



***CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI  
CONVEGNO - MONITORAGGI AMBIENTALI PER LA  
GESTIONE E TUTELA DEL TERRITORIO***

---

**“Il monitoraggio idrogeologico:  
stato dell’arte e prospettive”**

Piacenza 4 ottobre 2012

**Pietro Zangheri**

**Geologo libero professionista**

**Docente presso l'Università di Padova**

# Lo stato dell'arte "normativo"

**Monitoraggio - stato di qualità ambientale  
(corpi idrici significativi)**

competenza pubblica

**Monitoraggio  
in relazione ad opere e  
progetti**

Competenza (prevalentemente)  
privata

# Lo stato dell'arte "normativo"

---

## Monitoraggio - stato di qualità ambientale (corpi idrici significativi)

Classificazione di qualità

Valori soglia

Fondo naturale

## Monitoraggio in relazione ad opere e progetti

Valori di allarme

Verifica rispetto limiti normativi

Verifica effetto di un'opera

---

Valori di parametro  
(acque potabili)

# Lo stato dell'arte "normativo"

## Monitoraggio

(stato di qualità ambientale – corpi idrici significativi)

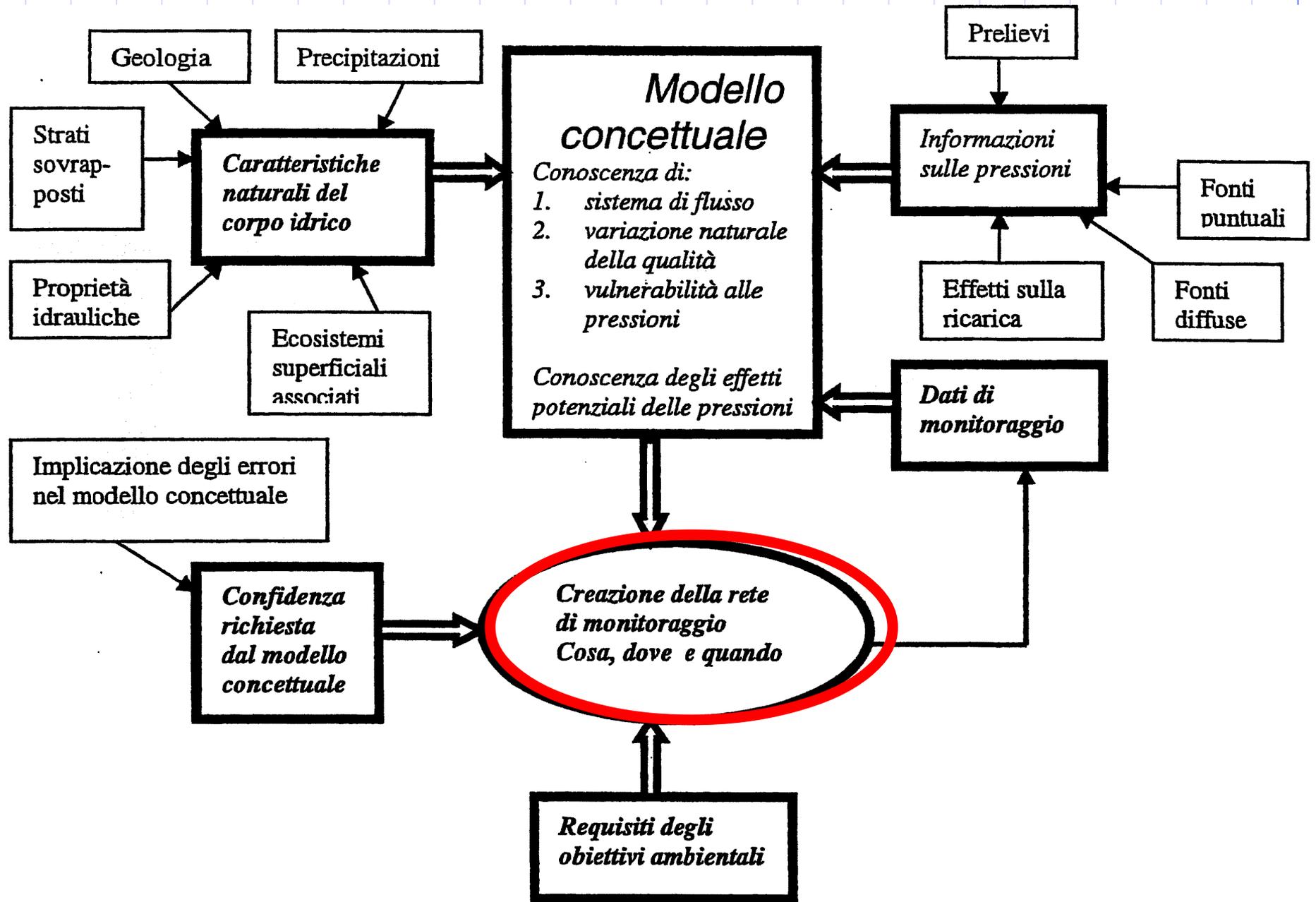
### Direttive europee

- direttiva 2000/60/CE - Direttiva Quadro sulle Acque
- direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento

### Normative nazionali

- **D.Lgs. 152/2006 – Norme in materia ambientale**
  - obiettivi di qualità ed allegato 1 – Monitoraggio e classificazione delle acque in funzione degli obiettivi di qualità ambientale
  - art. 18 monitoraggio VAS
- **D. Lgs. 30/2009 - Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento**

# D. Lgs. 30/2009 - Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento



# D. Lgs. 30/2009 - Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento

<i>Fattore</i>	<b>Siti di monitoraggio chimico</b>	<b>Siti di monitoraggio quantitativo</b>
Acquifero/i monitorato/i	E*	E
Ubicazione (coordinate geografiche), nome del sito e codice di identificazione	E	E
Corpo idrico interessato dal sito	E	E
Finalità del sito di monitoraggio	E	E
Tipo di sito di monitoraggio (pozzo in azienda agricola, pozzo industriale, sorgente, etc.)	E	E
Profondità e diametro/i dei pozzi		
Descrizione della parte esterna del pozzo (integrità del rivestimento, pendenza della zona limitrofa esterna al pozzo)		
Profondità delle sezioni a griglia o aperte dei pozzi		
Vulnerabilità o indicazione dello spessore e del tipo di sottosuolo in corrispondenza del sito di monitoraggio		
Valutazione dell'area di ricarica (inclusi l'uso del suolo, le pressioni e le potenziali fonti di pressioni puntuali, attraverso analisi di immagini satellitari e foto aeree )		
Dettagli costruttivi		
Quantitativi estratti o portata totale (alle sorgenti)		
Regime pompaggio (descrizione qualitativa, per esempio intermittente, continuo, notturno etc.)		
Abbassamento piezometrico (livello dinamico)		
Area di ricarica		
Profondità di pompaggio		
Livello idrico statico o di riposo		
Livello di riferimento per le misurazioni e caposaldo topografico di riferimento		
Fenomeni di risalite artesiane o di tracimazioni		
Stratigrafia del pozzo		
Proprietà dell' acquifero (trasmissività, conduttività idraulica, etc.)		

# Stato dell'arte normativo

## Monitoraggio in relazione ad opere e progetti

### Discariche

- › Piano di sorveglianza e controllo – D.Lgs. 36/2003 – allegato 2

### VIA

- › Art. 28 - D.Lgs. 152/2006 - Monitoraggio

### AIA

- Art. 31 - D.Lgs. 152/2006

### Bonifica dei siti contaminati

- › Art. 242 – D.Lgs. 152/2006

### Impianti rifiuti

- › Art. 208 – D.Lgs. 152/2006

ma ancora...

- **Certificazioni ambientali (14001 - Sistema di gestione ambientale)**
- **Taratura e verifica di risultati di modelli (ad es. di flusso e trasporto)**
- **Agenda 21 (rapporti stato ambiente, basati su indicatori)**
- **Monitoraggi di impianti di geoscambio a circuito chiuso e aperto**
- **dissesti idrogeologici**
- ....

# Stato dell'arte normativo

## Il monitoraggio di opere

### Discariche – Piano di sorveglianza e controllo

Tabella 2 - Parametri da misurare e frequenza minima delle misure\*

	Parametro	Frequenza misure gestione operativa	Frequenza misure gestione postoperativa
Percolato	Volume	Mensile	Semestrale
	Composizione	Trimestrale	Semestrale
Acque superficiali di drenaggio	Composizione	Trimestrale	Semestrale
Qualità dell'aria	Immissioni gassose potenziali e pressione atmosferica	Mensile	Semestrale
Gas di discarica	Composizione	Mensile	Semestrale
Acque sotterranee	Livello di falda	Mensile	Semestrale
	Composizione	Trimestrale	Semestrale
Dati meteorologici	Precipitazioni	Giornaliera	Giornaliera, sommati ai valori mensili
	Temperatura (min, max, 14 h CET)	Giornaliera	Media mensile
	Direzione e velocità del vento	Giornaliera	non richiesta
	Evaporazione	Giornaliera	Giornaliera, sommati ai valori mensili
	Umidità atmosferica (14 ore CET)	Giornaliera	Media mensile
Topografia dell'area	Struttura e composizione della discarica	Annualmente	
	Comportamento d'assestamento del corpo della discarica	Semestrale	Semestrale per i primi 3 anni quindi annuale

(\*) Almeno annuale per tutti i parametri della tabella 1

# Stato dell'arte normativo

## Il monitoraggio di opere

### Discariche – Piano di sorveglianza e controllo

#### Parametri

\*= parametri fondamentali

\* pH

\* temperatura

\* Conducibilità elettrica

\* Ossidabilità Kübel

BOD5

TOC

La, Na, K

\* Cloruri

\* Solfati

Fluoruri

IPA

\* Metalli: Fe, Mn,

Metalli: As, Cu, Cd, Cr totale, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Mg, Zn

Cianuri

\*Azoto ammoniacale, nitroso e nitrico

Composti organoalogenati (compreso cloruro di vinile)

Fenoli

Pesticidi fosforati e totali

Solventi organici aromatici

Solventi organici azotati

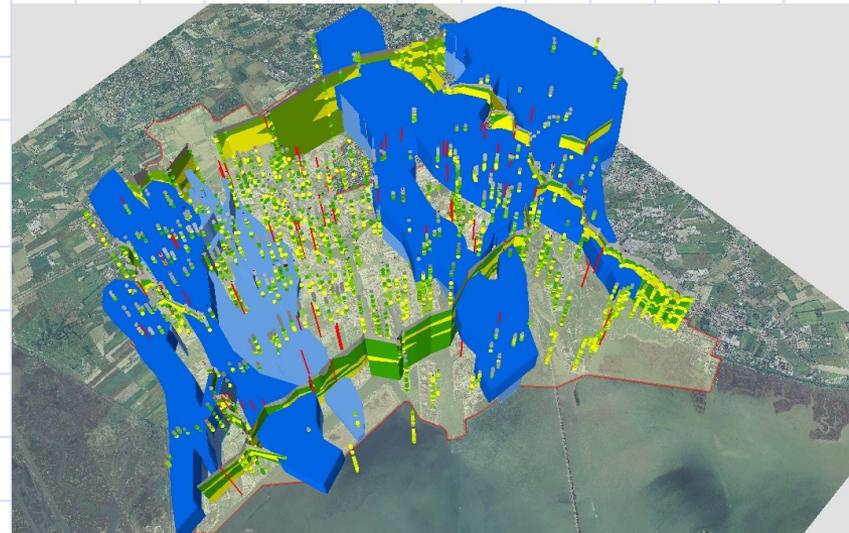
Solventi clorurati

## In sintesi

*Il quadro normativo negli ultimi 20 anni ha progressivamente ampliato e standardizzato l'uso del monitoraggio e degli indicatori ambientali sia per la definizione dello stato di qualità ambientale (corpi idrici significativi), sia per la verifica degli effetti di opere*

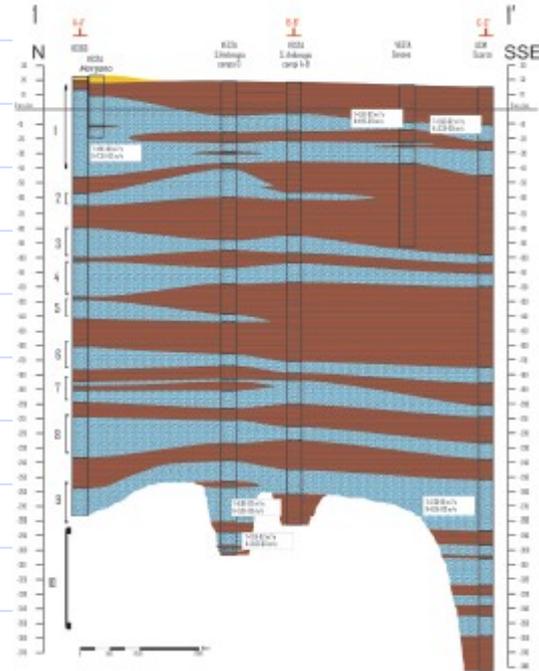
*Oggi qualsiasi intervento che possa avere un effetto significativo sull'ambiente prevede normalmente un monitoraggio*

*Nel contempo si è sviluppata una standardizzazione dei metodi e la possibilità di monitoraggio in continuo e di teletrasmissione dei dati nonché di inserimento in G.I.S. - web-GIS*



# "Problematiche" aperte

- *Reperibilità-accessibilità dei dati di monitoraggio della qualità di base*
- *Significatività dei punti di monitoraggio (e degli indicatori scelti)*
- *Integrazione dei dati di monitoraggi con scopi diversi*
- *Monitoraggio di sistemi idrogeologici complessi (ad es. sistemi multifalda)*
- *Ottimizzazione reti e costi*



# Acque destinate al consumo umano e monitoraggio idrogeologico

Esempio relativo all'uso prioritari delle acque (potabile)

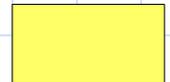
*A cosa viene affidato il controllo nel tempo della qualità delle acque destinate al consumo umano?*

*Conosciamo realmente lo stato di salute dei nostri acquiferi di importanza idropotabile?*

**Monitoraggio della qualità dei corpi idrici significativi (all. 1 parte 3 – D.Lgs. 152/2006 – D.Lgs. 30/2009)**

**D.Lgs.31/2001 - Controlli sulle acque prelevate (alla fonte) e distribuite (in rete)**

**Aree di salvaguardia (art. 94 – D.Lgs.152/2006) e protezione dinamica (Linee guida 2002)**



# Il concetto di protezione statica e di protezione dinamica

(linee guida 2002)

## Protezione dinamica:

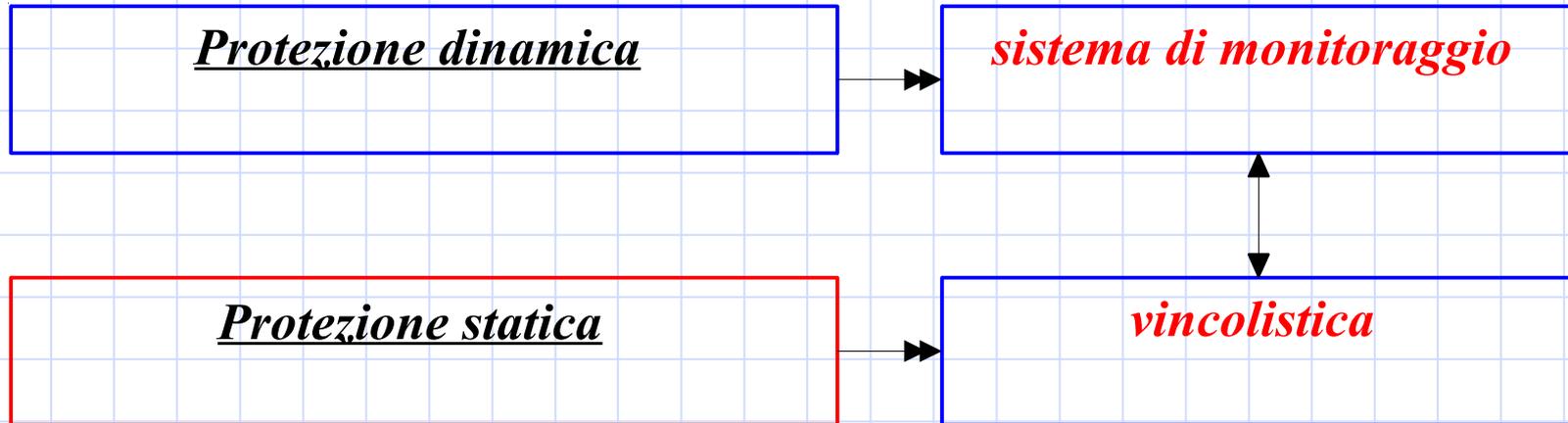
*è costituita dall'attivazione e gestione di un preordinato **sistema di monitoraggio** delle acque in afflusso alle captazioni in grado di verificarne periodicamente i fondamentali parametri quantitativi e qualitativi e di consentire con sufficiente **tempo di sicurezza** la segnalazione d'eventuali loro variazioni significative*

## Protezione statica:

*è costituita dai **divieti, vincoli e regolamentazioni** che si applicano alle zone di tutela assoluta, di rispetto e di protezione finalizzati alla prevenzione del degrado qualitativo delle acque in afflusso alle captazioni. A tal scopo possono essere eventualmente realizzate opportune opere, anche ad integrazione di quelle di captazione, in grado di minimizzare o eliminare i problemi di incompatibilità tra uso del territorio e qualità delle risorse idriche captate.*

# Salvaguardia captazioni idropotabili protezione statica vs. protezione dinamica

(linee guida 2002)



- a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche qualitative della risorsa idrica;
- h) gestione di rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m) pozzi perdenti;
- n) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

# Protezione statica – Protezione dinamica e monitoraggio. A che punto siamo?

## Applicazione

????????????????

*- Nonostante la norma sia in vigore da molto tempo (sostanzialmente dal 1988), appare ancora applicata in modo frammentario.*

*QUALI I POSSIBILI MOTIVI?*

**Costi?**

**Eccesso  
vincolistico?**

**Mancanza standard  
tecnici?**

**Mancanza cultura  
geologica negli Enti?**

**Difficoltà idrogeologica  
e tecnica?**

# Protezione statica – Protezione dinamica e monitoraggio. A che punto siamo?

## Standard di riferimento

*Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato e le Regioni e le Province Autonome  
Accordo 12 dicembre 2002*

*Linee guida per la tutela della qualità delle acque destinate al consumo umano e criteri generali per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche di cui all'art. 21 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152.*

***REGIONE LIGURIA - PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE***

*Allegato VII Linee guida per la delimitazione delle Aree di Salvaguardia*

*Regione Piemonte - regolamento regionale 11 dicembre 2006 n. 15/r recante: “disciplina delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61)*

*Regione Abruzzo - Tecniche operative per la perimetrazione delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano*

*Regione Lombardia - Deliberazione della Giunta Regionale del 27 giugno 1996 n. 6/15137*

*Regione Lazio ...*

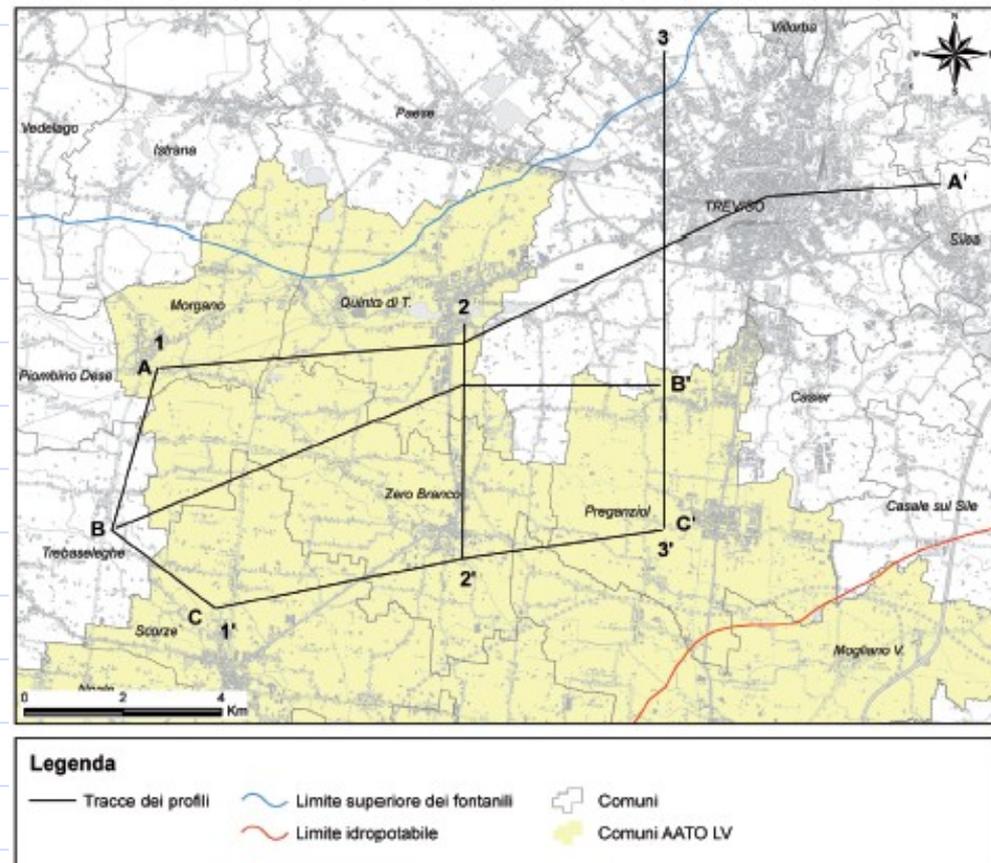
# **METODOLOGIA DI DELIMITAZIONE AREE DI SALVAGUARDIA (criterio cronologico isocrone a 60 giorni)**

- Selezione punti di misura**
- Misure potenziometriche sui pozzi-piezometri selezionati**
- Livellazione topografica piani di riferimento**
- Ricostruzione isopotenziali (direzioni di deflusso - gradiente idraulico)**
- Calcolo dei tempi di transito e/o modellazione**
- Delimitazione delle aree di salvaguardia**
- Ubicazione ottimale punti di monitoraggio (rete di monitoraggio di allarme – protezione dinamica)**

# CASO DI STUDIO

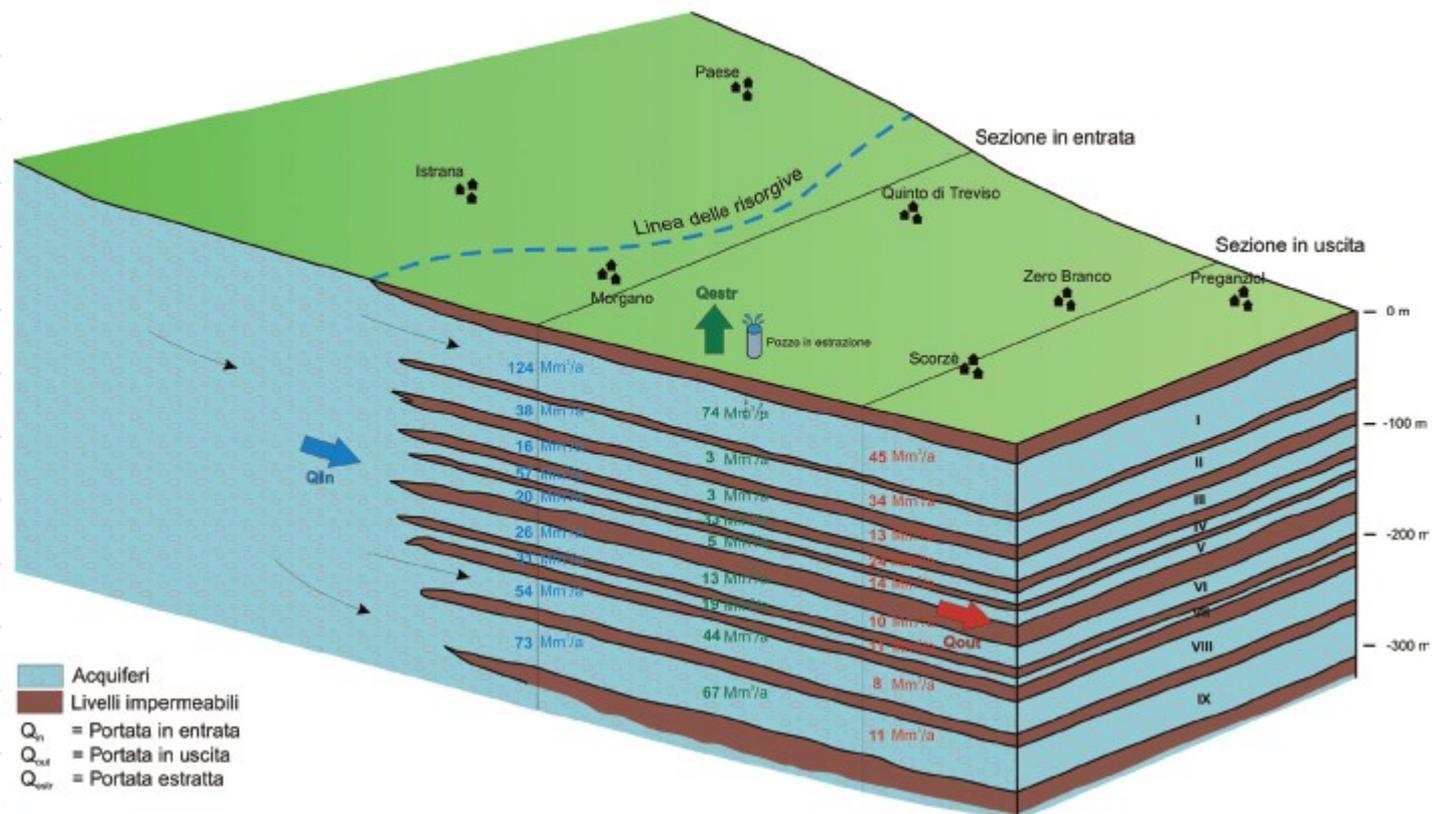
Applicando questa metodologia ad un caso reale cosa otteniamo?

Con i criteri della fase transitoria (200 m) stiamo realmente tutelando la risorsa idropotabile?



# Area campione: AATO Laguna di Venezia

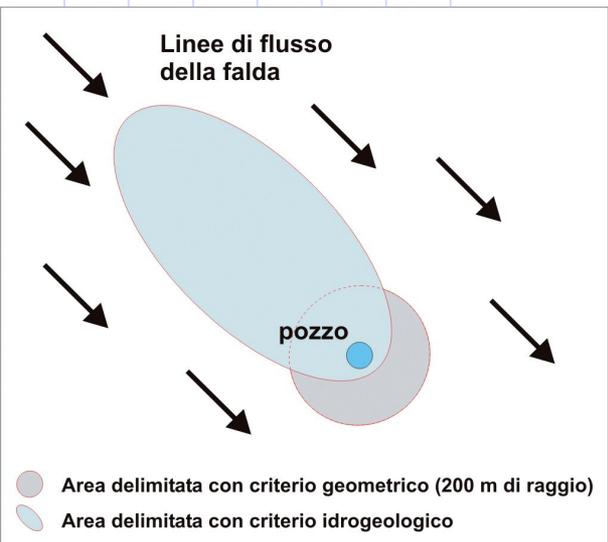
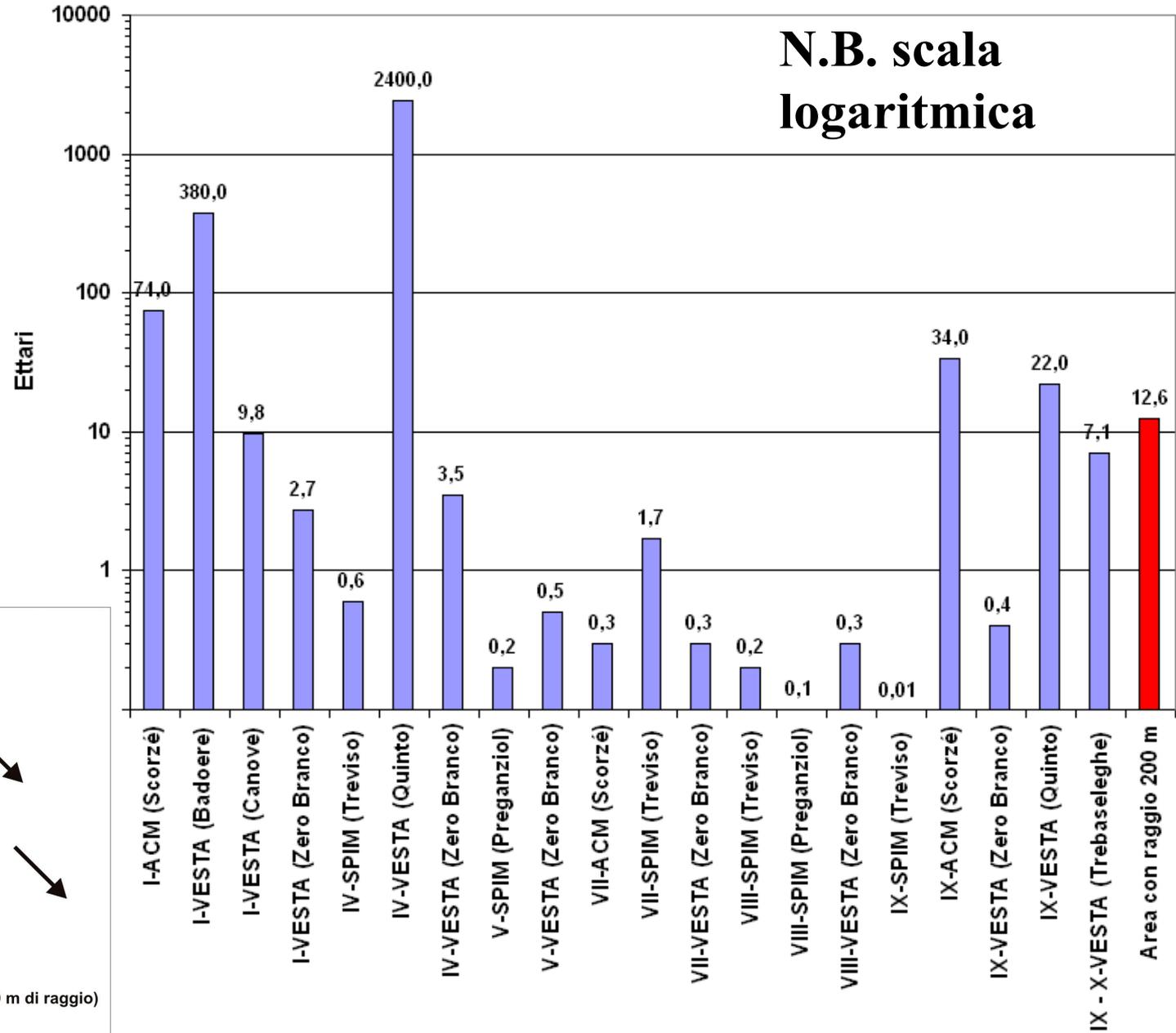
(ad oggi unico AATO nel Veneto che ha proposto le aree di salvaguardia)



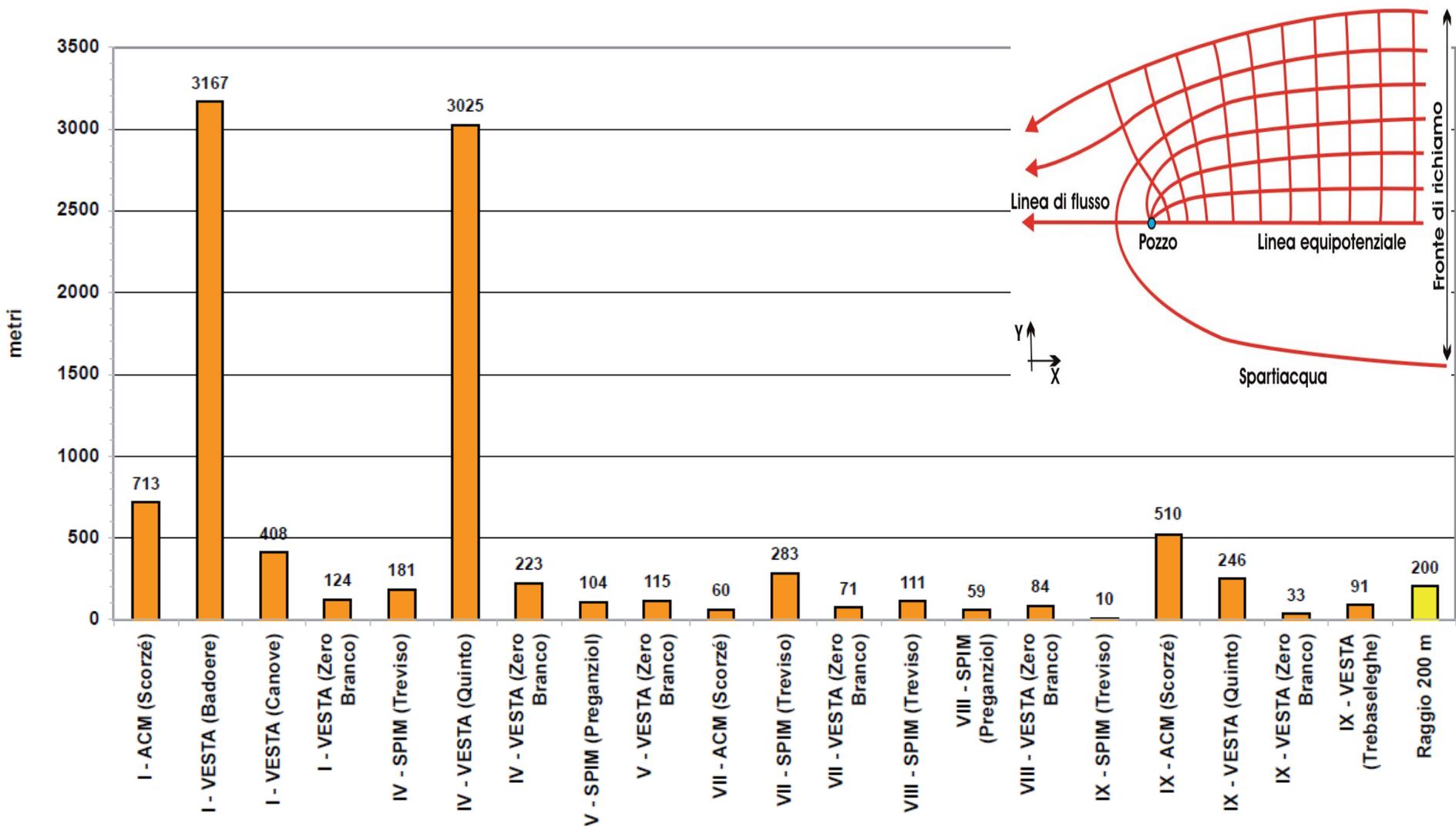
# Alcuni dati di sintesi relativi a tutti i campi-pozzi dell'AATO Laguna di Venezia

## Estensione aree di salvaguardia

**N.B. scala logaritmica**



## Distanza dell'isocrona 60 gg. dai campi pozzi acquedottistici





**DELIMITAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA DELLE OPERE DI PRESA ACQUEDOTTISTICHE DA FALDE PROFONDE (Art. 94 D.Lgs. 152/2006)**

Delibera di Assembla d'Ambito  
prot. n. 644 VIII di verbale del 29.05.2009

**ALLEGATO 1**  
**Carta delle zone di rispetto ristrette dei campi pozzi acquedottistici dell'AATO Laguna di Venezia**

Legenda

- Confini comunali
- Territorio dell'AATO Laguna di Venezia

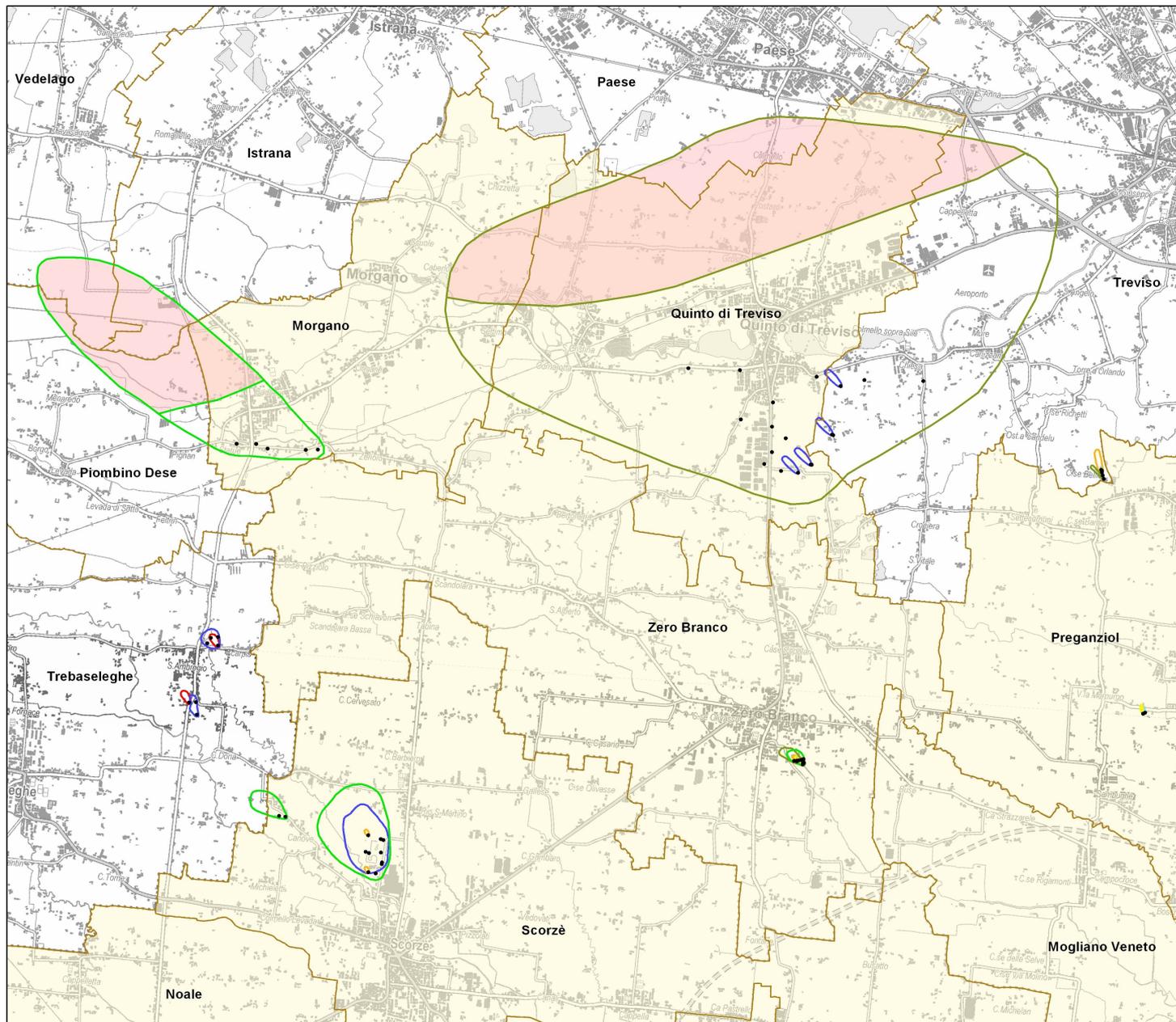
Zone di rispetto (corrispondenti a isocrone di 60 gg) delle opere di presa acquedottistiche suddivise per acquifero

- I (profondità media in m da p.c.: 15-60)
- IV (profondità media in m da p.c.: 130-140)
- V (profondità media in m da p.c.: 145-160)
- VII (profondità media in m da p.c.: 210-220)
- VIII (profondità media in m da p.c.: 230-260)
- IX (profondità media in m da p.c.: 270-310)
- X (profondità media in m da p.c.: >310)

- Pozzi acquedottistici dell'AATO Laguna di Venezia
- Porzione di zona di rispetto ricadente in territori in cui l'acquifero non è protetto



Scala





# AREA TEST



Progetto delle infrastrutture tecnologiche di monitoraggio qualitativo

Posizionamento dei pozzi di monitoraggio e allarme

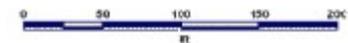
con criterio temporale (ex "linee guida per la tutela delle acque destinate al consumo umano e criteri generali per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche di cui all'art. 21 del D.Lgs 152/99")

## LEGENDA

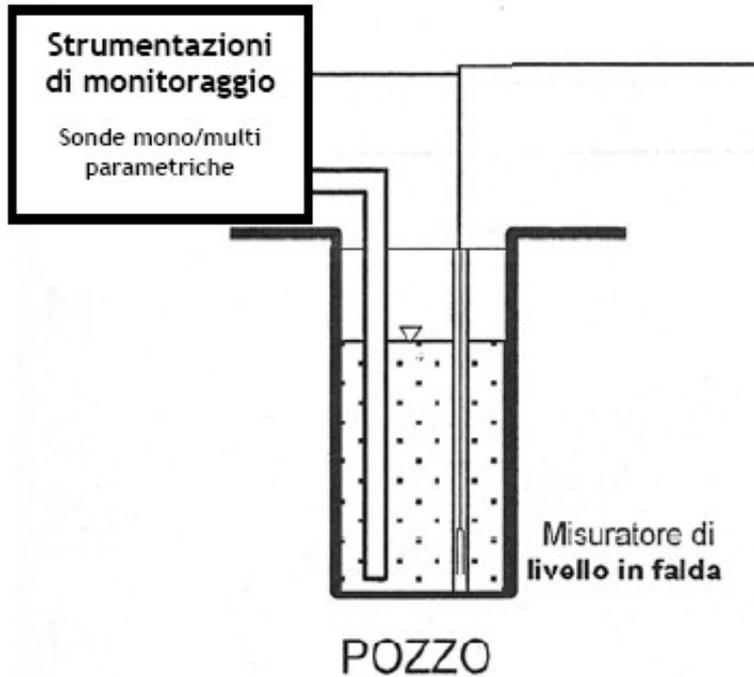
- campo pozzi
- pozzi acquedotto
- Distanze dal campo pozzi
- 100 m
- 200 m
- 300 m
- Vettori velocità
- massimo
- minimo
- pozzi di monitoraggio

La lunghezza dei vettori indicati per ciascuna falda si riferisce alla distanza percorsa dall'acqua in 60 giorni per raggiungere il margine del campo pozzi lungo la direttrice di deflusso, in base alla velocità minima e massima (calcolate ipotizzando un range di valori di permeabilità).

FALDA 4  $V_{min} = 0.5$  m/g;  $V_{max} = 3.5$  m/g  
 FALDA 7  $V_{min} = 0.1$  m/g;  $V_{max} = 0.3$  m/g  
 FALDA 8  $V_{min} = 0.3$  m/g;  $V_{max} = 1.5$  m/g  
 FALDA 9  $V_{min} = 0.04$  m/g;  $V_{max} = 0.2$  m/g

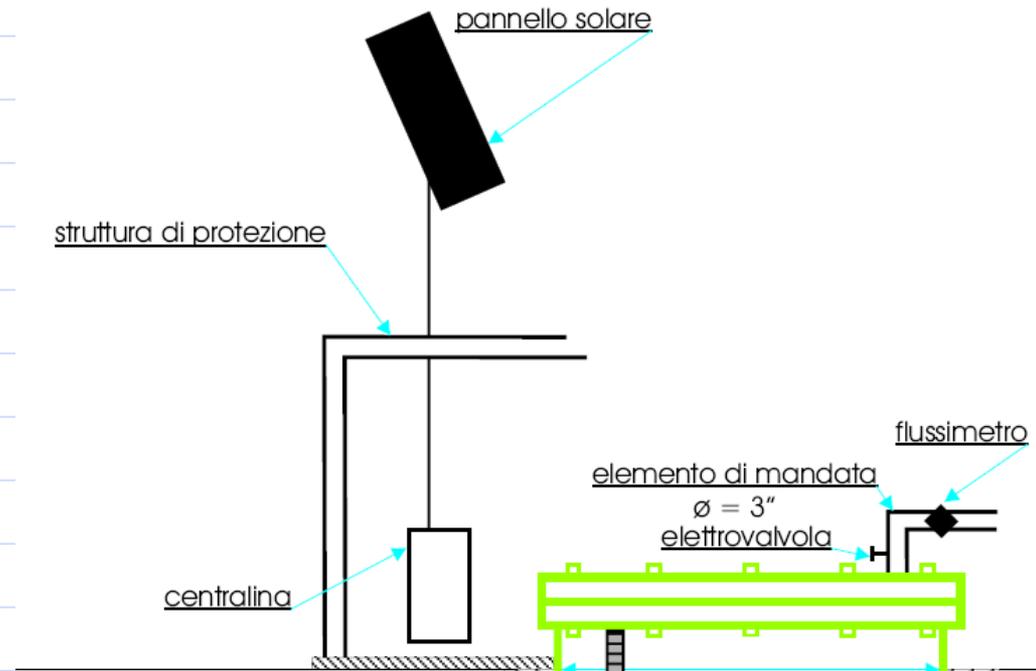


# Rete di monitoraggio di allarme - esempio



## SISTEMA DI MONITORAGGIO IN POZZO

(multiparametrica: parametri attualmente "affidabili" conducibilità, Temp., pH, Redox, Ossigeno disciolto, + qualche anione, torbidità)



**SISTEMA DI TRASMISSIONE**  
(alimentazione tramite pannello solare, data logger, centralina trasmissione...)

# **Rete di monitoraggio di allarme su punti di controllo (pozzi-piezometri appositamente progettati e realizzati**

**Monitoraggio periodico**  
mediante campionamenti  
ed analisi di tutti i  
parametri di interesse

**Monitoraggio in continuo**  
di parametri base (con soglie  
di allarme predefinite)

# Il monitoraggio e la protezione dinamica sono un costo od un risparmio?

## *COSTI*

- *studio geologico ed idrogeologico (rilievi, prove in situ, elaborazioni, modellazioni)*
- *progettazione della rete di monitoraggio*
- *realizzazione punti di monitoraggio (pozzi – piezometri)*
- *strumentazione di monitoraggio in continuo e teletrasmissione*
- *analisi periodiche*
- *manutenzione*
- *elaborazione e diffusione dati*

# Costi (esempio di un campo con 4 pozzi)

Considerando una popolazione servita di 100.000 persone e la durata del piano d'Ambito risultano per la costruzione rete:

0,04 euro/ab. Anno

A cui vanno:

- costi di progettazione idrogeologica
- costi di gestione

Costi per piezometri/pozzi di monitoraggio	50.000
Costi per sistema di monitoraggio (sonde ed installazione)	60.000
Costi per espropri e/o occupazioni temporanee	10.000
Oneri per la sicurezza	2.000
TOTALE	ca. 120.000 + IVA

# Costi/benefici

Località (abitanti)	Territorio	Costi di intervento (\$) *	Costi di intervento per pozzo (\$)	Costi aree di salvaguardia (\$)	Costi aree di salvaguardia per pozzo (\$)	Rapporto costi (intervento/ aree di salvaguardia)	Rapporto costi per pozzo (intervento/ aree di salvaguardia)
Gilbert, Louisiana (700)	Rurale	1.094.645	547.323	5.487	2.744	200:1	200:1
Norway, Maine (4.000)	Rurale	545.904	545.904	101.014	101.014	5:1	5:1
Tumwater, Washington (13.000)	Suburbano	1.712.440	570.813	286.954	22.073	6:1	26:1
Gettysburg-Lancaster Co., Pennsylvania (12.000-20.000) 16:1	Suburbano-Rurale 178:1	4.015.351 (Gettysburg)		4.015.351	248.370 ** (Lancaster Co.)		22.579
Dartmouth, Massachusetts (24.000)	Suburbano	2.353.291	1.176.646	693.365	99.052	3:1	12:1
Middleton, Ohio (60.000)	Urbano	970.342-1.475.470	323.447-491.823	295.892	22.761	3-5:1	14-22:1
Totale		11.197.101	933.092***	1.631.087	34.704***	7:1	27:1

\* I costi di intervento indicati sono comprensivi di approvvigionamento idrico alternativo, trattamento delle acque, bonifica della sorgente inquinante e disinquinamento.

\*\* I costi sono comprensivi del tempo necessario per individuare le sorgenti di contaminazione

\*\*\* Costi pesati per pozzo sia contaminato che protetto all'interno di ogni comunità

Fonte: Job C.A. 1996

In ARPA Emilia Romagna (2002) – Aree di salvaguardia delle captazioni idriche – linee guida.

# Conclusioni

- normativa richiama costantemente il monitoraggio di base (**qualità corpi idrici**)
- normativa richiama per molte **opere ed interventi** il monitoraggio idrogeologico
- a fronte di tale mole di dati raccolti non sempre questi risultano **fruibili ed organizzati**
- è urgente uno **sviluppo** del monitoraggio collegato alla protezione dinamica (**reti di allarme**) delle captazioni **idropotabili** con ricadute positive in termini economici, di prevenzione ed occupazionali