è ubicato all'interno di una costruzione adibita a stazione di pompaggio e potabilizzazione. Il pozzo, scavato nel 1400 per rifornire d'acqua il borgo, è profondo 14,40 m e la sorgente è tuttora attiva.

La *Grotta presso la Sorgente del Randaccio* venne scoperta nel 1928 durante i lavori di scavo per l'imbrigliamento della sorgente Randaccio e la costruzione del nuovo acquedotto. Attualmente la grotta è chiusa. Anche la *Grotta del Carniello* è chiusa, ma si segnala egualmente per l'interesse storico che riveste: è localizzata al bordo della Piana di Purgessimo, un tempo paludosa, e venne sfruttata come presa di acquedotto comunale solo per pochi anni all'inizio del secolo; venne chiusa dopo aver causato una violenta epidemia di tifo a Cividale.
La *Grotticella La Fontanate* è una piccola risorgiva che alimenta l'acquedotto di Torlano. Le opere murarie che chiudono l'ingresso della piccola cavità, testimone una lapide posta all'ingresso, risalgono al 1946.
La *Grotta di Vernassino di Sotto* si trova 125 m ad ovest di Vernassino di Sotto, piccola frazione posta sulla strada che sale da Ponte S. Quirino e raggiunge Savogna. L'entrata della cavità è chiusa con un cancello di ferro messo a protezione di un apparato per l'imbrigliamento dell'acqua.
La grotta *La Mitica* è stata aperta durante i lavori eseguiti per la costruzione dell'acquedotto di Gabrovizza. In base al censimento dei piccoli acquedotti della Provincia di Udine (1998), la grotta *La Mitica* alimenta l'acquedotto di Gabrovizza, che serve l'omonimo abitato situato ad una quota di circa 550 m s.l.m.. La portata derivata è di 3.33 l/s, e l'opera di presa è dotata di un impianto di clorazione dal momento che le acque, peraltro di buona qualità, presentano saltuariamente una leggera contaminazione microbiologica, come si evince dai dati analitici riportati in *Tabella 3.3.3.4d*, relativi ad un prelievo dalla vasca di raccolta della sorgente Gabrovizza, a monte del trattamento di clorazione, effettuato in data 26/09/1996.

Tabella 3.3.3.4d ***Analisi Chimico-Fisica e Microbiologica dell'Acqua della Grotta La Mitica (Acquedotto Gabrovizza, Loc. Savogna, UD)***

Parametro	Unità di misura	Valore	Limiti DPR 236/88
pH	unità	7.94	6.0 – 9.5
Durezza	°F	13.1	-
Ammoniaca	mg/l	< l.d.	0.5
Nitriti	mg/l	< l.d.	0.1
Nitrati	mg/l	1.1	50
Solfati	mg/l	3.5	250
Fosforo (P2O5)	mg/l	< l.d.	5000
Cloruri	mg/l	0.6	-
Cloro libero residuo	mg/l	n.a.	-
Ferro	mg/l	< l.d.	200
Calcio	mg/l	52.0	-
Magnesio	mg/l	0.3	50
Conducibilità elettrica a 20°C	µS/cm	235	-
Torbidità	mg/l SiO2	n.a.	10
Coliformi totali / 100 ml	cfu/100 ml	85	0
Coliformi fecali / 100 ml	cfu/100 ml	29	0
Streptococchi fecali / 100 ml	cfu/100 ml	1	0
Conteggio colonie su agar / 1 ml a 36°C	cfu/ml	12	V.G. 10
Conteggio colonie su agar / 1 ml a 22°C	cfu/ml	56	V.G. 100
Spore di clostridi solfito riduttori /100 ml	cfu/100 ml	0	0
Funghi / 100 ml	cfu/100 ml	2	-

Fonte: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia; Azienda per i Servizi Sanitari N.4 – Medio Friuli, *Censimento e controllo dei piccoli acquedotti dell'area pedemontana in Provincia di Udine*, 1998

Riferimenti per la Valutazione

I limiti di riferimento per le acque destinate all'uso potabile sono stabiliti nel *DPR 236/99* concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano.

Valutazione della Qualità del Dato

I dati forniti dal Catasto Regionale delle Grotte sono disponibili al pubblico e vengono aggiornati sulla base delle segnalazioni e delle nuove informazioni sulle cavità esplorate fornite dai numerosi gruppi speleologici attivi i Regione. Inoltre sono rintracciabili numerose pubblicazioni recenti su vari aspetti del tema del carsismo, sia in Friuli Venezia Giulia che a livello nazionale.

I dati sulle sorgenti carsiche captate sono stati forniti dal Catasto Regionale delle Grotte, sulla base delle segnalazioni dei numerosi Gruppi Speleologici attivi in Regione e che forniscono al Catasto informazioni dettagliate in merito alle caratteristiche delle cavità visitate.
I dati sulla portata e sulla qualità delle acque captate non riguardano tutte le sorgenti elencate, sono presenti soltanto in un caso e sono stati derivati da pubblicazioni di letteratura.

3.3.3.5 Scheda dell'Indicatore 3-5: Concessioni Geotermiche

Codice Indicatore	*3-5*
Tematica	*Sottosuolo e acque sotterranee*
Sottotematica	*Acque minerali e termali*
Indicatore	*Concessioni geotermiche*
Tipo	*Pressione*
Obiettivo	*Descrivere la situazione dello sfruttamento della risorsa geotermica*
Riferimenti	*Legge 896/86, Legge mineraria nazionale*
Dati necessari	*Numero delle concessioni geotermiche* *Portata delle concessioni geotermiche*
Fonte	*Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Ufficio di Piano – Servizio della Programmazione Energetica* *Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Direzione Regionale dell'Industria* *Università degli Studi di Trieste, Facoltà di Ingegneria, DINMA, Potenzialità geotermiche della Bassa Pianura Friulana: stato dell'arte e proposte operative, 1999* *Ministero dell'Industria, dell'Energia e delle Risorse Minerarie*
Disponibilità	**Ambito Spaziale:** *regionale* **Aggiornamento:** *annuale* **Periodo:** *1999 - 2000*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

La Bassa Pianura Veneto-Friulana presenta una vasta anomalia geotermica in corrispondenza della fascia costiera Bibione-Lignano-Grado, che si estende per circa 700 km^2, dei quali circa 560 ricadono in Friuli Venezia Giulia.

Le acque termali di questa zona, localizzate nelle falde artesiane situate tra 400 e 600 metri di profondità in strati sabbiosi e ghiaioso-sabbiosi quaternari e pre-quaternari, hanno temperature medie intorno a 34 °C, con valori massimi intorno ai 50 °C (in corrispondenza dell'Isola dei Picchi alla foce del Tagliamento è stata rilevata una temperatura di 52 °C a 560 m, mentre le sorgenti delle vecchie terme romane di Monfalcone hanno una temperatura di 39 °C). Nel pozzo AGIP Cesarolo 1 (sito in prossimità di Lignano) alla profondità di 727 m è stata riscontrata una formazione calcarea che costituisce la piattaforma mesozoica friulana, in corrispondenza della quale sono state incontrate acque salmastre a temperature tra 60 e 65 °C.

Secondo la caratterizzazione geotermica del territorio friulano effettuata dall'Università di Trieste, Dipartimento di Ingegneria Navale, del Mare e per l'Ambiente (DINMA), le acque dolci che mostrano un termalismo apprezzabile si trovano a profondità variabili tra 400 e 600 metri. Per quanto riguarda le acque salmastre, le acque termali a 60-65 °C si trovano in corrispondenza del tetto della struttura sopra richiamata.

Nella Regione Friuli Venezia Giulia lo sfruttamento geotermico anche per medi-piccoli operatori è iniziato negli anni '90, grazie agli incentivi stabiliti dalla *Legge 896/86*. Attualmente presso la Direzione Regionale dell'Industria risultano rilasciati 48 permessi di ricerca e sono attive 43 concessioni geotermiche.

Nella *Tabella 3.3.3.5a* sono riportati i dati relativi alle diverse tipologie di sfruttamento geotermico a livello nazionale, per il triennio 1996-1998.

Tabella 3.3.3.5a Sfruttamento delle Risorse Geotermiche Nazionali, Periodo 1996-1998

Risorse Geotermiche Nazionali	1996	1997	1998
Attività ad alta entalpia Produzione Vapore (t)	31.034.776	32.108.361	34.201.263
Attività ad alta entalpia Produzione Energia Elettrica (MWh)	3.762.356	3.905.174	4.213.685
Attività a bassa entalpia Uso Termico (Gcal)	86.107	89.960	96.936
Perforazione (m)	26.121	18.096	12.154

Fonte: Ministero dell'Industria, dell'Energia e delle Risorse Minerarie, 1999
Sito http://www.minindustria.it

L'utilizzo delle risorse geotermiche viene determinato in base alla quantità di "energia utile" (entalpia) che può esserne ricavata: le fonti geotermiche caratterizzate da alta entalpia permettono la produzione di vapore e di energia elettrica, mentre le fonti geotermiche a bassa entalpia, caratterizzate anche da temperature inferiori, possono essere utilizzate direttamente per uso termico. Dalla *Tabella 3.3.3.5a* si può osservare che l'utilizzo delle risorse geotermiche nazionali quale fonte di energia alternativa mostra una netta tendenza al progressivo aumento.
Essendo annoverato tra le attività minerarie, lo sfruttamento geotermico è soggetto ad adempimenti burocratici pesanti, che lo rendono facilmente fruibile ai grossi operatori, mentre è piuttosto complesso per piccoli utenti.

Il Dipartimento DINMA dell'Università di Trieste ha effettuato una valutazione di massima della potenzialità di sfruttamento energetico dei quattro significativi acquiferi termali friulani, i cui dati fondamentali sono presentati nella *Tabella 3.3.3.5b*, entro i limiti di capacità stimabili in base ai parametri idraulici e termici caratteristici.

Tabella 3.3.3.5b Caratterizzazione degli Acquiferi Termali della Bassa Pianura Friulana

Località	Profondità (m)	Estensione (km^2)	Volume acqua (milioni di m^3)	Temperatura (°C)
Laguna di Grado	150-200	180	468	22-27
Lignano-Marano	150-200	300	450	28-33
Lignano-Marano	400	200	540	35-40
Aprilia	580	30	90	45-50

Fonte: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Ufficio di Piano – Servizio della Programmazione Energetica; Università degli Studi di Trieste - Facoltà di Ingegneria - DINMA, *Potenzialità geotermiche della Bassa Pianura Friulana: stato dell'arte e proposte operative*, 1999

Per l'acquifero di Lignano – Marano, localizzato a 400 metri di profondità, i valori calcolati delle portate estraibili si attestano su un valore minimo di 20-30 m^3/h per km^2. Nonostante dal punto di vista puramente idraulico sia tecnicamente possibile estrarre portate anche doppie rispetto a quelle sopra indicate, è necessario tener conto delle caratteristiche termodinamiche del sistema geotermico; al fine di garantire la stabilità termica degli acquiferi, la

rinnovabilità della risorsa, la portata di acqua estratta dovrebbe quindi essere limitata ai valori sopra riportati.
Lo studio del DINMA, in base alle temperature tipiche riscontrate nell'area, che sono comprese tra 30 e 50 °C, con un salto termico utile di 20 °C, porta ad una stima della capacità termica sfruttabile, ossia la potenza specifica utilizzabile, di circa 4.200 kW/ km^2. Tale potenza termica equivale a 315 tep[1]/anno per km^2, che corrispondono per l'intera area dell'acquifero (200 km^2) a circa 63.000 tep/anno. Stime analoghe effettuate sugli altri tre acquiferi sopra elencati portano ad una stima globale dell'ordine di 180.000 tep/anno.

Sulla base delle conoscenze attuali, non è stato possibile effettuare un'analoga valutazione del potenziale delle acque termali salmastre, anche se la vastità del serbatoio carbonatico che ospita gli acquiferi, la sua continuità laterale anche oltre la linea della costa e la presenza di moti convettivi interni dei fluidi caldi fanno ritenere di un certo interesse la potenzialità di sfruttamento energetico di tale risorsa geotermica.

Gli acquiferi termali potrebbero dunque rappresentare per la regione una potenziale fonte di energia rinnovabile, utilizzabile in diversi modi, quali ad esempio per gli stabilimenti termali, per il riscaldamento edifici o di serre, per l'ittiocoltura.
I dati sullo sfruttamento attuale della risorsa geotermica disponibili per la trattazione del presente indicatore non sono sufficienti a fornire una valutazione completa dell'utilizzo attuale della stessa, anche se è possibile affermare che esista il potenziale per un utilizzo certamente più esteso dell'attuale. Rimane comunque fondamentale il controllo da parte degli Enti competenti per assicurare un utilizzo sostenibile della risorsa.

Riferimenti per la Valutazione

La *Legge 896/86* (*Legge mineraria nazionale*) classifica come acque termali quelle che hanno temperatura superiore a 25 °C. La normativa attuale prevede la distinzione tra la fase di ricerca, che è una fase temporanea in cui è consentita la prova dello sfruttamento della risorsa geotermica per 6 mesi, e la concessione mineraria per lo sfruttamento continuativo.
La competenza per lo svolgimento dell'istruttoria ed il rilascio delle concessioni geotermiche è attualmente della Direzione Regionale Industria, con il supporto tecnico del Distretto Minerario di Trieste. Il compito del Distretto Minerario è verificare che nei 6 mesi del permesso di ricerca non si manifestino significative variazioni di portata o temperatura.

(1) *tep* = tonnellata equivalente di petrolio. Si tratta di una unità di misura dell'energia termica, ora non più in uso e sostituita dal joule, che permetteva il raffronto tra diverse fonti di energia, ponendo come riferimento l'energia prodotta da 1 tonnellata di petrolio.

I dati sullo sfruttamento delle risorse geotermiche a livello nazionale sono disponibili presso il Ministero dell'Industria, delle Risorse Minerarie e dell'Energia.
A livello regionale sono disponibili i dati relativi alle concessioni geotermiche attive o in corso di autorizzazione, non disaggregati per entità e per tipologia di utenza.

3.3.3.6 Scheda dell'Indicatore 3-6: Acque minerali

Codice Indicatore	*3-6*
Tematica	*Sottosuolo e acque sotterranee*
Sottotematica	*Acque minerali e termali*
Indicatore	*Acque minerali*
Tipo	*Stato*
Obiettivo	*Caratterizzazione delle acque sotterranee minerali*
Riferimenti	*D.Lgs. n.105 del 25/01/1992, Acque minerali naturali* *D.Lgs. n.339 del 4/08/1999, Etichettatura dei prodotti alimentari* *DM Sanità n.542 del 12/11/1992, Regolamento recante i criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali* *Circolare del Ministero Sanità n.19 del 12/05/1993 riguardante le analisi chimico-fisiche delle acque minerali* *Circolare del Ministero Sanità n.17 del 13/09/1991 riguardante le analisi microbiologiche delle acque minerali*
Dati necessari	*Numero concessioni per acque minerali* *Portata delle concessioni* *Dati relativi all'analisi dei parametri chimico fisici e microbiologici*
Fonte	*Dipartimenti Provinciali ARPA FVG* *Ministero dell'Ambiente, Relazione sullo Stato dell'Ambiente, 1997* *G. Temporelli, Acque destinate al consumo umano minerali, di sorgente e potabili, Rivista L'Ambiente, Ranieri Editore, Anno VII N.5, pp. 38-42, settembre-ottobre 2000* *G. Temporelli, Acque minerali. Lettura ed interpretazione dell'etichetta, Rivista L'Ambiente, Ranieri Editore, Anno VIII N.4, pp. 8-14, luglio-agosto 2001* *ISTAT, Statistiche ambientali, 2000*
Disponibilità	**Ambito Spaziale:** *provinciale* **Aggiornamento:** *annuale* **Periodo:** *2000*

Descrizione, Calcolo e Valutazione

Negli ultimi anni in Italia si è registrato un notevolissimo aumento del consumo di acque minerali, che nel 1998 ha raggiunto gli 8,9 miliardi di litri.

Questo fenomeno è legato a diversi fattori, non sempre giustificati da motivazioni scientifiche, come la crescente sensibilità dei consumatori verso prodotti naturali "ecologici", la diffusa sensazione di sfiducia verso la qualità dell'acqua di rubinetto distribuita dalle reti acquedottistiche, l'effetto persuasivo della pubblicità e dell'estetica delle confezioni, la convinzione in merito agli effetti benefici sulla salute delle acque minerali, spesso supportata dal consiglio del medico di famiglia.
In Italia attualmente sono registrate 281 marche di acque minerali imbottigliate, distribuite nelle varie Regioni, delle quali 4 in Friuli Venezia Giulia.

Dai dati ISTAT, rilevati mediante un'indagine tra le famiglie italiane effettuata nel 1998, risulta che il 77,6% delle persone con più di 14 anni beve abitualmente acqua minerale, con consumi nettamente superiori nelle regioni centro-settentrionali rispetto alle regioni meridionali del Paese, come si evince dai dati riportati nella seguente *Tabella 3.3.3.6a*.

Tabella 3.3.3.6a ***Percentuale di Persone di Età Maggiore di 14 Anni che Bevono Abitualmente Acqua Minerale nella Regione Friuli Venezia Giulia, in Italia e per Ripartizione Geografica***

	Consumo abituale di acqua minerale	> 1 litro al giorno	Tra 0.5 e 1 litro al giorno	1-2 bicchieri al giorno
Friuli Venezia Giulia	81.5	28.4	40.0	13.1
Italia	77.6	29.9	37.8	9.9
Italia Nord Occidentale	88.9	34.8	43.6	10.5
Italia Nord Orientale	84.8	32.2	41.2	11.4
Italia Centrale	78.9	31.6	38.1	9.2
Italia Meridionale	63.9	22.5	31.9	9.5
Italia Insulare	65.2	27.5	30.0	7.7

Fonte: ISTAT, *Statistiche ambientali 2000*, 2001

Le acque minerali naturali sono acque sotterranee che, grazie alla filtrazione ed ai processi chimico-fisici di scambio ionico che avvengono durante la loro permanenza nel sottosuolo, assumono specifiche caratteristiche di composizione chimica, da cui possono anche derivare proprietà favorevoli alla salute e particolari qualità organolettiche.

La normativa italiana distingue le acque minerali naturali, le acque di sorgente e le acque potabili:

- *Acque minerali naturali*: acque che hanno origine da una falda sotterranea e vengono captate tramite sorgenti naturali o pozzi perforati nel suolo e che hanno caratteristiche organolettiche ed igieniche particolari e proprietà favorevoli alla salute;
- *Acque di sorgente*: acque destinate al consumo umano, allo stato naturale e imbottigliate alla sorgente, che hanno origine da una falda sotterranea e vengono captate tramite sorgenti naturali o pozzi perforati nel suolo;
- *Acque potabili*: tutte le acque, di qualunque origine, che siano fornite al consumo umano o utilizzate da imprese alimentari, allo stato naturale o previo trattamento di potabilizzazione.

Le acque minerali naturali sono assoggettate a diversi tipi di classificazione a seconda del contenuto totale di sali minerali, dell'acidità, delle specie chimiche predominanti.

La normativa prevede una classificazione delle acque minerali sulla base del contenuto in sali disciolti (residuo fisso a 180°C), come illustrato nella seguente *Tabella 3.3.3.6b*.

Tabella 3.3.3.6b ***Classificazione delle Acque Minerali in Base al Contenuto di Sali Minerali (D.Lgs. 25/01/1992 n.105)***

Classificazione	Residuo Fisso a 180°C (mg/l)
Minimamente mineralizzata	R.F. < 50
Oligominerale	50 < R.F. < 500
Minerale	500 < R.F. < 1500
Ricca di sali minerali	R.F. > 1500 (*)
(*) R.F. = 1.500 mg/l è la concentrazione massima ammissibile (CMA) per le acque potabili, ai sensi del *DPR n.236 del 24/05/1988*	
Fonte: G. Temporelli, *Acque destinate al consumo umano minerali, di sorgente e potabili*, Rivista L'Ambiente, Ranieri Editore, Anno VII N.5, settembre-ottobre 2000, pp. 38-42	

L'acidità o *effervescenza naturale* delle acque minerali è legata al contenuto di anidride carbonica libera, che dipende dal rapporto tra ioni carbonato e bicarbonato disciolti nell'acqua. In base al contenuto di anidride carbonica, che può essere naturale oppure aggiunta prima dell'imbottigliamento, un'acqua minerale può essere classificata come: liscia o piatta, leggermente frizzante, frizzante o gasata, effervescente naturale.

Un ulteriore tipo di classificazione, presentata in *Tabella 3.3.3.6c*, deriva dalla particolare concentrazione di alcuni elementi presenti nella composizione delle acque.

Tabella 3.3.3.6c ***Classificazione delle Acque Minerali in Base agli Elementi Predominanti (D.Lgs. 25/01/1992 n.105)***

Definizione	Sostanza	Concentrazione (mg/l)
Bicarbonatica	Bicarbonato	> 600
Solfata	Solfati	> 200
Clorurata	Cloruro	> 200
Calcica	Calcio	> 150
Magnesiaca	Magnesio	> 50
Fluorurata	Fluoro	> 1
Ferruginosa	Ferro bivalente	> 1
Sodica	Sodio	> 200
Iposodica	Sodio	< 20
Acidula o effervescente naturale	Anidride carbonica libera	> 250
Fonte: G. Temporelli, *Acque minerali. Lettura ed interpretazione dell'etichetta*, Rivista L'Ambiente, Ranieri Editore, Anno VIII N.4, luglio-agosto 2001, pp. 8-14		

Nella Regione Friuli Venezia Giulia sono a tutt'oggi autorizzate 4 concessioni di acque minerali, le cui specifiche caratteristiche sono riportate nella seguente *Tabella 3.3.3.6d*.

Tabella 3.3.3.6d Classificazione delle Acque Minerali Friulane

Acqua minerale	Località della fonte e tipo	Residuo Fisso (mg/l)	Classificazione
1	Pradis di Sotto (PN) sorgente	160	Oligominerale iposodica
2	S. Giorgio di Nogaro (UD) pozzi	340	Oligominerale iposodica
3	Forni Avoltri sorgente	69	Oligominerale iposodica
4	Terzo d'Aquileia (UD) pozzi (profondità 30-40 m)	300	Oligominerale iposodica

Fonte: elaborazione dati dei Dipartimenti Provinciali ARPA FVG, 2001

Dai dati analitici prodotti dai Dipartimenti dell'ARPA FVG e riportati in *Tabella 3.3.3.6e*, si può osservare che le quattro acque sono facilmente distinguibili per le diverse caratteristiche di composizione che le caratterizzano (i riferimenti numerici si riferiscono alla *Tabella 3.3.3.6d*):

- l'acqua *n. **1*** è oligominerale, con valori di sodio (circa 0,5 mg/l) e solfati (circa 5 mg/l) molto bassi, caratteristici della zona montana di Pordenone;
- l'acqua *n. **2*** è relativamente ricca di minerali, in particolare di calcio (circa 70 mg/l), solfati (circa 55 mg/l) e bicarbonati (274 mg/l); il contenuto di nitrati è nettamente superiore rispetto alle altre acque minerali (circa 13 mg/l) pur rimanendo ampiamente al di sotto del limite di 50 mg/l;
- l'acqua *n. **3*** è fortemente demineralizzata dall'azione di filtrazione naturale delle rocce e del terreno nelle aree montane e probabilmente non effettua un percorso sotterraneo abbastanza lungo da arricchirsi di sali minerali e CO_2;
- l'acqua *n. **4*** è relativamente ricca di minerali, in particolare ha valori significativi di solfati (74 mg/l) e di stronzio (0,7 mg/l) che indicano chiaramente la sua provenienza dal Bacino del Tagliamento.

Tabella 3.3.3.6e Valori Tipici delle Acque Minerali della Regione Friuli Venezia Giulia

Parametri	Unità di Misura	Acqua minerale n.1	Acqua minerale n.2	Acqua minerale 3	Acqua minerale n.4
		Sorgente	Pozzo	Sorgente	Pozzo
Temperatura alla sorgente	°C	-	13.9	6.4	14.5
pH	Unità	8.10	7.67	8.34	7.90
Conducibilità elettrica	µS/cm a 20°C	265	486	112	396
Residuo fisso a 180°C	mg/l	160	343	69	295
Ossidabilità	mg/l	-	0.30	0.3	0.30
CO_2 libera alla sorgente	mg/l	-	13	1.0	5.5
Silice	mg/l	-	10.2	3.2	10.4
Bicarbonati	mg/l	-	274	79	195
Cloruri	mg/l	1.1	4.2	0.3	1.5
Solfati	mg/l	4.95	54.9	2.8	73.6
Sodio	mg/l	0.6	3.25	1.2	3.4
Potassio	mg/l	0.14	0.65	0.2	0.7
Calcio	mg/l	32.9	70.1	17.6	50.0
Magnesio	mg/l	17.6	28.1	4.0	23.8
Durezza totale	°F	16.4	29.1	6.0	22.2
Ferro	mg/l	< 20	< 10	< 10	< 10
Fluoro	mg/l	-	47	35	74
Ammoniaca	mg/l	< 0.02	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Fosforo	mg/l	< 50	< 50	< 50	< 50
Idrogeno solforato	µg/l	-	< 20	< 20	< 20
Stronzio	µg/l	-	370	50	700
Litio	µg/l	-	1	2	< 1
Alluminio	µg/l	-	< 0.01	< 0.01	0.010
Bromo	µg/l	< 0.05	10	< 1	10
Iodio	µg/l	-	2	< 1	3
Cianuri	µg/l	-	< 2	< 2	< 2
Fenoli	µg/l	-	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Tensioattivi anionici (MBAS)	µg/l	-	< 25	< 25	< 25
Idrocarburi disciolti	µg/l	-	< 2	< 2	< 2
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	µg/l	-	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Pesticidi e bifenili clorurati	µg/l	-	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Composti organoalogenati	µg/l	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Arsenico	µg/l	-	< 1	< 1	< 1
Bario	µg/l	-	0.049	0.015	0.0301
Cadmio	µg/l	-	< 1	< 1	< 1
Cromo	µg/l	< 10	< 1	< 1	< 1
Mercurio	µg/l	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Manganese	µg/l	-	< 1	< 1	< 1
Nitrati	mg/l	5.8	13	1.6	2.7
Nitriti	mg/l	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Piombo	µg/l	-	< 1	< 1	< 1
Rame	µg/l	-	< 1	< 1	< 1
Selenio	µg/l	-	< 1	< 1	< 1

Fonte: elaborazione dati ARPA FVG, 2001

Riferimenti per la Valutazione

La normativa nazionale sulle procedure autorizzative di commercializzazione e di controllo delle acque minerali fa riferimento a:

- il *D.Lgs. 25/01/1992 n.105 Norme di utilizzazione e commercializzazione delle acque naturali;* in attuazione della *Direttiva 80/777/CE* fissa i criteri per la classificazione delle acque minerali;
- il *D.Lgs. 27/01/1992 n.109* in materia di *Etichettatura dei prodotti alimentari;* stabilisce dimensioni ed informazioni che obbligatoriamente devono essere riportata nell'etichetta apposta sulle bottiglie (classificazione dell'acqua, composizione, nome della sorgente, dati riferiti al produttore, ecc.). L'etichetta deve venire aggiornata ogni 5 anni;
- il *DM 12/11/1992 n.542 Regolamento recante i criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali*; stabilisce i parametri chimico-fisici e microbiologici da verificare ed i limiti delle sostanze indesiderabili per ottenere il riconoscimento delle acque come *acque minerali naturali*.

La periodicità delle analisi di controllo sulle acque minerali è stabilita nella *Circolare Ministero Sanità n.19 del 12/05/1993,* riguardante le analisi chimico-fisiche, e nella *Circolare Ministero Sanità n.17 del 13/09/1991*, riguardante le analisi microbiologiche.

Valutazione della Qualità del Dato

I dati analitici sulle acque minerali sono quelli ufficiali, determinati per il rilascio dell'autorizzazione del Ministero della Salute all'utilizzo della fonte ed alla commercializzazione dell'acqua; sono stati forniti dai Dipartimenti Provinciali dell'ARPA FVG, competenti per i controlli periodici previsti dalla normativa.

3.3.4 Conclusioni

La risorsa idrica delle falde della Regione Friuli Venezia Giulia rappresenta una ricchezza naturale rilevante, sia per la disponibilità che per la facilità di approvvigionamento. Tale favorevole situazione ha però consentito per molto tempo un uso spesso incontrollato dell'acqua, in particolare nella Bassa Pianura Friulana. Il ricorso indiscriminato ed incontrollato all'approvvigionamento autonomo è particolarmente critico per la salvaguardia delle falde, soprattutto laddove l'artesianità delle acque profonde genera un prelievo continuo, anche quando non necessario e quindi uno spreco ingiustificato di una preziosa risorsa naturale di buona qualità.

Numerose sono le potenziali fonti di contaminazione delle acque sotterranee presenti sul territorio regionale e vi sono situazioni note di inquinamento, legato ad attività antropiche o anche a fattori naturali. I fenomeni di inquinamento delle acque di falda identificati nel passato forniscono importanti indicazioni sull'elevata vulnerabilità degli acquiferi della regione. Nel complesso, lo stato ambientale delle acque sotterranee della Regione che deriva dalla classificazione sperimentale, fatta in base al *D.Lgs. 152/99,* è buona nelle aree montane mentre diventa critica nelle aree di pianura, dove la qualità viene deprezzata dalla presenza di diverse sostanze, ma soprattutto per l'inquinamento da erbicidi e parzialmente da nitrati.
Un corretto uso di fertilizzanti azotati, di fitofarmaci ed il controllo delle numerose potenziali fonti di contaminazione presenti sul territorio sono misure indispensabili per proteggere le acque di falda dall'inquinamento di origine antropica, in particolare in prossimità della fascia delle risorgive, dove la vulnerabilità delle falde è altissima.
Sulla base delle informazioni esistenti è inoltre possibile affermare che se il prelievo idrico non verrà controllato a livello regionale, anche ipotizzando il compimento di un nuovo ciclo di ricarica degli acquiferi, è ragionevole presumere che l'intensa pressione antropica potrà causare la persistenza, se non l'incremento dell'abbassamento delle falde e la conseguente concentrazione degli inquinanti presenti.

Gli acquiferi termali rappresentano per la Regione una piccola potenziale fonte di energia rinnovabile come fonte di energia termica per vari utilizzi. Gli acquiferi termali si estendono in un'ampia zona della pianura e la notevole stabilità geotermica, oltre alla limitata profondità, rendono tale fenomeno interessante dal punto di vista minerario come potenziale fonte di energia termica alternativa. Tuttavia lo sfruttamento della risorsa dovrà essere controllato, al fine di mantenere la stabilità termica delle falde e garantire la rinnovabilità della risorsa.
Oltre a rappresentare un abbondante serbatoio naturale di acque di falda naturalmente potabili e di buona qualità, anche se sottoposte a pericolo di inquinamento derivante dalle attività umane, le acque sotterranee della Regione Friuli Venezia Giulia alimentano attualmente quattro concessioni per sorgenti di acque oligominerali, che presentano caratteristiche chimico-fisiche ed organolettiche specifiche, che le rendono anche facilmente riconducibili alle aree ed ai bacini idrogeologici di provenienza.

3.3.4 Bibliografia

Le fonti di informazione consultate sono:

- Azienda per i Servizi Sanitari N.3 Alto Friuli; Azienda per i Servizi Sanitari N.4 Medio Friuli; ARPA FVG Dipartimento Provinciale di Udine; ARPA FVG Osservatorio Meteorologico Regionale, *Inquinamento atmosferico nell'intorno del polo industriale di Rivoli di Osoppo – Buia 2000 - Qualità delle acque di falda (metalli)*, maggio 2001
- Azienda per i Servizi Sanitari N.6 Friuli Occidentale – Dipartimento di Prevenzione di Pordenone, Getas Petrogeo srl, Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, *Episodio di inquinamento da solventi clorurati delle falde della Medio-alta Pianura Pordenonese Fase 2*, 1999
- Azienda per i Servizi Sanitari N.6 Friuli Occidentale, *Acque di falda – Indagine sulla situazione nel Pordenonese*, Booksei N.3, 1999
- Circolo Speleologico e Idrologico Friulano; Provincia di Udine – Assessorato all'Ecologia, *Il fenomeno carsico nelle Valli del Natisone*, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia S.II, Vol.IX, 1997
- Club Alpino Italiano; Gruppo Speleologico Padovano, *Atti del Convegno nazionale sull'inquinamento delle grotte e degli acquiferi carsici e possibili ricadute sulla collettività*, Padova 26-27 settembre 1998
- Consiglio Nazionale delle Ricerche - Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche - *Progetto AVI Censimento delle Aree Italiane Vulnerate da Calamità Idrogeologiche, Rapporto di sintesi - Friuli Venezia Giulia*, giugno 1994
- E. Colizza, F. Cucchi, F. Ulcigrai, *Caratteristiche geolitologiche e strutturali del Membro di Rupingrande della Formazione dei calcari del Carso Triestino*, Bollettino della Società Adriatica di Scienze LXXI, pp. 29-46, 1989
- F. Cucchi, E. Marinetti, G. Massari, e L. Zini, *Carta della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero carsico triestino e isontino*, Le Grotte d'Italia s. V 1, pp. 21-31, 2000
- F. Cucchi, E. Marinetti, G. Massari, S. Oberti, C. Piano e L. Zini, *Carta della vulnerabilità intrinseca della pianura friulana*, Pubblicazione n.1976 del GNRCI-CNR, U.O. 4.7 (DISGAM Università di Trieste)
- F. Cucchi, F. Forti, P. Herbreteau, *Misure di dissoluzione carsica: la stazione di Pradis (Prealpi Carniche)*, Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan", Vol.34 pp. 49-54, 1997
- F. Cucchi, G. Casagrande, P. Manca, *Chimismo e idrodinamica dei sistemi sorgivi del massiccio del Monte Canin (Alpi Giulie Ocidentali)*, Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan", Vol.37 pp. 93-123, 1999
- F. Cucchi, G. Massari, A. Mereu, S. Oberti, L. Zini, *Sorgenti e pozzi per acqua nel Friuli Venezia Giulia – Un GIS per il monitoraggio e la tutela della qualità delle acque superficiali e profonde*, maggio 2001
- F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, *Fluttuazioni della falda freatica nell'Alta Pianura Friulana*, estratto da GORTANIA, Atti del Museo Friulano di Storia Naturale Vol. 21, 1999
- F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, *Il chimismo delle falde freatiche e artesiane della Pianura Friulana*, Quaderno del Museo Carsico Geologico e Paleontologico N.7, 1999

- F. Cucchi, N. Pugliese, F. Ulcigrai, *Il Carso Triestino: note geologiche e stratigrafiche*, Int. J. Speleol. 18 1-2, 1989
- Ecoistituto del Friuli Venezia Giulia, *Rapporto Stato dell'Ambiente nel Friuli Venezia Giulia 1997*, 1998
- Ecoistituto del Friuli Venezia Giulia, *Rapporto Stato dell'Ambiente nel Friuli Venezia Giulia 1998*, 1999
- Ecoistituto del Friuli Venezia Giulia, *Rapporto Stato dell'Ambiente nel Friuli Venezia Giulia 1999*, gennaio 2000
- C. Granati, G. Martelli, C. Roda, *Valutazione preliminare del volume di acqua estratta annualmente in Provincia di Udine dal sottosuolo della Bassa Pianura Friulana*, Ingegneria e Geologia degli Acquiferi N. 15, 2000
- ISTAT; Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Servizio Autonomo della Statistica, *Compendio Statistico - Edizione 1999*, aprile 2001
- Ministero dell'Ambiente, *Relazione sullo Stato dell'Ambiente*, 1997
- Ministero dell'Ambiente, *Relazione sullo Stato dell'Ambiente*, gennaio 2001
- Ministero delle Politiche Agricole e Forestali; INEA, *L'agricoltura italiana conta - 1998*, 1999
- F. Mosetti, *Sintesi sull'idrologia del Friuli Venezia Giulia*, Quaderni dell'Ente Tutela Pesca (Udine) Rivista di Limnologia N. 6, 1983
- Provincia di Pordenone – Assessorato alla Protezione Civile, *Piano Provinciale di Previsione e Prevenzione rischi*, 2000
- Provincia di Pordenone – Associazione Protezione Civile, *La tutela delle risorse idriche e la prevenzione degli inquinamenti diffusi – Progetto di ricerca finalizzato alla tutela degli acquiferi naturali ed alla prevenzione dei rischi di inquinamento delle acque potabili della Provincia di Pordenone – Relazione Tecnica*, luglio 1998
- Provincia di Pordenone, (a cura di L. D'Alpaos, M. Fogato, A. Iseppi Perosa, G. Maso), *Studio sulla consistenza e sulle caratteristiche delle risorse idriche del territorio provinciale finalizzato all'attività di protezione e corretta gestione delle stesse*, 1997
- Provincia di Udine; Università degli Studi di Udine – Dipartimento di Georisorse e Territorio, *Studio delle falde idriche della Bassa Pianura Friulana: tutela e gestione integrata della risorsa*, novembre 1995
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Direzione Regionale dei Lavori Pubblici – Servizio dell'Idraulica, *Piano Generale per il Risanamento delle Acque*, 1981
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Direzione Regionale dell'Ambiente – Servizio della Tutela dagli Inquinamenti e delle Infrastrutture Civili, *Piano Generale per il Risanamento delle Acque – Allegato 5 Caratteristiche chimico fisiche e biologiche dei corpi idrici superficiali e profondi della Regione* – Vol. 1 e 2, 1992
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Direzione Regionale dell'Ambiente – Servizio della Tutela dagli Inquinamenti e delle Infrastrutture Civili, *Piano Generale per il Risanamento delle Acque – Allegato 5 Caratteristiche chimico fisiche e biologiche dei corpi idrici superficiali e profondi della Regione*, 1985
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Direzione Regionale dell'Ambiente – Servizio Infrastrutture Civili, *Situazione dei servizi pubblici di acquedotto*, 1985

- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Direzione Regionale dell'Ambiente, *Normativa statale, comunitaria e regionale in materia di acque destinate al consumo umano*, 1991
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Direzione Regionale dell'Ambiente, *Piano Generale per il Risanamento delle Acque*, 1994
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Direzione Regionale della Sanità – Servizio Igiene e Tutela Ambientale, *Progetto Obiettivo – Contributo conoscitivo allo stato delle risorse idriche superficiali e profonde*, settembre 1997
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Ufficio di Piano – Servizio della Programmazione Energetica; Università degli Studi di Trieste – Facoltà di Ingegneria - Dipartimento di Ingegneria Navale, del Mare e per l'Ambiente, *Potenzialità geotermiche della Bassa Pianura Friulana: stato dell'arte e proposte operative*, 1999
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, *Compendio Statistico*, dicembre 1999
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, *Gli aspetti fisici del territorio regionale – Elementi e metodologie per gli strumenti di pianificazione*, dicembre 1996
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia; Azienda per i Servizi Sanitari N.4 – Medio Friuli, *Censimento e controllo dei piccoli acquedotti dell'area pedemontana in Provincia di Udine*, 1998
- S. Stefanini, F. Giorgetti, *I potenziali inquinamenti delle acque freatiche dell'Alta Pianura Friulana ad opera delle discariche*, Università degli Studi di Trieste - Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, 1996
- G. Temporelli, *Acque destinate al consumo umano minerali, di sorgente e potabili*, Rivista L'Ambiente, Ranieri Editore, Anno VII N.5, pp. 38-42, settembre-ottobre 2000,
- G. Temporelli, *Acque minerali. Lettura ed interpretazione dell'etichetta*, Rivista L'Ambiente, Ranieri Editore, Anno VIII N.4, pp. 8-14, luglio-agosto 2001

I documenti non pubblicati consultati sono:

- ARPA FVG, *D.Lgs. 152/99: Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola – Fase II*, 2001
- ARPA FVG Dipartimento Provinciale di Pordenone, *Stato di qualità dei corpi idrici recipienti rappresentati da acque superficiali e profonde, dei trattamenti depurativi di pubbliche fognature in Provincia di Pordenone*, anni 1997, 1998, 1999
- ARPA FVG Dipartimento Provinciale di Udine, *Stato di qualità dei corpi idrici recipienti rappresentati da acque superficiali e profonde, dei trattamenti depurativi di pubbliche fognature in Provincia di Udine,* anni 1997, 1998, 1999
- ARPA FVG Dipartimento Provinciale di Gorizia, *Stato di qualità dei corpi idrici recipienti rappresentati da acque superficiali e profonde, dei trattamenti depurativi di pubbliche fognature in Provincia di Gorizia,* anni 1997, 1998, 1999
- ARPA FVG Dipartimento Provinciale di Trieste, *Stato di qualità dei corpi idrici recipienti rappresentati da acque superficiali e profonde, dei trattamenti depurativi di pubbliche fognature in Provincia di Trieste,* anni 1997, 1998, 1999

I siti internet consultati sono:

- http://www.regione.fvg.it (Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia)
- http://www.provincia.pordenone.it (Provincia di Pordenone)
- http://www.provincia.udine.it (Provincia di Udine)
- http://www.provincia.gorizia.it (Provincia di Gorizia)
- http://www.provincia.trieste.it (Provincia di Trieste)
- http://www.arpa.fvg.it (ARPA FVG)
- http://www.anpa.it (ANPA)
- http://www.units.it (Università degli Studi di Trieste)
- http://www.units.it/~dipsgaem/ (Università degli Studi di Trieste, Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine DiSGAM)
- http://www.uniud.it (Università degli Studi di Udine)
- http://www.minambiente.it (Ministero dell'Ambiente)
- http://mica-dgfe.casaccia.enea.it/unmig/buig/buig.htm (Ministero dell'Industria, dell'Energia e delle Risorse Minerarie)
- http://www.infrastrutturetrasporti.it (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti)
- http://www.politicheagricole.it (Ministero delle Politiche Agricole e Forestali)
- http://www.istat.it (ISTAT)