



# suolo, sottosuolo e falda acquifera

7



Indicatori (I) e Approfondimenti (A)	DPSIR	Valutazione dell'indicatore			Pag.
		Qualità dell'informazione	Giudizio di stato	Tendenza	
I Caratterizzazione del livello della falda freatica (livello freaticometrico)	S	☺	☺	na.	188
I Stato Chimico delle Acque Sotterranee	S	☺	☺	↔	194
I Siti contaminati	P	☺	☺	↔	196
A Applicazione dell'Analisi di Rischio ai siti potenzialmente contaminati					198
I Cave di marmo verde della Valle d'Aosta	D	☺	na.	na.	200
I Controlli effettuati nell'ambito della mappatura dell'amianto	S/R	☺	na.	na.	204
A Il telerilevamento delle coperture di cemento-amianto con il sistema MIVIS					206

## Caratterizzazione del livello della falda freatica (livello freaticometrico)



Il monitoraggio delle acque sotterranee avviene attraverso pozzi, realizzati per estrarre le acque sotterranee (emungimento), e piezometri, ovvero perforazioni di piccolo diametro realizzate appositamente per il monitoraggio del corpo idrico. Il livello della falda (livello freaticometrico) viene misurato in vari punti di misura (pozzi e piezometri) mediante apposita sonda e rappresenta un indicatore facilmente controllabile, anche su grandi estensioni di territorio, dello stato quantitativo delle risorse sotterranee.

Il livello della falda può essere espresso:

- come profondità relativa, in metri rispetto alla superficie del terreno (dato misurato in campo). In questo caso si parla di soggiacenza della falda.
- come quota assoluta, in metri sul livello del mare.

L'elaborazione dell'indicatore consente di ricavare informazioni circa:

- l'andamento della superficie freatica
- il confronto con situazioni precedenti (tendenze ascendenti/discendenti/costanti)
- l'identificazione e la protezione delle aree vulnerabili o sovrasfruttate
- la previsione delle risorse idriche quantitativamente disponibili; queste previsioni necessitano di serie storiche di misura sufficientemente lunghe (ca. 10 anni)
- la simulazione del flusso delle acque sotterranee nel sottosuolo tramite appositi strumenti informatici (modellistica)

### classificazione

► **Area tematica SINAnet**

Idrosfera

► **Tema SINAnet**

(Qualità dei corpi idrici)

► **DPSIR** **S**

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione



Giudizio stato



Tendenza\*



### riferimenti normativi

► **Normativa di riferimento**

D.Lgs. 152/06 - Allegati alla parte Terza - Allegato 1 - paragrafi B.1 e B.2

Dir. 2000/60/CE e 2006/118/CE, in fase di recepimento in Italia.

Attualmente, si è in attesa che vengano stabilite a livello nazionale le modalità di monitoraggio ed i criteri di classificazione dello stato quantitativo degli acquiferi ai sensi della normativa europea.

► **Relazione con la normativa**

La quantificazione dell'indicatore è richiesta esplicitamente dalla normativa di riferimento; al rilievo del livello deve essere affiancato l'indicatore Stato Chimico delle Acque Sotterranee (vedi indicatore) al fine di determinare lo stato ambientale delle risorse idriche sotterranee.

Secondo la Dir. 2000/60 si devono individuare tutti i corpi idrici da cui sono estratti più di 10 m<sup>3</sup>/giorno di acqua per uso potabile, attuale o futuro, e in generale devono essere monitorati tutti i corpi idrici che forniscono mediamente più di 100 m<sup>3</sup>/giorno. Pertanto dovrà essere effettuato anche un monitoraggio di alcune delle sorgenti presenti in territorio montano.

► **Livelli normativi di riferimento**

Non definiti, in fase di discussione.

Genericamente, il regime del livello della falda è individuato al punto 2.1.1. dell'allegato V della Dir. 2000/60 come il parametro per la definizione dello stato quantitativo degli acquiferi.

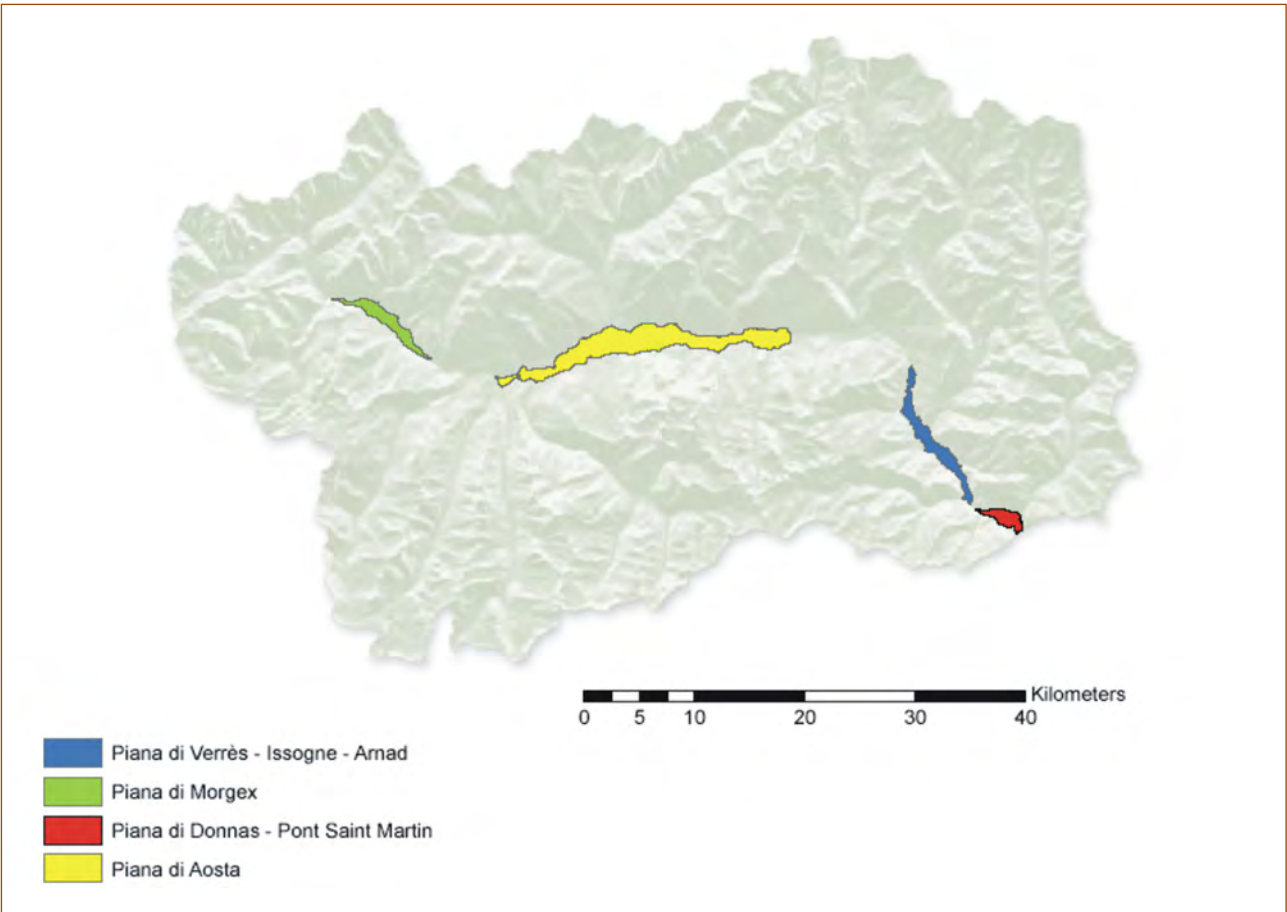
\* per la Piana di Aosta lieve decremento dei livelli probabilmente non significativi. Sulle altre porzioni di territorio le serie storiche non sono abbastanza lunghe per definire un trend.

### copertura temporale e spaziale

- ▶ **Aggiornamento**  
31/12/2007
- ▶ **Periodicità di aggiornamento**  
Piana di Aosta: semestralmente su ca. 60 punti, mensilmente su 8 punti  
Piana di Verrès - Issogne - Arnad e Piana di Donnas - Pont St. Martin: mensilmente su ca. 10 punti  
Piana di Morgex: semestralmente su 4 punti
- ▶ **Copertura territoriale**  
Le quattro zone del fondovalle principale, sedi degli acquiferi più significativi e con presenza di pozzi ad uso idropotabile: Piana di Aosta, Piana di Issogne- Verrès – Arnad, Piana di Donnas - Pont St. Martin e piana di Morgex.

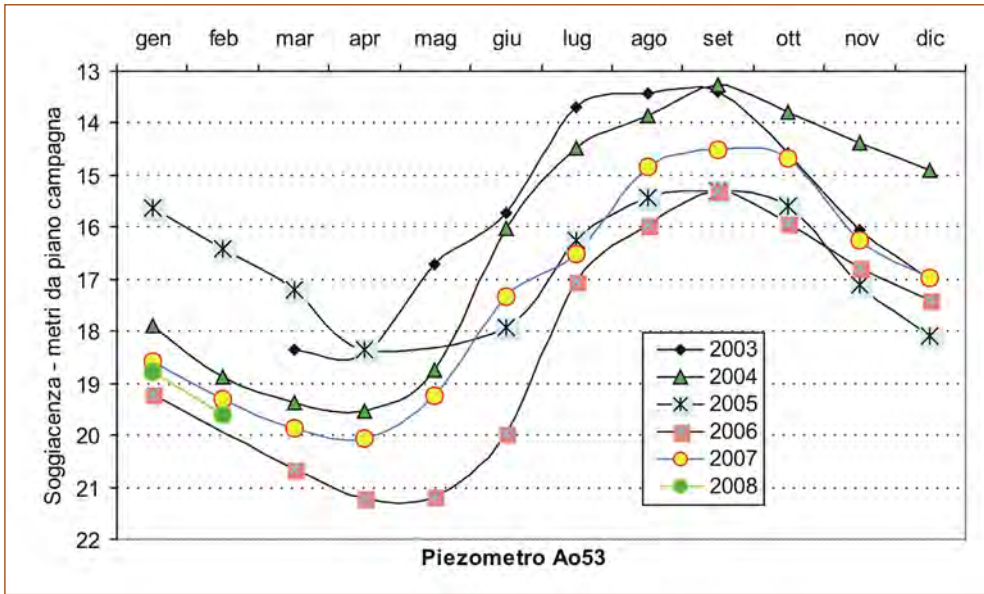
### elaborazione e presentazione

#### ▶ CORPI IDRICI SOTTERRANEI MONITORATI



7.1

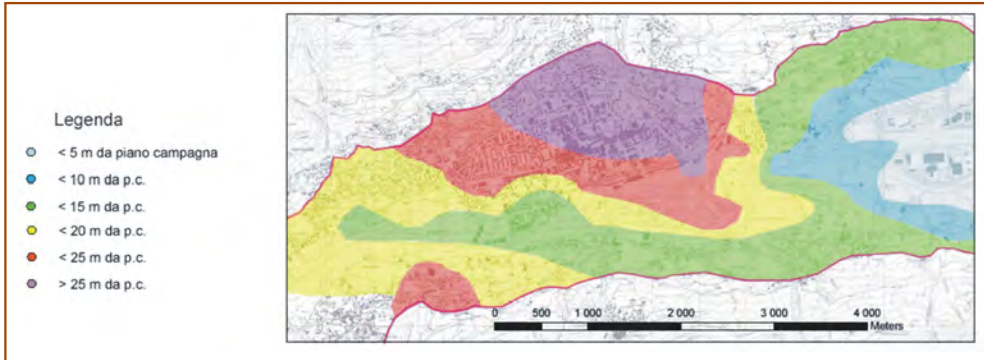
**PIANA DI AOSTA**  
**Variazione stagionale del livello della falda freatica (soggiacenza)**



**Piezometro AO 53-Aosta ovest**

Il massimo innalzamento freaticometrico (minima soggiacenza della falda) coincide con la fine dell'estate (agosto-settembre) ed il minimo con il periodo primaverile (aprile, talvolta maggio). L'escursione stagionale del livello della falda è, nella zona di Aosta ovest a cui si riferisce la figura, di ca. 5 m. Essa, tuttavia, varia a seconda della zona considerata, decrescendo verso est. Nella zona di Saint-Christophe e Brissogne, l'escursione stagionale è dell'ordine di 1 m.

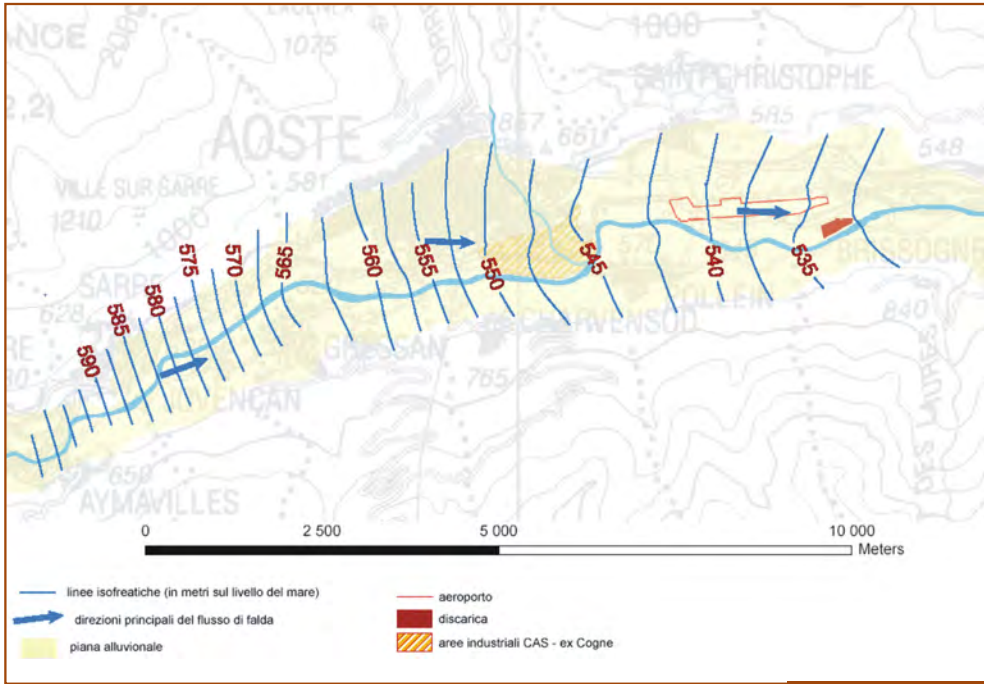
**Carta della soggiacenza della falda**



**Aprile 2007**

La carta si riferisce a condizioni di massima soggiacenza della falda, ovvero di livello più basso. La soggiacenza è minima nella zona orientale della piana e massima nella zona di Aosta nord.

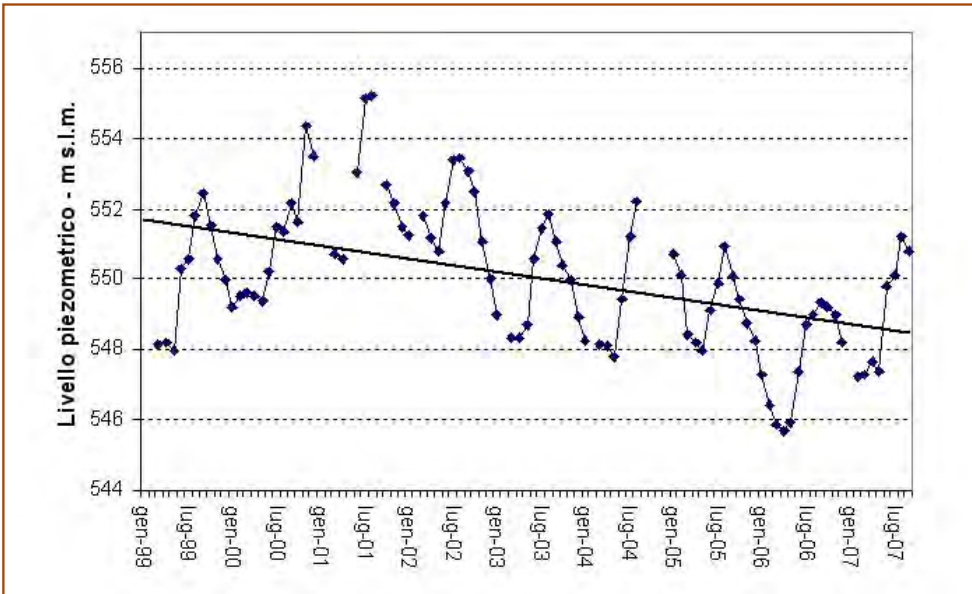
**Carta delle isofreatiche**



**Aprile 2007**

La direzione di deflusso della falda freatica è orientata da ovest verso est, mantenendosi all'incirca parallela all'asse della Dora Baltea, con una velocità che può essere stimata indicativamente nell'ordine dei 2 m al giorno.

**Andamento del livello della falda freatica**



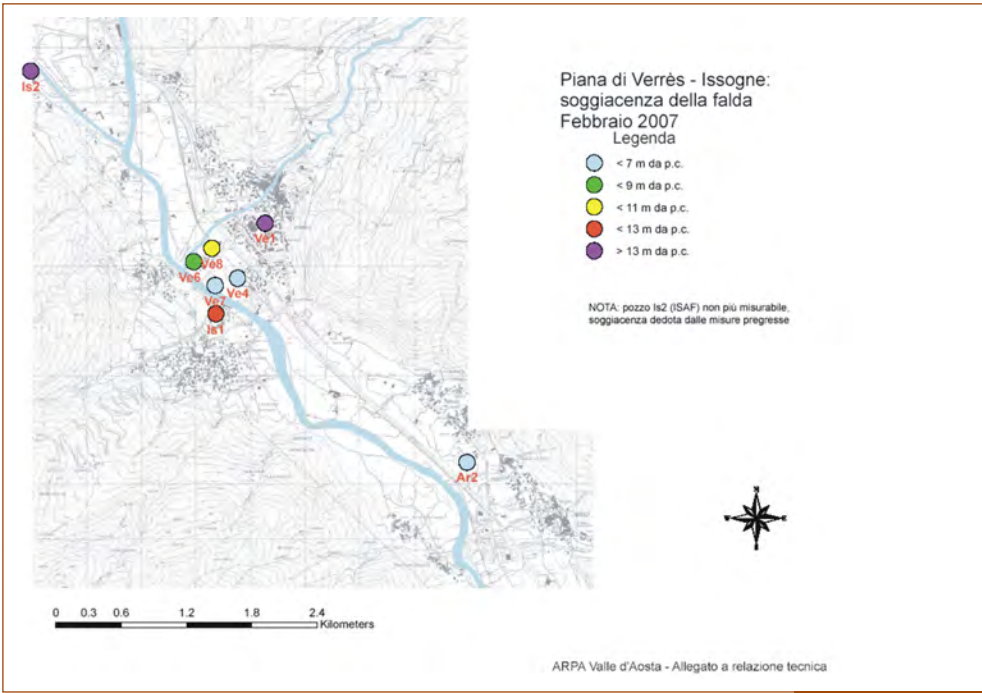
A titolo di sperimentazione, nell’ambito di un tavolo tecnico istituito dall’Autorità di bacino del fiume Po in vista dell’applicazione della Direttiva Europea, è stato valutato, con il metodo statistico della regressione lineare, l’andamento della quota della falda freatica (m s.l.m.) a partire dal 1999. L’elaborazione è stata effettuata su un gruppo di piezometri siti in Aosta, per cui si dispone di una serie storica relativamente lunga.

La diminuzione media del livello della falda di ca. 30 cm all’anno, visibile nel piezometro riportato in figura, è rilevabile su tutti i piezometri considerati. In questo caso (trend negativo) una applicazione acritica dei criteri della Direttiva 2000/60 prevederebbe di classificare il corpo idrico definendolo, da un punto di vista quantitativo, “a

rischio”. Devono, tuttavia, essere fatte ulteriori indagini ai fini di stabilire la causa e l’entità della riduzione di livello, per valutare le eventuali azioni da intraprendere (es. diminuzione delle estrazioni). Si deve, inoltre, considerare che un trend negativo di 30 cm/anno per un acquifero potente non meno di 100 m ed estremamente ricco d’acqua, quale quello presente nella piana di Aosta, non sembra costituire in sé un dato allarmante: esso è probabilmente influenzato più da fattori naturali (diminuzione delle precipitazioni) piuttosto che antropici (aumento dei prelievi da pozzi). Considerazioni di questo tipo sono al centro dell’attuale dibattito sull’applicazione dei criteri della Direttiva 2000/60. Esse andranno affinate anche sulla base delle esperienze in corso nelle altre regioni afferenti al bacino del fiume Po.

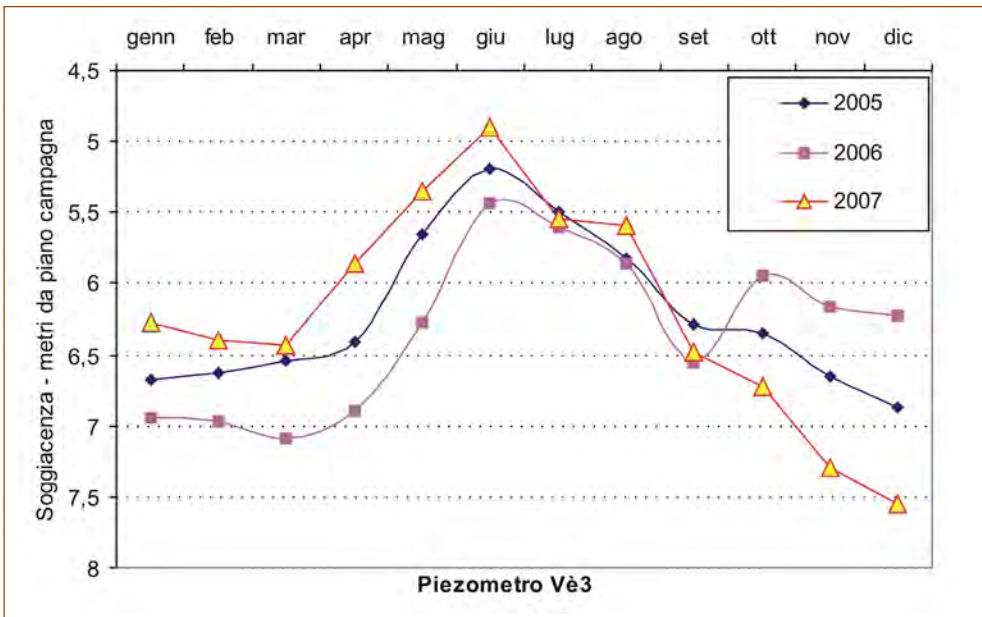
7.1

**PIANA DI ISSOGNE-VERRÈS-ARNAD**  
 Carta puntuale della soggiacenza della falda



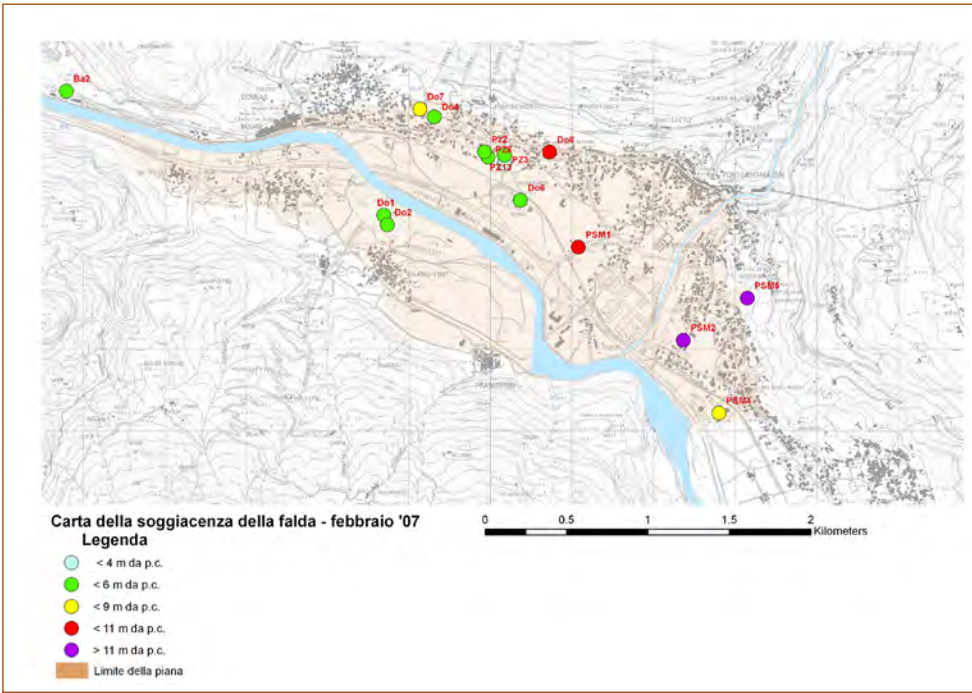
Il limitato numero di punti di misura non consente elaborazioni spaziali estese a tutto il territorio.

**Febbraio 2007**

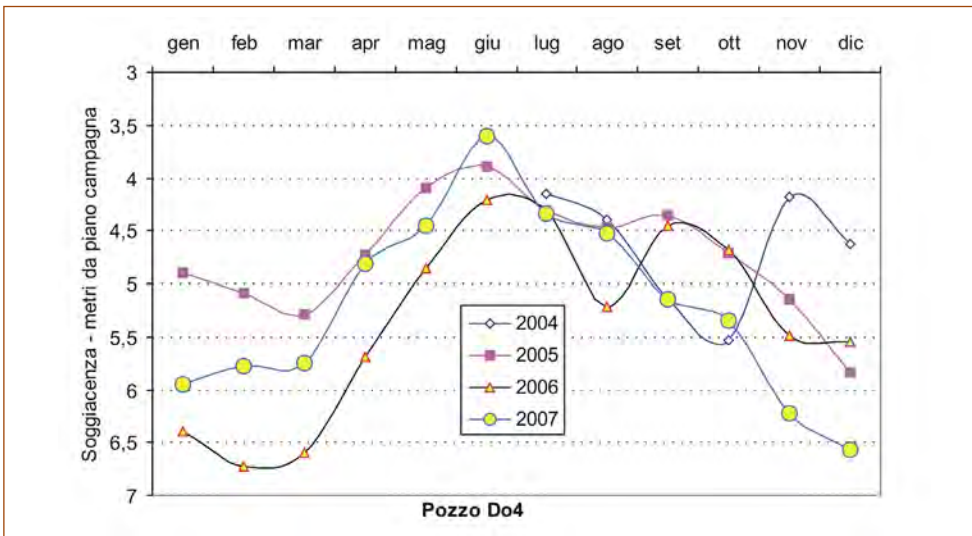


**Diagramma freaticometrico di un punto di misura**

**PIANA DI DONNAS-PONT-SAINT-MARTIN**  
**Carta puntuale della soggiacenza della falda**



**Febbraio 2007**



**Diagramma freatimetrico di un punto di misura**

**Classificazione dei complessi idrogeologici valdostani**

Le quattro pianie ospitano acquiferi classificabili secondo lo schema APAT nel gruppo "Alluvioni vallive". In Valle d'Aosta esse corrispondono alle aree di fondovalle più ampie e allo stesso tempo più antropizzate, con presenza di pozzi per diversi usi (potabile, industriale, irriguo). L'estensione complessiva areale dei suddetti corpi idrici è di ca. 60 km<sup>2</sup>. Le principali caratteristiche degli acquiferi si possono così riassumere:

- sono chiaramente delimitati dal punto di vista morfologico;
- sono impostati nelle alluvioni grossolane del Quaternario superiore;
- sono in diretta connessione con i corsi d'acqua e con le acque meteoriche;
- possiedono un'alta vulnerabilità, sia intrinseca (acquiferi liberi molto permeabili) che integrata (presenza di pozzi in ambito urbano).

7.2

# Stato Chimico delle Acque Sotterranee



L'indicatore sintetizza, a partire dai risultati delle analisi chimiche di laboratorio, la qualità chimica delle acque di falda di ciascun punto di monitoraggio (pozzo o piezometro); successivamente i risultati relativi ai singoli punti di misura devono essere utilizzati per la classificazione di tutto il corpo idrico. Nel lungo termine, l'indicatore è inoltre finalizzato ai seguenti obiettivi:

- conoscenza della qualità delle acque sotterranee e confronto con situazioni precedenti;
- controllo delle risorse idriche qualitativamente disponibili;
- previsione e controllo degli episodi di contaminazione degli acquiferi;
- identificazione e protezione delle aree vulnerabili

## classificazione

- ▶ **Area tematica SINAnet**  
Idrosfera
- ▶ **Tema SINAnet**  
Qualità dei corpi idrici
- ▶ **DPSIR**

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione

Giudizio stato\*

Tendenza

\* Lo stato può essere definito buono ovunque salvo su un settore della Piana di Aosta, come indicato nel seguito.

## riferimenti normativi

- ▶ **Normativa di riferimento**  
D.Lgs. 152/06 - Allegati alla parte Terza – Allegato 1 – paragrafi B.3 e B.4. Il decreto sostituisce il precedente D.Lgs. 152/99, che dava indicazioni precise per la classificazione dello stato chimico. L'attuale decreto si limita a fornire considerazioni piuttosto generiche. Dir. 2000/60/CE e 2006/118/CE, in fase di recepimento in Italia. Si è in attesa che vengano stabilite a livello nazionale le modalità di monitoraggio ed i criteri di classificazione ai sensi della normativa europea
- ▶ **Relazione con la normativa**  
L'indicatore presentato è costruito sulla base delle indicazioni del D.Lgs 152/99. La normativa attualmente vigente non dá indicazioni precise sull'elaborazione di un indicatore complessivo di stato chimico delle acque sotterranee, a partire dai dati di concentrazione delle singole sostanze.
- ▶ **Livelli normativi di riferimento**  
La definizione dello stato chimico delle acque sotterranee, secondo la Direttiva 2000/60 e 2006/118, si basa sul rispetto di norme di qualità per i singoli inquinanti, espresse attraverso concentrazioni limite ("valori soglia"), che vengono definite a livello europeo per nitrati e pesticidi, mentre per altri inquinanti, di cui è fornita una lista minima nella stessa Direttiva, spetta agli Stati Membri la definizione dei valori soglia.

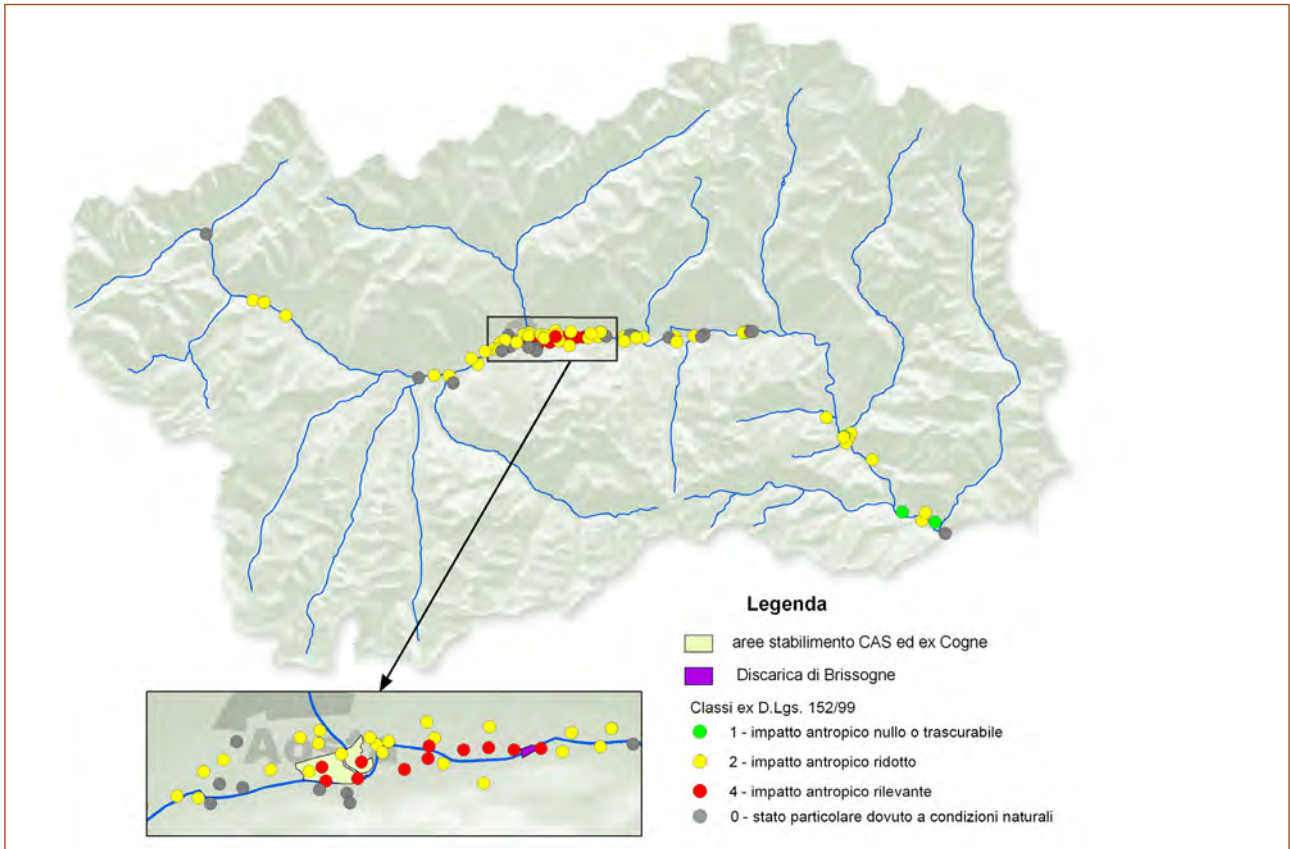
## copertura temporale e spaziale

- ▶ **Aggiornamento**  
31/12/2007
- ▶ **Periodicità di aggiornamento**  
Trimestrale sulla piana di Aosta, semestrale sulle altre porzioni di territorio indagate.
- ▶ **Copertura territoriale**  
Le quattro zone del fondovalle principale, sedi degli acquiferi più significativi e con presenza di pozzi ad uso idropotabile: Piana di Aosta, Piana di Issogne- Verrès – Arnad, Piana di Donnas - Pont St. Martin e piana di Morgex.



elaborazione e presentazione

**CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE DI FALDA SECONDO IL D.LGS. 152/99 (NON PIÙ IN VIGORE) PER IL 2° SEMESTRE 2007**



**Qualità delle acque**

Mentre in Valdigne e nella bassa valle la qualità delle acque è buona e non si evidenziano alterazioni nella qualità delle acque sotterranee imputabili a fattori antropici, alcune criticità sussistono in alcuni settori della piana di Aosta:

- all'interno del perimetro dell'area industriale Cogne Acciai Speciali – ex Cogne, diffuso inquinamento da Cromo VI e, più localmente, da Fluoruri. Tracce di tali inquinanti sono stati rinvenuti anche al di fuori del sito, a valle dello stesso rispetto alla direzione di deflusso della falda. I pozzi, ad uso idropotabile del comune di Aosta, ubicati a monte, non sono invece interessati da tale problematica
- nella zona di Brissogne si rilevano concentrazioni elevate in Ferro e Manganese, dovute alla presenza di vecchie discariche non regolamentate (ante normativa) che inducono condizioni riducenti nell'acquifero
- nell'area urbana di Aosta si rilevano in molti dei punti di controllo concentrazioni minime (dell'ordine di pochi µg/l) di solventi alogenati (es. tetracloroetilene).

La maggior parte delle suddette criticità è ascrivibile a vecchi episodi di contaminazione connessi all'uso del territorio e si spiega considerando che l'area di fondovalle, caratterizzata da terreni molto permeabili e da una falda acquifera posta spesso a pochi metri dalla superficie, sopporta in pochi km<sup>2</sup> l'esistenza

di svariati potenziali centri di pericolo, per i quali solo negli ultimi anni è stata messa a punto una normativa tesa alla tutela dell'ambiente.

**Concentrazioni di fondo**

La definizione dello stato di qualità delle acque sotterranee è sovente complicata dalle "concentrazioni di fondo", ossia la concentrazione – anche superiore alle soglie previste dalla normativa per i siti contaminati – che un elemento o sostanza presenta in chiara assenza di pressioni antropiche. Gli elementi che presentano spesso concentrazioni di fondo elevate nel territorio valdostano – ma non solo – sono Ferro, Manganese e Nichel. Tali situazioni sono evidenziate dai punti rientranti in classe zero (in grigio nella cartina).

**Indagini in atto**

In considerazione delle criticità evidenziate nella piana di Aosta, l'Amministrazione regionale ha affidato a ARPA VdA, in collaborazione con il Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie – l'incarico di eseguire un'indagine idrogeologica sul bacino della Dora Baltea da Villeneuve a Pontey. L'indagine, attualmente in corso, dovrà valutare i potenziali rischi di inquinamento delle acque sotterranee, identificare i siti potenzialmente pericolosi e valutare la vulnerabilità degli acquiferi.

7.3

# Siti contaminati



L'indicatore vuole definire il numero, la tipologia e la distribuzione territoriale dei siti contaminati - o potenzialmente contaminati - presenti sul territorio regionale, oggetto della procedura di bonifica ambientale prevista dalla normativa. I siti potenzialmente contaminati sono aree in cui, a causa di attività antropiche di svariata natura (presenti o passate), esiste una contaminazione di una o più matrici ambientali (terreno superficiale, terreno profondo e acque sotterranee) in concentrazioni superiori ai valori limite stabiliti dalla normativa nazionale. La loro esistenza, di norma, non è palese e deve quindi essere accertata mediante apposite indagini (sondaggi ed analisi su terreni ed acque sotterranee). Tra i siti potenzialmente contaminati, risultano contaminati quelli in cui il processo di Analisi di rischio (vedi approfondimento a pag. 198) evidenzia un'effettiva pericolosità per la salute umana.

## classificazione

- ▶ **Area tematica SINAnet**  
Geosfera
- ▶ **Tema SINAnet**  
Siti contaminati
- ▶ **DPSIR** **P**

DETERMINANTI - PRESSIONI - STATO - IMPATTO - RISPOSTE

### Qualità dell'informazione\*

\* L'informazione riportata è da ritenersi completa rispetto ai siti noti. Il numero di siti interessati censiti è presumibilmente inferiore agli esistenti.

### Giudizio stato\*\*

### Tendenza\*\*\*

\*\* Il numero di siti contaminati non è elevato, tuttavia bisogna considerare che il territorio di fondovalle - ove su una limitata estensione areale si concentra la maggioranza della popolazione residente e delle attività industriali-artigianali - è dal punto di

## riferimenti normativi

- ▶ **Normativa di riferimento**  
D.Lgs. 152/06  
D.Lgs. 04/08
- ▶ **Relazione con la normativa**  
La caratterizzazione dei siti potenzialmente contaminati e contaminati è prevista dalla normativa.
- ▶ **Livelli normativi di riferimento**  
D.Lgs. 152/06 - Allegati alla Parte Quarta - Titolo V - All. 5 tab. 2 "Concentrazioni soglia di contaminazione nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti" Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) calcolate per ogni sito contaminato mediante applicazione dell'Analisi di rischio, secondo quanto previsto dalla normativa.

## copertura temporale e spaziale

- ▶ **Aggiornamento**  
31/12/2007
- ▶ **Periodicità di aggiornamento**  
Continuo, al rinvenimento di nuovi siti ed al prosieguo dell'iter tecnico-legislativo
- ▶ **Copertura territoriale**  
Intero territorio regionale

vista idrogeologico particolarmente vulnerabile ad eventuali fenomeni di contaminazione.  
\*\*\*Annualmente si rinvencono in media 2-3 nuovi siti. Essi sono nella maggior parte dei casi riconducibili alla dismissione di attività pregresse.

elaborazione e presentazione

Sino al 2006, con la precedente normativa (DM 471/99), un sito era considerato contaminato, e quindi da bonificare, a seguito del superamento anche di un solo inquinante rispetto alle concentrazioni limite per suolo e/o acque sotterranee.

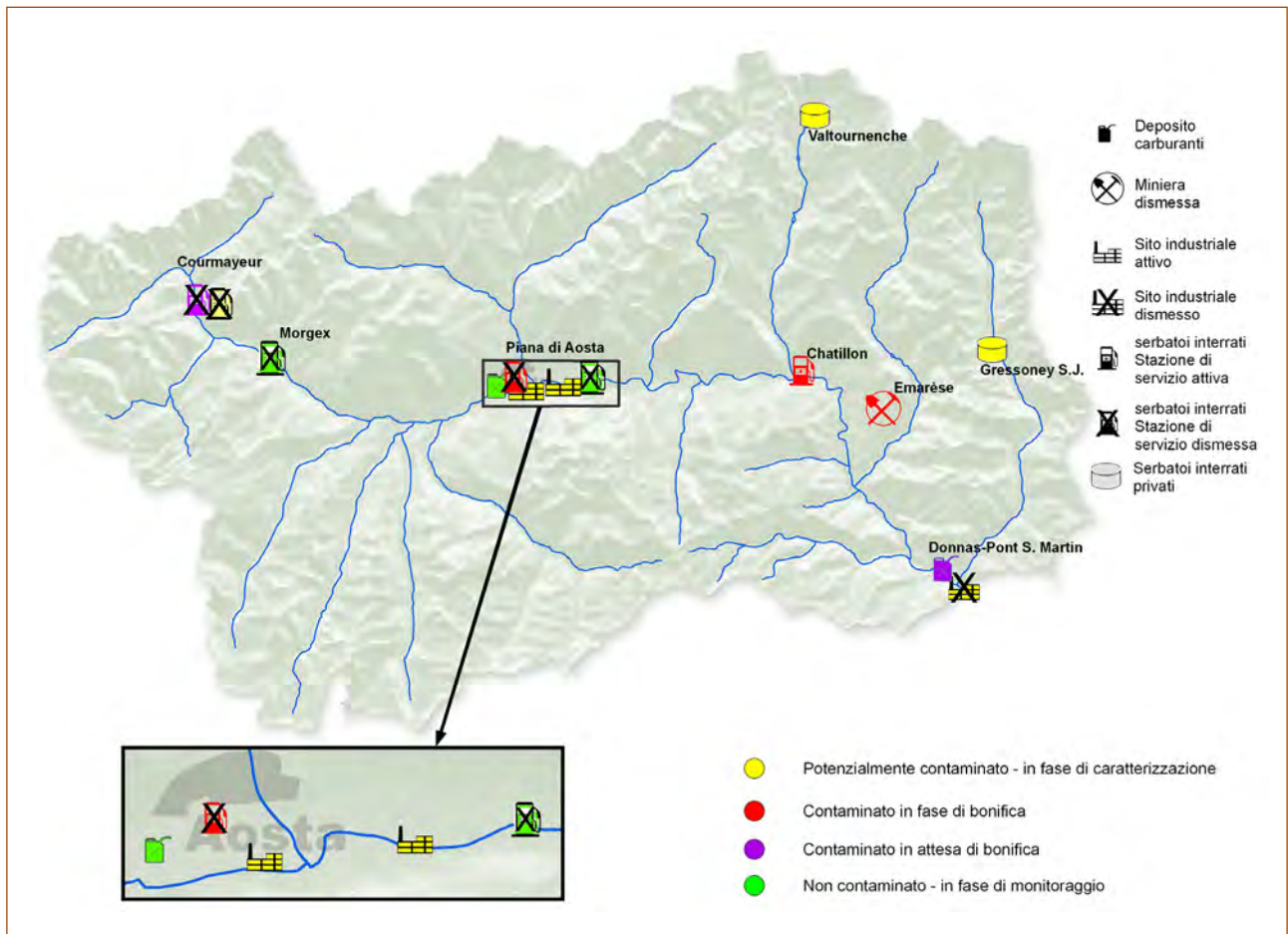
A seguito dell'entrata in vigore del D.Lgs. 152/06, il superamento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) definisce il sito "potenzialmente contaminato" e prevede - dopo un approfondimento della conoscenza dello stato di contaminazione - l'applicazione di un'Analisi di rischio sito specifica, volta a determinare le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR: concentrazioni al di sotto delle quali non esiste rischio per la salute umana derivante dall'esposizione alle sostanze presenti). Se le CSR non vengono superate, la procedura è conclusa

(sito non contaminato); in caso contrario il sito è contaminato e deve essere sottoposto a una bonifica, i cui obiettivi divengono le CSR.

La cartina riportata rappresenta l'indicatore elaborato secondo una doppia legenda:

- simbolica: rappresentante la tipologia di sito interessato
- cromatica: rappresentante la classificazione tecnico-legislativa

Il sito indicato in figura come miniera dismessa, corrisponde alla miniera di amianto di Emarèse (dismessa dal 1970). Questo rientra nell'elenco dei siti di interesse nazionale previsti dalla normativa la cui caratterizzazione e bonifica è oggetto di specifici finanziamenti statali.





approfondimento

# Applicazione dell'Analisi di Rischio ai siti potenzialmente contaminati

Fulvio Simonetto

**L'**Analisi di Rischio sanitario-ambientale è uno strumento decisionale nella gestione dei siti contaminati che consente di valutare, in via quantitativa, i rischi per la salute umana connessi alla presenza di inquinanti nelle matrici ambientali: suolo superficiale, suolo profondo e falda, a causa di contaminazione risultante da eventi inquinanti verificatisi sul sito e permanente nelle matrici anche dopo la rimozione della sorgente inquinante. Essa si fonda su una serie di formule, codificate a partire dagli anni '80 negli USA, che tendono a schematizzare le vie di trasporto e di esposizione per le diverse tipologie di contaminazione. La procedura diretta dell'Analisi di Rischio (Fig. 1) consiste nel calcolare le concentrazioni di inquinante a cui è sottoposto un recettore umano, e nel valutare se l'assunzione di dette concentrazioni può essere dannosa (incremento della mortalità o nell'incidenza di tumori).

La normativa italiana prevede, a seguito del superamento delle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) nelle matrici ambientali suddette, una applicazione inversa dell'analisi di rischio, volta a calcolare le concentrazioni iniziali di contaminante al di sotto delle quali non esiste rischio per i recettori (Concentrazioni Soglia di Rischio - CSR) e quindi definire i limiti di contaminazione accettabili sito-specifici (Fig. 2). L'intera procedura è gestita ed elaborata mediante appositi applicativi informatici, ma la sua corretta applicazione necessita della esatta identificazione dei meccanismi di trasporto, delle vie di esposizione e dei possibili recettori. L'elaborazione e la validazione di tale procedura deve quindi essere eseguita da tecnici specializzati. ARPA Vda partecipa al gruppo di lavoro istituito presso APAT per la definizione dei criteri metodologici per l'applicazione dell'Analisi di rischio.

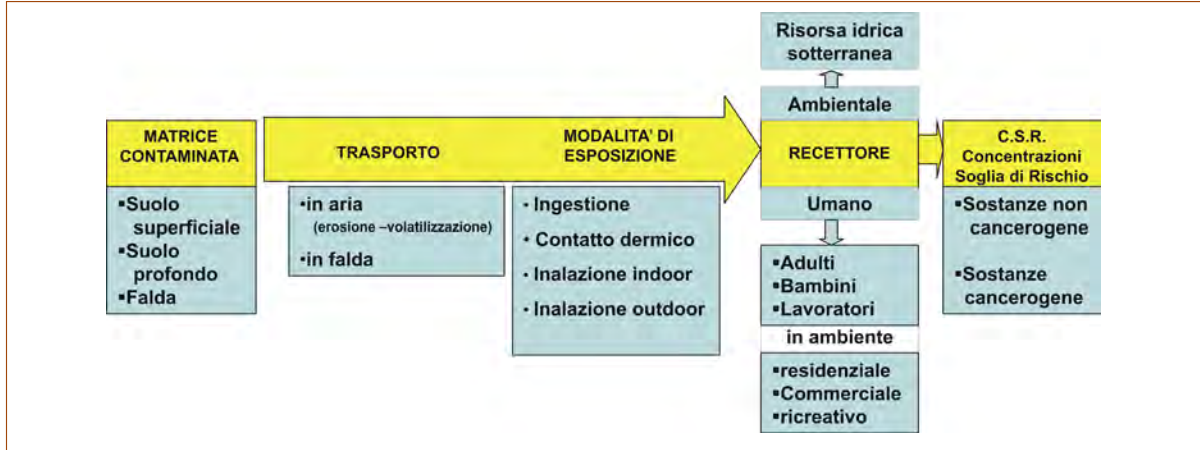


Figura 1 Schema del modello concettuale dell'Analisi di rischio

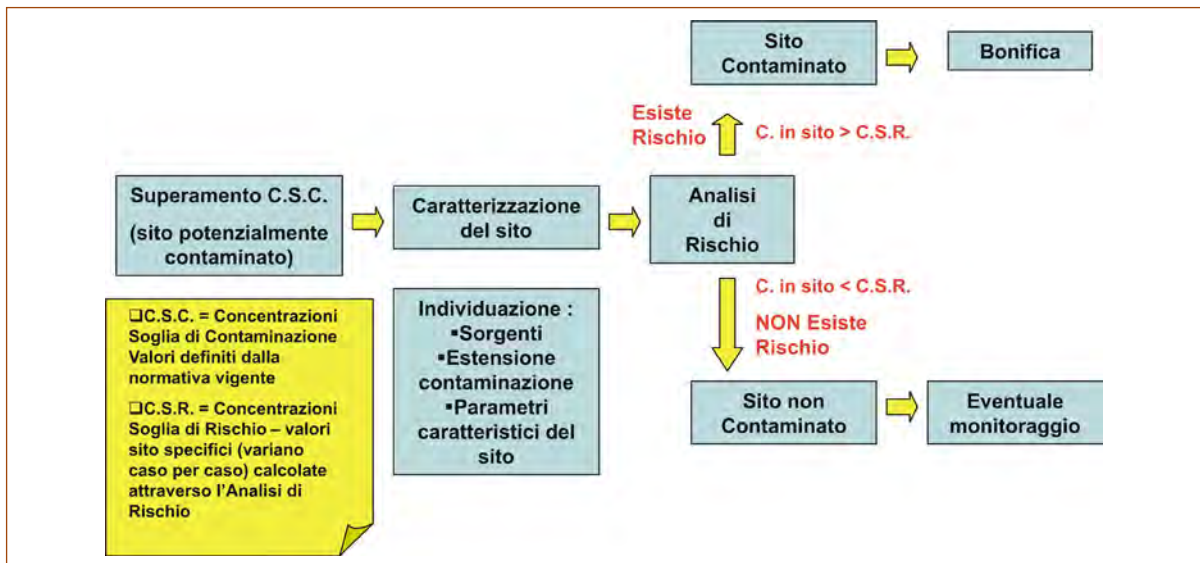


Figura 2 Schema dell'iter tecnico-legislativo





**Figura 3** Prelievo di suolo superficiale. A seguito di uno sversamento di gasolio sono palesemente contaminati i primi 25 cm di terreno.



**Figura 4** Estrazione di un vecchio serbatoio interrato. I serbatoi interrati perdenti rappresentano tipicamente una fonte di contaminazione, più o meno grave, del sottosuolo.



7.4

## Cave di marmo verde della Valle d'Aosta




Nel territorio regionale è diffusa la presenza di pietre verdi (o ofioliti), ed in particolare di serpentiniti, e di conseguenza sono numerose le cave di marmo verde. L'indicatore è connesso alla potenziale presenza di amianto nelle serpentiniti e, in particolare, nelle cave di marmo verde.

### classificazione

- ▶ **Area tematica SINAnet**  
Geosfera
- ▶ **Tema SINAnet**  
Uso del territorio
- ▶ **DPSIR** **D**

DETERMINANTI - PRESSIONI - STATO - IMPATTO - RISPOSTE

Qualità dell'informazione 

Giudizio stato 

Tendenza 

### riferimenti normativi

- ▶ **Normativa di riferimento**  
L. 93/01 ("Disposizioni in campo ambientale"), art. 20 ("Censimento dell'amianto e interventi di bonifica")  
D.M. 18/03/2003 n. 101 ("Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto ai sensi dell'art. 20 della L. 93/01").  
Allegato 4 ("Criteri relativi alla classificazione ed all'utilizzo delle Pietre verdi in funzione del loro contenuto di amianto") al D.M. 14/05/1996 ("Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della L. 257/92").
- ▶ **Relazione con la normativa**  
La mappatura dell'amianto, ai sensi del Decreto 18/03/2003 n. 101, ha come finalità quella di evidenziare i siti nei quali è riscontrata la presenza di amianto, ovvero l'utilizzo di materiali che lo contengono, includendo nell'analisi i siti nei quali la presenza di amianto è dovuta a cause naturali (Categoria 3).
- ▶ **Livelli normativi di riferimento**  
Non previsti.

### copertura temporale e spaziale

- ▶ **Aggiornamento**  
14/03/2008
- ▶ **Periodicità di aggiornamento**  
Aggiornamento annuale
- ▶ **Copertura territoriale**  
Intero territorio regionale

elaborazione e presentazione

► PRESENZA DI AMIANTO IN NATURA

L'amianto in natura è presente in molte località alpine, poiché è associato, per genesi geologica, a rocce molto diffuse quali le pietre verdi o ofioliti, ed in particolare alle serpentiniti, utilizzate come pietre ornamentali ("marmi verdi") e inerti. I tipi di amianto presenti sono il crisotilo e gli amianti di anfibolo (in particolare i minerali della serie isomorfa tremolite-actinolite). Sono stati, inoltre, segnalati altri minerali fibrosi non classificati dalla normativa come amianti (ad esempio l'antigorite fibrosa). Il termine "ofioliti" indica una sequenza di rocce ed in particolare: rocce magmatiche ultrabasiche metamorfosate (peridotitico-serpentinitiche), masse gabbriche, complessi filoniani ed effusioni basaltiche, generalmente con struttura a pillow (struttura a cuscino), con al tetto rocce sedimentarie. Il termine deriva dal greco ophis (serpente) e lithos (roccia) in riferimento ai componenti serpentinosi delle serie ofiolitiche che presentano, lungo alcune superfici di frattura, un colore verde perlaceo e una struttura superficiale simile a quella della pelle di un serpente.

La Zona Piemontese con calcescisti e pietre verdi, unità di derivazione oceanica, affiora nella parte centrale della Valle d'Aosta. Le litologie presenti sono i calcescisti, rocce derivanti dal metamorfismo dei sedimenti di composizione terrigena-carbonatica dell'antico oceano Ligure-Piemontese, e da "pietre verdi" costituite in particolare da serpentiniti, prasiniti, metagabbri ed anfiboliti (rocce basiche e ultrabasiche). La distribuzione degli affioramenti di rocce serpentinitiche non è, tuttavia, omogenea. Esse sono maggiormente concentrate nel massiccio del Mont Avic, nella Valtournenche, in Val d'AYas, in valle di Champorcher e nell'alta valle di Gressoney. Sono presenti anche limitati affioramenti nell'alta Valle di Cogne e nel Vallone di Ollomont. Nelle serpentiniti può essere presente l'amianto anche se i tenori nella massa rocciosa possono essere molto variabili; si passa, infatti, dal 100 % in corrispondenza della vena fibrosa, allo 0 % nella roccia incassante che si trova al suo fianco.

► LE CAVE DI MARMO VERDE DELLA VALLE D'AOSTA

La Valle d'Aosta eccelle per i "marmi verdi", che sono particolarmente ricercati per la loro bellezza cromatica e l'aspetto altamente decorativo. Sono numerose le cave di pietre verdi dove si estraggono questi materiali. I materiali subiscono in seguito diverse lavorazioni in loco o fuori Valle. Dai grossi blocchi si ricavano lastre per interni ed esterni e il "marmo verde", che può anche essere abbinato a quello "bianco" di Carrara, è utilizzato per produrre scale, rivestimenti, pavimenti, bagni e cucine. I granulati di pietre verdi sono, invece, utilizzati come inerti o per la produzione di materiali lapidei agglomerati. I comuni dove si trovano la maggioranza delle cave di marmo verde (attive o dismesse) sono quelli di Verrayes, Saint Denis, Châtillon, Torgnon, Issogne, Montjovet e Gressoney. I siti estrattivi possono avere conformazioni differenti in funzione di vari fattori (disposizione della roccia, morfologia del terreno, impatto sull'ambiente circostante, ecc.). Si possono avere, pertanto, cave a cielo aperto, cave in sotto tecchia e cave in sotterraneo.



Settore in sotto tecchia di una cava di marmo verde.



Cava a cielo aperto.



Cava in sotterraneo.

7.4

► **LE CAVE DI MARMO VERDE AUTORIZZATE**

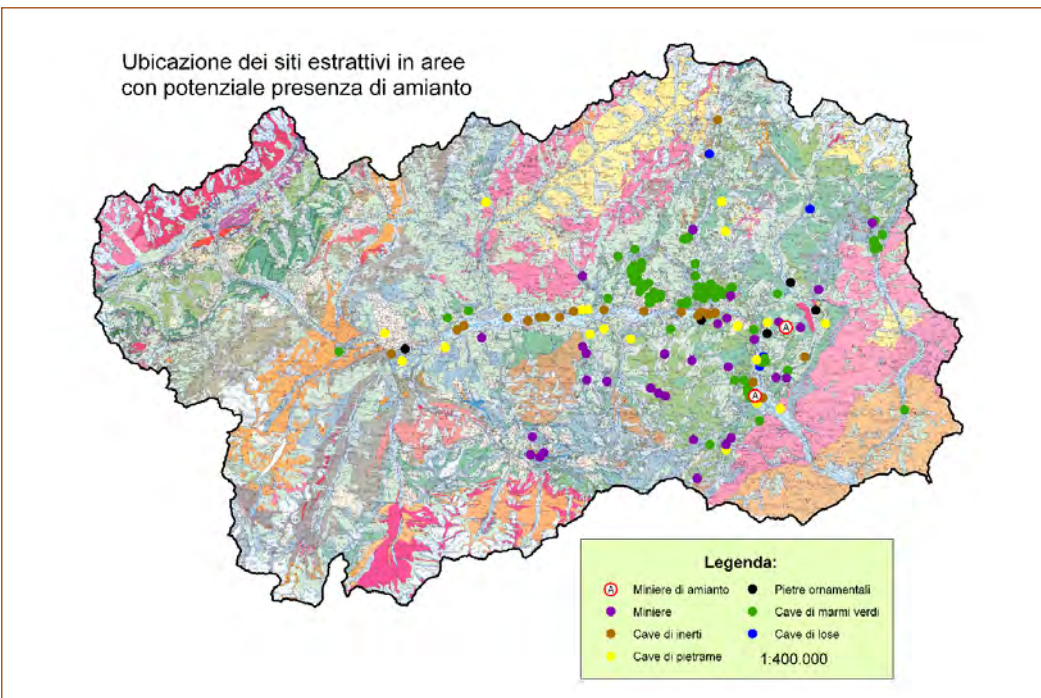
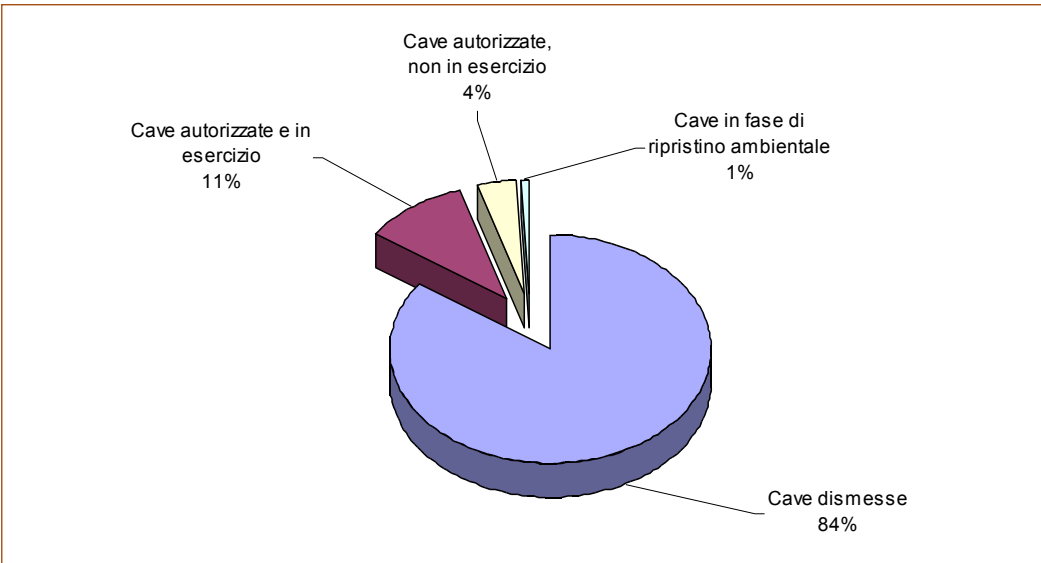
La normativa regionale che disciplina la coltivazione di cave e torbiere è regolata dalla L.R. 15/96 ("Norme per la coltivazione di cave e torbiere, per il reperimento dei materiali di cava e per il riassetto delle cave abbandonate"). La competenza al rilascio delle autorizzazioni relative alla prosecuzione delle attività estrattive, all'apertura di nuove cave o torbiere, agli ampliamenti ed ai subingressi, alle proroghe e ai rinnovi è della Giunta Regionale. Le cave sono classificate in:

- **Cave in esercizio:** sono le cave autorizzate ove si svolgono i lavori di estrazione con un ciclo produttivo continuo, stagionale o saltuario.
- **Cave non in esercizio:** sono quelle cave che, in possesso dell'autorizzazione alla coltivazione, hanno temporaneamente o definitivamente

abbandonato l'attività di estrazione dei materiali lapidei.

- **Cave dismesse:** sono le cave non più suscettibili di sfruttamento.
- **Cave ultimate:** sono quei siti interessati da interventi di ripristino ambientale con la successiva presa d'atto dell'avvenuto recupero delle aree di cava da parte dell'Assessorato Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche per mezzo di una apposita delibera.

Complessivamente sono stati censiti 92 siti estrattivi del marmo verde di cui: 10 cave autorizzate e in esercizio (11 %), 4 cave autorizzate ma non in esercizio (4 %), 77 cave dismesse (84 %) e 1 cava in fase di ripristino ambientale (1 %).



L'ubicazione dei siti estrattivi, che si trovano in zone con presenza di serpentiniti, è mostrata nella carta geologica riportata a fianco.

Fonte dei dati Ufficio Miniere e Cave dell'Assessorato Territorio, Ambiente e Opere pubbliche.



Nel corso delle indagini effettuate nell'ambito della mappatura dell'amianto in Valle d'Aosta l'ARPA ha effettuato 54 sopralluoghi in cave dismesse, 7 sopralluoghi in cave in esercizio, 3 sopralluoghi in cave non in esercizio ed un sopralluogo in una cava in fase di ripristino ambientale. Complessivamente sono stati eseguiti 65 sopralluoghi e sono stati prelevati 217 campioni di rocce da sottoporre a successivi accertamenti analitici.

Le analisi dei campioni raccolti sono state eseguite mediante diffrattometria a raggi X. Nella maggior parte dei campioni è stata riscontrata la presenza di fibre di amianto della serie isomorfa tremolite-actinolite, ma anche di crisotilo.

Generalmente l'estensione degli affioramenti contenenti amianto (ad eccezione di alcuni siti di piccole dimensioni ove non è stata rilevata la presenza di minerali fibrosi), nelle cave di marmo verde ispezionate, è risultata circoscritta.

Alcune cave di marmo verde, dismesse da diversi decenni, si presentano parzialmente rinaturate ed è visibile soltanto l'originario fronte di avanzamento.

Nelle altre cave di marmo verde l'estensione degli affioramenti contenenti amianto è inferiore a 30 m<sup>2</sup>.

Per ogni cava ispezionata sono stati redatti dei rapporti descrittivi.

Per quanto riguarda gli interventi di bonifica urgenti, ai sensi del D.M. 18/03/2003 n. 101, un apposito gruppo di lavoro Sanità e Ambiente ha definito

una procedura per la loro determinazione. I valori di riferimento sono stati calcolati per ogni sito specifico. La determinazione effettiva degli interventi di bonifica urgenti è di competenza della Regione Autonoma Valle d'Aosta sulla scorta dei dati rilevati dalla mappatura dell'amianto.



Particolare di una vena di amianto.

7.5

# Controlli effettuati nell'ambito della mappatura dell'amianto



In Italia è vietata dal 1992 (L. 257/92) l'estrazione dell'amianto, la fabbricazione e la commercializzazione di prodotti contenenti amianto, a causa della sua riconosciuta pericolosità per la salute umana. Ciononostante, è a tutt'oggi assai diffusa sul territorio la presenza di manufatti contenenti amianto a causa del larghissimo utilizzo di questo materiale fino all'epoca della sua messa al bando. L'amianto, inoltre, può anche essere presente naturalmente in ambiente.

L'art. 20 della L. 93/01 e il successivo D.M. 18/03/2003 n. 101 richiedono alle Regioni di provvedere alla realizzazione di una mappatura con individuazione e classificazione delle situazioni di rischio per l'uomo e per l'ambiente, per l'effetto della presenza di manufatti contenenti amianto, o per la presenza di amianto per cause naturali. Lo scopo è di pervenire alla definizione di un ordine di priorità degli interventi eventuali di bonifica e/o messa in sicurezza. Per adempiere a quanto disposto dalla normativa, è stato affidato ad ARPA, con D.G.R. 3430 del 17/11/2006, l'incarico per la realizzazione della mappatura dell'amianto ai sensi del citato D.M. 18/03/2003 n. 101.

## classificazione

- ▶ **Area tematica SINAnet**  
Tutela e prevenzione
- ▶ **Tema SINAnet**  
(Monitoraggio e controllo)
- ▶ **DPSIR** **S** **R**

DETERMINANTI - PRESSIONI - STATO - IMPATTO - RISPOSTE

- Qualità dell'informazione
- Giudizio stato
- Tendenza

## riferimenti normativi

- ▶ **Normativa di riferimento**  
L. 93/01 ("Disposizioni in campo ambientale"), art. 20 ("Censimento dell'amianto e interventi di bonifica")  
D.M. 18/03/2003 n. 101 ("Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto ai sensi dell'art. 20 della L. 23/03/2001 n. 93").
- ▶ **Relazione con la normativa**  
La mappatura dell'amianto è richiesta esplicitamente dalla normativa, ai sensi del D.M. 18/03/2003 n. 101.
- ▶ **Livelli normativi di riferimento**  
L'individuazione di situazioni a rischio tiene conto di livelli di riferimento. In particolare, per quanto riguarda la presenza in aria ambiente di fibre di amianto, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) raccomanda un livello limite di 1 fibra di amianto/1 litro d'aria.

## copertura temporale e spaziale

- ▶ **Aggiornamento**  
31/12/2007
- ▶ **Periodicità di aggiornamento**  
L'indicatore si riferisce ad una campagna specifica.
- ▶ **Copertura territoriale**  
Intero territorio regionale

## elaborazione e presentazione

7.5

Sono state considerate differenti tipologie di siti con possibile presenza di amianto: edifici scolastici, ascensori, cave di marmo verde e tetti in Eternit. Le indagini hanno riguardato campioni di materiali e, laddove era riscontrata la presenza di amianto in matrice friabile, campioni di fibre aerodisperse. Le analisi sono state effettuate al microscopio ottico in contrasto di fase (MOCF), al microscopio elettronico con sonda a fluorescenza X per analisi elementare (SEM/EDX) e mediante diffrattometria X (RDX).

### ► EDIFICI SCOLASTICI

Si è provveduto ad ispezionare 45 edifici scolastici, su un totale di 150 censiti dall'Assessorato Regionale all'Istruzione e alla Cultura. In tali strutture sono stati effettuati 192 campionamenti di manufatti, riscontrando la presenza di amianto in 30 campioni. Solo in un edificio scolastico è stata rilevata la presenza di amianto in matrice friabile, che ha dato luogo all'effettuazione di campionamenti di fibre aerodisperse sia all'interno che all'esterno della scuola, per stimare il fondo ambientale della zona. La concentrazione rilevata all'interno è risultata inferiore al valore limite raccomandato dall'OMS per gli ambienti di vita (1 fibra di amianto/l di aria ambiente).

### ► ASCENSORI: VANI CORSA E LOCALI MACCHINARIO

La mappatura ha interessato anche abitazioni residenziali di Aosta, con particolare riferimento ai vani corsa degli ascensori e i locali macchinario, in alcuni dei quali è stata riscontrata la presenza di amianto in matrice friabile. I condomini sottoposti a campionamento sono stati 4 e in tutti i campioni prelevati vi era presenza di amianto (crisotilo). Trattandosi di amianto presente in matrice friabile, in un condominio sono stati eseguiti dei prelievi di fibre aerodisperse nella cabina dell'ascensore, nel vano scala, nel vano corsa e nel locale macchinario. All'interno della cabina e nel vano scala le concentrazioni sono risultate inferiori al valore limite raccomandato dall'OMS per gli ambienti di vita (1 fibra di amianto/l di aria ambiente).

### ► TETTI IN ETERNIT

L'indagine sulla presenza dei tetti in Eternit è stata effettuata con analisi delle immagini aeree MIVIS (vedi approfondimento a pag. 206) e con sopralluoghi con prelievo di campioni in sito. L'analisi dei dati acquisiti con volo MIVIS ha permesso di individuare 1365 probabili coperture di Eternit, di cui 1014 a probabilità alta, 256 a probabilità media, a cui vanno aggiunte le 95 coperture oggetto di indagine in sito con prelievi e analisi in laboratorio, con accertamento della presenza di amianto.

### ► CAVE DI MARMO VERDE

Sono state esaminate 65 cave di marmo verde su un totale di 92 censite in Valle d'Aosta dall'Ufficio Cave e Miniere (vedi par. 7.4 a pag. 200). Sono stati raccolti 217 campioni sui quali sono state eseguite analisi mineralogiche mediante diffrattometria a raggi X, che hanno portato all'accertamento della presenza di amianto in 137 casi. Prevalentemente si è trattato di minerali della serie isomorfa tremolite-actinolite, ma in alcuni casi è stata riscontrata anche la presenza di crisotilo.

## Il telerilevamento delle coperture di cemento-amianto con il sistema MIVIS

Carlo Albonico, Federico Frassy



approfondimento

### Le coperture di cemento-amianto

L'amiante veniva impastato col cemento per produrre il cemento-amianto, meglio conosciuto con il nome del maggior produttore, "Eternit", utilizzato per la costruzione di canne fumarie, tubi, cisterne, lastre piane ed ondulate, ecc... Questi manufatti hanno trovato larghissimo impiego in edilizia. Le lastre hanno generalmente una colorazione grigio-chiaro (Fig. 1) ma sono state prodotte anche colorate con l'aggiunta di pigmenti.



Figura 1 Lastre ondulate di cemento-amianto.

In genere il tenore di amianto in un tetto di Eternit varia dal 10 al 15 % in peso e il tipo d'amiante presente è il crisotilo, ma si possono riscontrare anche gli amianti di anfibolo, ed in particolare la crocidolite e l'amosite.

La presenza di coperture in Eternit è un problema di carattere generale, dovuto non tanto alla presenza di un singolo tetto in un determinato luogo (con le dovute eccezioni nel caso di tetti molto degradati), ma all'enorme diffusione sul territorio di questo tipo di manufatti. Si pone dunque il problema di censire la presenza sul territorio di tali coperture.

### Il telerilevamento

Le tecniche di telerilevamento iperspettrale da piattaforma aerea rappresentano una valida alternativa ai metodi di censimento tradizionali delle coperture in cemento-amianto, effettuati mediante sopralluoghi, ispezione visiva delle superfici e prelievo di campioni da analizzare successivamente in laboratorio. Si definisce "telerilevamento" (*Remote Sensing*) la tecnologia che permette di acquisire informazioni su un oggetto senza entrare in contatto fisico con esso. Per effettuare il telerilevamento si utilizza il MIVIS (Multispectral Infrared and Visibile Imaging Spectrometer). Il MIVIS (Fig. 2) è uno strumento, di tipo a specchio rotante, costituito da quattro spettrometri in grado di misurare la radianza della radiazione elettromagnetica (emessa o riflessa dalla superficie terrestre) nel campo del visibile, del vicino infrarosso, del medio infrarosso e dell'infrarosso termico, per un totale di 102 canali, come riportato nella seguente tabella:

Regione spettrale	Numero di bande	Intervallo di lunghezze d'onda
Visibile e primo infrarosso	20	0.43 ÷ 0.83 $\mu\text{m}$
Vicino infrarosso	8	1.15 ÷ 1.55 $\mu\text{m}$
Medio infrarosso	64	2.0 ÷ 2.5 $\mu\text{m}$
Infrarosso termico	10	8.2 ÷ 12.7 $\mu\text{m}$



Figura 2 Strumento MIVIS

L'"immagine" ottenuta con questo sistema consiste in realtà di una serie di dati numerici relativi alla radianza della radiazione proveniente da ogni elemento (ad esempio di 4 x 4 metri) di superficie terrestre per ognuno dei canali delle quattro regioni spettrali.

La Regione Autonoma Valle d'Aosta ha acquisito le riprese iperspettrali MIVIS dell'intero territorio regionale, ad ha affidato l'incarico dell'analisi dei dati alla società I.N.V.A.. La Società ha collaborato con l'ARPA al fine di localizzare le coperture di Eternit ancora presenti sul territorio regionale nell'ambito della "mappatura dell'amiante", effettuata ai sensi del D.M. 18/03/2003 n.101 ("Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto ai sensi dell'art. 20 della L. 93/01"). L'analisi delle coperture in cemento-amianto mediante immagini iperspettrali ha interessato l'intera Valle d'Aosta. Il territorio presenta una morfologia tipicamente montana, caratterizzata da forti dislivelli, con centri abitati permanenti compresi tra i 345 m del fondo valle a Pont-St.-Martin e i 2000 m di alcune località delle valli laterali.

L'apparecchiatura di rilievo viene installata su un aereo, che si muove seguendo percorsi definiti e regolari, scelti in modo da ottenere la copertura dell'intero territorio con l'unione delle immagini relative ai vari tratti di volo ("strisciate").

Nel mese di ottobre 1999 era stata ultimata l'acquisizione di immagini iperspettrali sull'intero territorio valdostano, suddivise in 70 strisciate: strisciate 1-9



dove l'acquisizione dati si è concentrata sulle tre principali catene montuose regionali (Monte Rosa-Cervino, Monte Bianco, Gran Paradiso); strisciate 10-64 dove l'intero territorio regionale è stato sorvolato con acquisizione dei dati secondo la direttrice Nord-Sud (numerazione dispari) e Sud-Nord (numerazione pari); strisciate 65-70 dove viene coperto il fondovalle (Fig. 3).

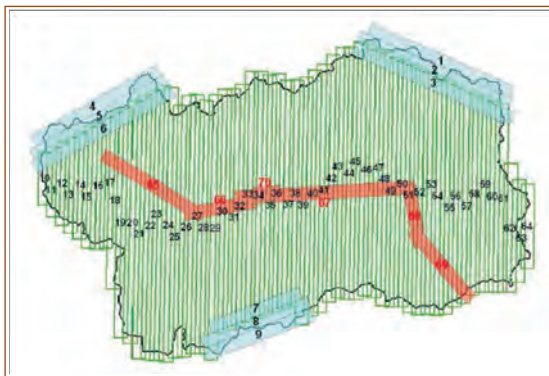


Figura 3 Il piano di volo del 1999.

Il metodo di calcolo per associare alle immagini MIVIS la presenza di una copertura in cemento-amianto è stato calibrato per confronto con la presenza di tetti in Eternit accertata da sopralluogo compiuto da ARPA. Sono stati utilizzati 95 siti di verifica distribuiti sull'intero territorio.

Si è in questo modo pervenuti alla identificazione di siti a diversa probabilità di presenza di amianto:

- Certezza: campioni oggetto di verifica sul posto della presenza di cemento-amianto (utilizzati per la taratura del sistema).
- Alta probabilità: campioni discriminati "con sufficiente ragionevolezza".
- Media probabilità: campioni discriminati "con prudenza".

Quest'ultima classe è stata inserita al fine di non escludere elementi di classificazione "dubbia" che potrebbero permettere, mediante eventuale verifica a posteriori, di valutare le reali potenzialità del sensore e della metodologia anche laddove la complessità del territorio ha reso l'analisi particolarmente difficoltosa.

I campioni così identificati sono stati quindi trasposti sulle ortofoto della cartografia tecnica regionale. Si è in questo modo pervenuti alla costruzione di un Sistema Informativo Geografico (GIS), che agevola il confronto con strati informativi di natura differente (vettoriali e raster). Laddove possibile, il campione identificato e georeferenziato è stato associato a fotografie di verifica, fornendo un risultato ancora più solido ed intuitivo.

Per ogni campione certo è stata creata una scheda (report) con fondamentali dati riguardanti la posizione (UTM WGS84 e UTM ED50), la superficie complessiva, la tipologia della copertura, le eventuali analisi di laboratorio ed alcune foto allegate (Figg. 4 e 5).

Categorie 2: edifici pubblici privati (Copertura in cemento-amianto)	
Espositi	
Comune	Aosta
Indirizzo	Via Page
Coordinate UTMED 50 del centroide	371296 E 5066485 N
Coordinate UTMWGS 84 del centroide	371214 E 5066286 N
Data sopralluogo	11 Dicembre 2006
Denominazione edificio	-
Tipologia edificio	Capannone
Tipologia copertura	Lastre ondulate in cemento-amianto
Area della superficie complessiva della copertura	Circa 900 m <sup>2</sup>
Altezza edificio	-
Metodo di analisi del manufatto	Microscopia ottica in contrasto di fase - dispersione cromatica
Risultati analitici	Crocidolite e crisotilo
Interventi effettuati	Nessuno

Carte Tecnica Regionale scala 1:10.000

Carte ortofoto scala 1:5.000

Figura 4 Esempio di report di una copertura in cemento-amianto con dati di verifica forniti dall'ARPA.

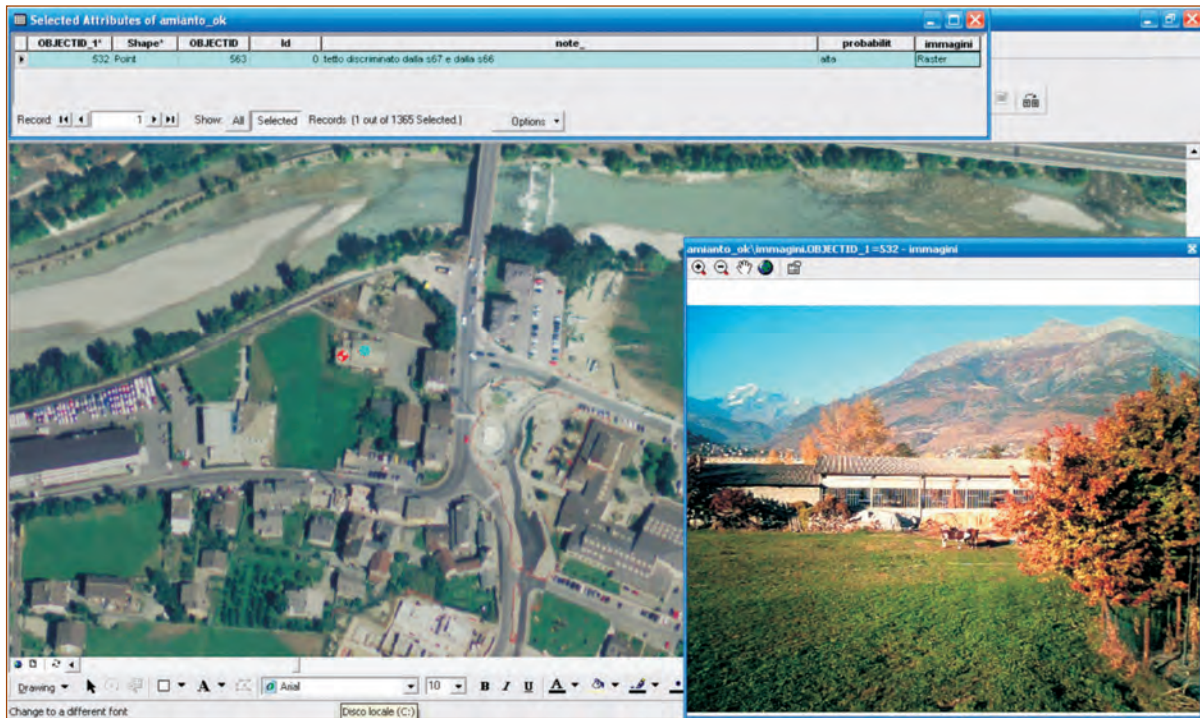


approfondimento





approfondimento



**Figura 5** Il geodatabase (GIS) permette di associare immagini del territorio (ortofoto) ad “oggetti” e visualizzarli

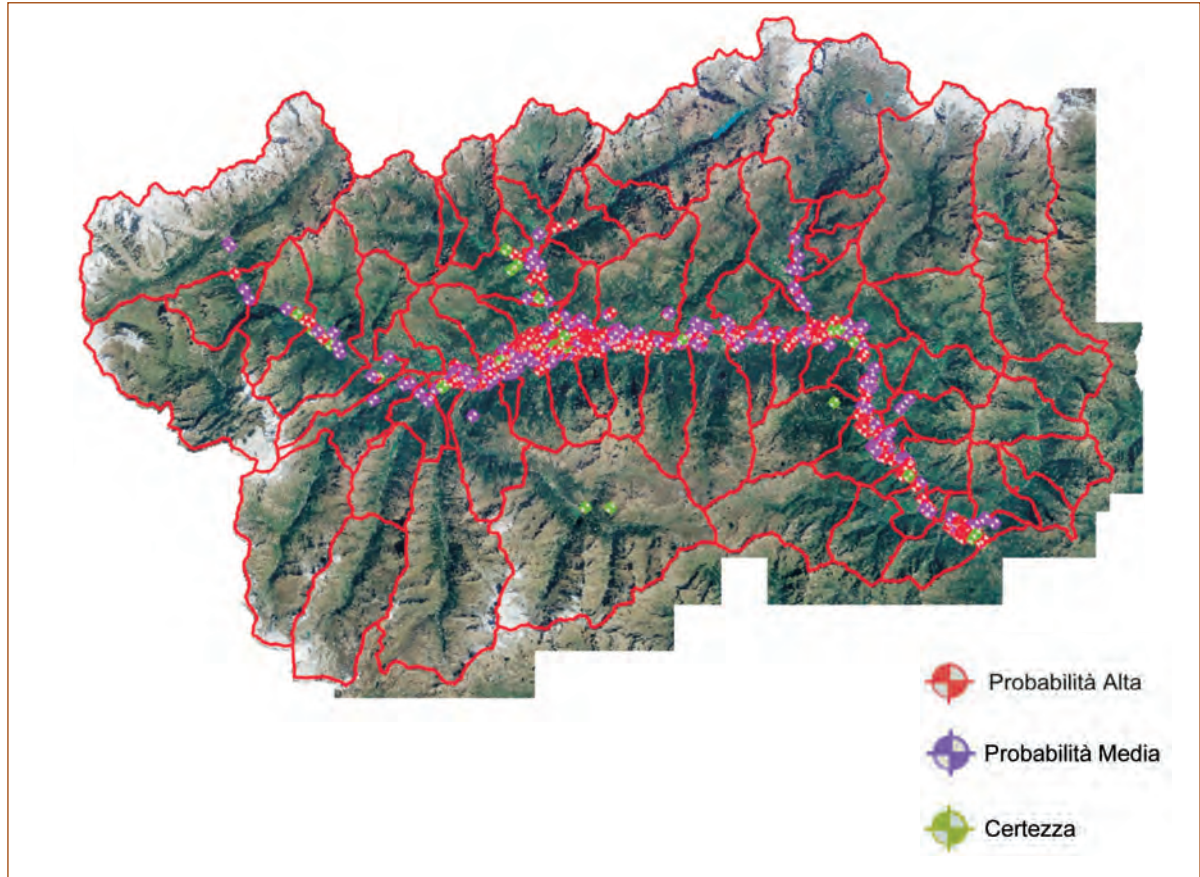
**Risultati**

L’analisi mediante immagini iperspettrali (MIVIS) delle coperture in cemento-amianto ha portato alla individuazione di 1365 campioni divisi secondo la scala di probabilità sopra definita:

- 1014 unità a “ probabilità alta”;

- 256 unità a “probabilità media”;
- 95 unità a presenza certa di amianto, risultanti dai rilievi a terra

Nella seguente mappa (Fig. 6) sono riportati i risultati del telerilevamento delle coperture di Eternit in Valle d’Aosta.



**Figura 6** Mappa con evidenza dei risultati del telerilevamento delle coperture di eternit in Valle d’Aosta



È opportuno sottolineare il fatto che soltanto la verifica in sito potrà avvalorare i dati prodotti dalla classificazione e che la successiva analisi dell'accuratezza fornirà un giusto metro di valutazione.

### **Problematiche riscontrate**

Diverse sono le problematiche incontrate nel lavoro di classificazione delle immagini MIVIS.

Il dato telerilevato è legato innanzitutto alle condizioni climatiche in cui viene effettuato il volo ed alle caratteristiche dell'area oggetto di verifica. Il sorvolo dell'intera Valle d'Aosta ha richiesto più giorni di attività, comportando variazioni nelle caratteristiche spettrali delle strisciate. La morfologia del territorio, tipicamente montano, ha implicato una estrema deformazione delle immagini in fase di correzione geometrica portando imprecisioni nella georeferenziazione, e quindi nella individuazione dei campioni e nel confronto della classificazione con le ortofoto. Esiste inoltre una differenza di base tra le strisciate del fondovalle e quelle nord-sud, legata alla differente quota di acquisizione e quindi alla diversa risoluzione spaziale. In conclusione, le numerose variabili in gioco come la morfologia, l'orario e

il giorno della ripresa, la differente quota di volo, oltre all'utilizzo di dati non calibrati atmosfericamente, hanno imposto la personalizzazione dell'analisi e della calibrazione degli algoritmi di classificazione su ogni singola strisciata.

Altri problemi sono derivati dalla data del volo che risale al 1999, periodo antecedente a quello di acquisizione delle ortofoto (2005-2006). La variazione temporale ha talvolta complicato il confronto tra classificazione ed immagini ortorettificate, oltre all'incognita relativa all'eventuale rimozione di tetti d'amianto che potrebbe essere avvenuta nell'arco di tempo intercorso tra l'acquisizione delle due serie di immagini.

Ulteriori problemi sono legati alle differenti tipologie di coperture di cemento-amianto.

Pur tenendo conto di queste limitazioni, le immagini iperspettrali MIVIS si sono dimostrate uno strumento molto utile nell'identificazione e nella mappatura delle coperture in cemento-amianto. L'utilizzo di tale informazione su cartografia georeferenziata permetterà di confrontare i dati prodotti con altri strati tematici ed identificare aree ritenute "a maggior rischio" per la dispersione di fibre di amianto in ambiente.



