



# **REPORT SULLE ACQUE SOTTERRANEE**

## **IN PROVINCIA DI MODENA**

**ANNO 2009**

**Coordinamento:**

Anna Maria Manzieri

**Testi ed elaborazione dati:**

Franca Bottazzi, Paola Bonini

**Con la collaborazione di:**

Daniela Corradini, Sabrina Melotti

Servizio Sistemi Ambientali Sezione Provinciale Arpa di Modena

Si ringrazia per il supporto tecnico fornito:

Marco Marcaccio Arpa Direzione Tecnica

## INDICE

Premessa	4
La rete di monitoraggio	5
Qualità delle acque rilevata dalla rete	7
Caratterizzazione idrochimica delle acque di falda	8
Metodologia applicata per la classificazione delle acque sotterranee	11
Lo stato qualitativo delle acque sotterranee (SCAS)	14
Classificazione quantitativa (SQAS)	16
Stato ambientale delle acque sotterranee (SAAS)	19
Conclusioni	21
Allegato – Elaborazioni cartografiche dei dati	23

## **PREMESSA**

Nella presente relazione vengono rappresentati in modo sintetico, i dati relativi all'attività di monitoraggio delle acque sotterranee in provincia di Modena, per l'anno 2009.

Il quadro conoscitivo di riferimento, costituito dal Piano di Tutela delle acque della Regione Emilia-Romagna, viene ogni anno implementato ed aggiornato con i risultati della fase di monitoraggio a regime, col fine di evidenziare le tendenze in atto e di valutare gli scostamenti dagli obiettivi individuati a livello nazionale e regionale, fornendo il supporto conoscitivo necessario per la pianificazione a livello provinciale delle azioni da intraprendere per il risanamento e la tutela dei corpi idrici.

Il quadro normativo di governo delle acque, risulta ad oggi, in significativa evoluzione. Il Piano di Tutela delle Acque regionale, è stato predisposto sulla base del D.Lgs. 152/99, che oggi risulta formalmente superato dal D.Lgs. 152/06. Tale Normativa Nazionale dovrebbe costituire il recepimento della Direttiva Quadro 2000/60/CE. In attesa dell'emanazione degli allegati contenenti le nuove procedure tecniche per l'applicazione della Direttiva, il D.Lgs. 152/99 rimane ad oggi l'unico riferimento per l'elaborazione e la classificazione dei dati, per la verifica del raggiungimento degli obiettivi del P.T.A. al 2016.

Pertanto sia i monitoraggi, che l'elaborazione dei dati ottenuti riportati nella presente relazione, sono stati eseguiti secondo i criteri del "vecchio" D.Lgs 152/99.

## LA RETE DI MONITORAGGIO

Il monitoraggio delle acque sotterranee nella provincia di Modena è attivo dal 1976. Col progetto denominato "Analisi e progettazione delle reti di monitoraggio ambientale su base regionale e sub-regionale" e in particolare con il sub-progetto "Monitoraggio delle acque interne e marine - rete monitoraggio acque sotterranee", la rete ha subito una profonda revisione che ha comportato una ridistribuzione dei punti di misura secondo i seguenti criteri principali:

- approfondimento dell'attività di monitoraggio all'interno dei conoidi alluvionali, in quanto risorse pregiate e aree più soggette a contaminazione;
- adeguamento al modello geologico proposto dalla Regione Emilia-Romagna, in gruppi acquiferi sovrapposti;
- verifica e controllo dei punti posti nell'intorno dei pozzi ad uso civile;
- approfondimenti mirati alla ricerca di nuovi possibili contaminanti in pozzi campione;

L'attuale configurazione della rete di monitoraggio in provincia di Modena è costituita da 64 pozzi inseriti nella rete Regionale (I grado).

La sovrapposizione dei punti di misura alla sezione idrostratigrafica ha permesso, per singolo pozzo, l'attribuzione del gruppo acquifero monitorato (Figura 1). Nella tabella sotto riportata sono indicati i pozzi suddivisi per gruppo/complesso acquifero.

Gruppo acquifero	N°
<b>A</b>	46
<b>A + B</b>	9
<b>A + B + C</b>	9

L'analisi quali-quantitativa è stata condotta analizzando le carte tematiche prodotte, valutando le distribuzioni areali di alcuni parametri descrittivi del naturale chimismo e rilevando gli aspetti indotti dalle fonti di inquinamento antropico. La stesura delle carte tematiche con la rappresentazione dei dati georeferenziati sotto forma di isopieze e isocone è stata realizzata utilizzando come supporto informatico il programma Surfer© che utilizza diverse procedure di elaborazione per la distribuzione spaziale dei valori della variabile in esame (Kriging, minima curvatura, inverso della distanza ecc.). E' stata inoltre effettuata la classificazione chimica, quantitativa ed ambientale seguendo il modello definito nell'allegato 1 del D.Lgs. 152/99.

Per la rappresentazione cartografica dei parametri idrochimici e quantitativi, pur nella consapevolezza della complessa e differenziata struttura degli acquiferi monitorati, i dati acquisiti dalla rete di monitoraggio sono stati elaborati considerando l'acquifero continuo ed omogeneo.

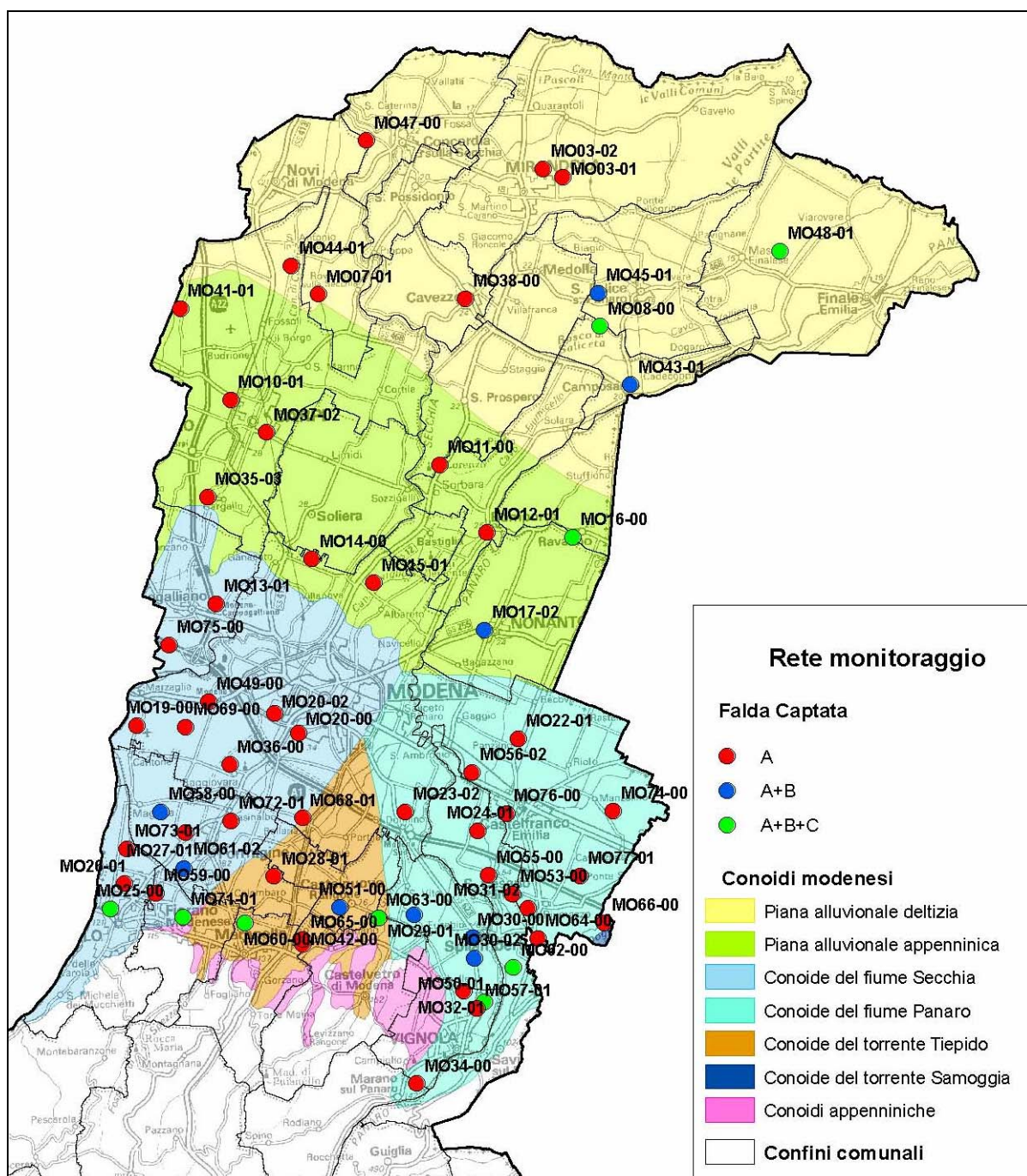


Figura 1 – Rete di monitoraggio e acquiferi captati.



## QUALITÀ DELLE ACQUE RILEVATA DALLA RETE

L'obiettivo prioritario della rete di monitoraggio delle acque sotterranee a livello regionale è connesso alla classificazione delle acque sotterranee in base ai criteri definiti dalla normativa e alla valutazione degli effetti indotti dal Piano di Tutela delle Acque previsto dagli strumenti normativi.

Anche lo screening analitico è stato differenziato aumentando il carico di analisi per una parte di stazioni ritenute maggiormente rappresentative degli acquiferi monitorati e diminuendo al contempo alcune misure nei punti dove non si è mai verificata contaminazione antropica.

I parametri analizzati a seconda dello spettro analitico da adottare sono indicati nella Tabella 1.

Semplificato	Temperatura (°C)	Fenoli (µg/l)	Esteso
	pH	Pesticidi totali (µg/l)	
	Durezza totale (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	- Alaclor (µg/l)	
	Conducibilità elettrica (µS/cm a 20°C)	- Atrazina (µg/l)	
	Bicarbonati (mg/l)	- Clorpirifos (µg/l)	
	Calcio (mg/l)	- Diuron (µg/l)	
	Cloruri (mg/l)	- Isoproturon (µg/l)	
	Magnesio (mg/l)	- Linuron (µg/l)	
	Potassio (mg/l)	- Metolaclo (µg/l)	
	Sodio (mg/l)	- Molinate (µg/l)	
	Solfati (mg/l) come SO <sub>4</sub>	- Oxadiazon (µg/l)	
	Nitrati (mg/l) come NO <sub>3</sub>	- Propanil (µg/l)	
	Nitriti (mg/l) come NO <sub>2</sub>	- Simazina (µg/l)	
	Ossidabilità (Kubel)	- Terbutiazina (µg/l)	
	Ione ammonio (mg/l) come NH <sub>4</sub>	- Trifluralin (µg/l)	
	Ferro (µg/l)	- Tiobencarb (µg/l)	
	Manganese (µg/l)	Metiliterbutiletere (µg/l)	
	Arsenico (µg/l)	Etilterbutiletere (µg/l)	
	Boro (µg/l)	Altre Sostanze pericolose Decisione 2455/2001/CE	
	Cromo tot. (µg/l)	Alluminio (µg/l)	Completo
	Fluoruri (µg/l)	Antimonio (µg/l)	
	Nichel (µg/l)	Argento (µg/l)	
	Piombo (µg/l)	Bario (µg/l)	
	Rame (µg/l)	Berillio (µg/l)	
	Zinco (µg/l)	Cadmio e composti (µg/l)	
	Escherichia Coli (UFC)	Cromo VI (µg/l)	
	Aeromonas (UFC)	Mercurio e composti (µg/l)	
Parzialmente semplificato	Composti alifatici alogenati totali (µg/l)	Selenio (µg/l)	
	- 1,2-dicloroetano (µg/l)	Benzene (µg/l)	
	- Trielina (µg/l)	Cianuri (µg/l)	
	- Percloroetilene (µg/l)	IPA totali (µg/l)	
	- Tetracloruro di Carbonio (µg/l)	Cloruro di vinile (µg/l)	
	- Cloroformio (µg/l)		
	- Metilcloroformio (µg/l)		
	- Diclorobromometano (µg/l)		
	- Dibromoclorometano (µg/l)		

**Tabella 1** – Screening analitici da effettuare per ciascun gruppo di pozzi.

L'analisi idrochimica delle acque di falda viene effettuata attraverso la valutazione delle distribuzioni areali dei parametri monitorati, che descrivono il chimismo di base dell'acquifero, e di alcune sostanze inquinanti di origine antropica che influiscono in modo significativo sulla qualità dello stesso acquifero; viene inoltre eseguita, su ciascun punto di campionamento, la misura del livello piezometrico al fine di valutarne gli aspetti quantitativi.

## CARATTERIZZAZIONE IDROCHIMICA DELLE ACQUE DI FALDA

Di seguito si riportano le valutazioni sulle distribuzioni spaziali dei principali parametri analizzati. Le rappresentazioni cartografiche riguardanti la distribuzione areale dei diversi parametri indagati sono riportate in Allegato.

### Temperatura

Si rileva una contenuta escursione termica, indice di un buon equilibrio dinamico degli acquiferi profondi. La variazione termica rilevata nel 2009 oscilla da un minimo di 12,4 °C ad un massimo di 20 °C, coerentemente con quanto rilevato negli anni passati (Figura 16).

### Conducibilità elettrica specifica

Indice del contenuto salino delle acque (Figura 18), differenzia chiaramente le aree influenzate dal fiume Secchia, (1.000-1.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) da quelle alimentate dal fiume Panaro (600-800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). I valori più elevati si riscontrano in apice di conoide del fiume Secchia e risultano condizionati dalle fluttuazioni idrauliche del fiume stesso. Gli alti valori di salinità riferiti alla bassa pianura (fino a oltre 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sono essenzialmente riconducibili ad una diffusione delle salamoie di fondo sino alla superficie ed in misura minore alla mobilitazione ionica causata dall'ambiente riducente.

### Durezza

Si attesta mediamente su valori elevati (40-60°F); nella conoide del fiume Secchia riconducibile alla permeazione delle acque salso-solfate delle sorgenti di Poiano, mentre nella zona intermedia dell'alta pianura si segnalano valori elevati per effetto dell'azione della  $\text{CO}_2$  di origine batterica su materiale calcareo; in questa area, il dilavamento del terreno agrario, porta ad un concomitante incremento dei bicarbonati, dei nitrati e della durezza. Le acque sotterranee dell'acquifero sotteso al fiume Panaro evidenziano, almeno fino all'altezza della zona di dispersione del corpo idrico ed in sponda idrografica destra, valori di durezza moderati, coerenti ai livelli del fiume (30-35° F). Allontanandoci dal corpo idrico, si registrano significativi livelli di durezza, correlabili con la presenza di cave di ghiaia ed i conseguenti rilevanti apporti dalla superficie topografica. In sponda idrografica sinistra l'ambito di influenza del fiume è ancora meno evidente.

Oltre il fronte delle conoidi, a seguito delle mutate condizioni di pH e del potenziale redox (Eh), si attivano processi di precipitazione ed adsorbimento del calcio come ossido, con conseguente diminuzione dei livelli di durezza. Negli acquiferi sottesi al dominio del Po, invece, il livello di durezza delle falde si incrementa nuovamente raggiungendo valori elevati (anche oltre i 55-80 °F), riconducibili ad acque evolute che nel tempo, a seguito di processi di scambio ionico, hanno subito modificazioni della facies idrochimica (Figura 19).

### Solfati e Cloruri

Questi due parametri presentano un andamento analogo (Figura 20 e Figura 21), direttamente correlabile all'alimentazione e all'idrochimica fluviale dei due corpi idrici superficiali principali (fiume Secchia: Solfati pari a 160-260 mg/l e Cloruri pari a 100-160 mg/l; fiume Panaro: Solfati al di sotto dei 100 mg/l e Cloruri inferiori a 20-30 mg/l). Nella media pianura, a seguito delle condizioni redox degli acquiferi, si riscontra una netta diminuzione della concentrazione dei Solfati (presenza dello Zolfo in forma ridotta). Nel complesso idrogeologico della pianura alluvionale, corrispondente alla porzione di pianura sottoposta all'influenza del fiume Po, è evidente la miscelazione delle acque salate provenienti dal substrato dell'acquifero attraverso faglie e fratture, con le falde acquifere dolci, ben rilevata dalle elevate concentrazioni dei cloruri e solfati (Solfati 100-300 mg/l, Cloruri 100-180 mg/l), che risalgono fino a pochi metri dal piano campagna.



## Sodio e Potassio

L'andamento delle isocone del sodio riflette quanto osservato per i Cloruri (Figura 22). E' da segnalare come questo catione possa essere considerato, per ambedue le conoidi dei fiumi principali (isolinea corrispondente a 80 mg/l per il fiume Secchia e 40 mg/l per il fiume Panaro), come un efficace tracciante per la valutazione dell'area di influenza dei due corpi idrici sulla qualità delle acque di falda, in conseguenza del limitato apporto di sodio da parte delle acque di infiltrazione permeanti dalla superficie topografica.

Il contenuto di Potassio nelle acque sotterranee si attesta su valori medi di 1,5 -3,0 mg/l, con valori massimi difficilmente superiori ai 5 mg/l. L'andamento delle isocone risulta comunque irregolare e scarsamente significativo (Figura 23). Valori elevati di potassio possono essere ricondotti all'utilizzo sul suolo di fertilizzanti chimici per arricchirlo di elementi nutritivi (Azoto-Fosforo-Potassio).

## Composti azotati

Le procedure di classificazione delle acque sotterranee, in base al D.Lgs. 152/99, assegnano una particolare incidenza al parametro nitrati al fine della valutazione dello "stato chimico" e dello "stato ambientale" delle acque. Il nuovo D.Lgs. 30/2009, pur modificando i criteri di classificazione, delle acque sotterranee, ha mantenuto il parametro nitrati come elemento fondamentale per la definizione dello stato buono delle acque sotterranee ai fini del raggiungimento dell'obiettivo fissato dalla normativa.

I nitrati sono responsabili in buona parte del territorio della Regione Emilia Romagna ed in particolare nell'area occidentale, dello scadimento della classificazione qualitativa delle acque sotterranee. Ciò ad indicare una problematica diffusa la cui soluzione non pare imminente, vista la complessità della stessa e stante anche l'inerzia propria dei sistemi idrici sotterranei nell'evidenziare variazioni a seguito delle azioni messe in atto. La scala temporale, per valutare l'efficacia degli interventi adottati, può risultare pari anche a decine di anni. L'eccesso di apporti di sostanze azotate generalizzato su tutta la superficie topografica, l'immagazzinamento di azoto nello strato insaturo tra superficie topografica e tavola d'acqua (soggetto a successivi veicolazione per dilavamento) ed infine il rilevante sfruttamento degli acquiferi, ha contribuito in modo significativo alla presenza dei nitrati (spesso oltre il limite dei 50 mg/l) nelle acque di falda (Figura 24). Come risulta evidente dalle carte delle isocone, si registrano sensibili incrementi di nitrati nelle aree più lontane dalle aste fluviali principali, in cui viene a mancare l'azione di diluizione favorita dalle acque a bassa concentrazione di nitrati dei fiumi (nitrati inferiori a 5 mg/l nel tratto disperdente pedecollinare).

Il confronto con il trend degli andamenti delle isocone dei nitrati, rileva un costante avanzamento del fronte dei 25 mg/l nell'area sud-ovest di Modena in prossimità dei campi acquiferi di Cognento, e un ampliamento dell'area compresa tra la conoide del fiume Panaro e del torrente Samoggia. Il fronte dei 50 mg/l tende a spostarsi verso nord e verso ovest nella conoide del fiume Secchia, sia in direzione dei campi acquiferi di Cognento che del campo acquifero di Magreta, ampliando l'areale con concentrazioni superiori al limite di potabilità; una lieve contrazione delle aree a concentrazioni superiori al limite di potabilità, si rinviene invece nel territorio a confine col bolognese tra Piumazzo e Castelfranco Emilia. L'analisi su un arco temporale più ampio, dal 1994 al 2009 (Figura 25 e Figura 26), risalta l'incremento critico dei nitrati verso l'area di media pianura, mostrando con indubbia chiarezza uno scadimento qualitativo durante questo periodo.

Oltre il fronte delle conoidi, in corrispondenza di acquiferi a bassa trasmissività, le condizioni redox dell'acquifero favoriscono inizialmente la qualità delle acque sotterranee per la progressiva scomparsa delle forme azotate. Successivamente si rileva la presenza di Azoto ammoniacale che assume concentrazioni significative nell'area a nord-est della bassa pianura, la cui origine è riconducibile alle trasformazioni biochimiche delle sostanze organiche diffuse o concentrate sottoforma di torba nel serbatoio acquifero (Figura 28).

## Ferro e Manganese

La presenza di entrambi gli elementi è correlata alle condizioni di basso potenziale redox e quindi acquiferi a bassa permeabilità o alimentati prevalentemente dalla superficie topografica (Figura 29 e Figura 30). Conseguentemente si riscontrano livelli significativi nella media e bassa pianura e nell'area delle conoidi dei torrenti minori, spesso associati a presenza di ammoniaca. Il ferro viene solubilizzato per alterazione dei minerali ferro-magnesi e ferriferi ad opera di organismi riducenti sul terreno agrario. E' la sua forma ridotta ( $\text{Fe}^{++}$ ) ad essere solubile, mentre allo stato ossidato ( $\text{Fe}^{+++}$ ) precipita conferendo alle acque la caratteristica colorazione giallo-rossastra. Da un punto di vista organolettico, il ferro conferisce un sapore metallico astringente. La valutazione congiunta della distribuzione spaziale dei due parametri indica una loro non correlazione, sebbene entrambi si mobilitino in ambienti riducenti (il manganese sembra più caratteristico delle acque di recente infiltrazione che non di quelle più antiche). A conferma si segnala, nell'area delle conoidi dei torrenti minori, una evidente prevalenza dell'area di influenza del Manganese rispetto ad una pari presenza di Ferro che viceversa costituisce l'elemento maggiormente caratterizzante la piana alluvionale appenninica e deltizia.

## Boro

Sulla base della distribuzione areale di questo elemento, si può ipotizzare che la presenza di Boro sia correlabile alla matrice argilloso-limosa del serbatoio acquifero. Nell'area pedecollinare nell'intorno di Sassuolo anche per l'anno 2009, per la maggioranza dei punti monitorati, si conferma, rispetto al precedente triennio, una costanza delle concentrazioni di Boro (Figura 31).

## Composti organo-alogenati volatili.

Se ne evidenzia una distribuzione pressoché ubiquitaria nella zona pedecollinare (Figura 32), riconducibile, in un'area ad elevata permeabilità, all'intensa pressione antropica di diffusi insediamenti industriali-artigianali. Per l'anno 2009, si conferma l'area interessata dall'inquinamento di composti organo-alogenati rilevata nel 2008; in particolare si segnala la presenza di tricloroetilene e tetracloroetilene (Figura 34 e Figura 35).

## Metalli

La ricerca di numerosi metalli quali Cadmio, Cromo, Cobalto, Nichel, Piombo e Mercurio, riscontrabili quasi sempre al di sotto del limite di rilevabilità strumentale, ne ha evidenziato in alcuni casi la presenza, in concentrazioni inferiori al valore soglia della tabella 20 dell'allegato 1 del D.Lgs. 152/99 e della tabella dell'allegato 5 del D.Lgs. 152/06, ben al di sotto del limite di attenzione sia ambientale che sanitario.

L'individuazione di tracce di Arsenico in aree della bassa pianura, in particolare nell'area di Bomporto-Nonantola e Carpi, è riconducibile ad una origine "primaria-profonda", legata ai depositi ad elevato contenuto argilloso o di concentrazione biologica primaria (Figura 32); è comunque da escludersi la possibilità di avvenuta contaminazione antropica.

## Fitofarmaci

La ricerca di oltre 80 principi attivi nelle acque sotterranee della rete Regionale, per il 2009 non ha evidenziato la presenza di fitofarmaci, in concentrazione superiore al limite di rilevabilità strumentale, in nessun pozzo monitorato.

## IPA e fenoli

Non si è evidenziata la presenza di Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.) e di Fenoli in nessun pozzo della rete di monitoraggio.

# METODOLOGIA PER LA CLASSIFICAZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

La classificazione delle acque sotterranee prevede un criterio qualitativo che utilizza dei parametri chimici di base e addizionali, un sistema quantitativo derivante dalle oscillazioni del livello di falda; la classificazione ambientale deriva dalla sovrapposizione dei precedenti indici.

## LA CLASSIFICAZIONE QUALITATIVA

Ai fini della classificazione qualitativa si utilizza il valore medio, rilevato per ogni parametro di base nel periodo di riferimento. Lo stato chimico è determinato dalla sovrapposizione dei valori medi di concentrazione dei sette parametri chimici di base che sono riportati in Tabella 2; la classificazione è determinata dal valore di concentrazione peggiore riscontrato nelle analisi dei diversi parametri di base.

	Unità di misura	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 0 (*)
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 di NO <sub>3</sub>	≤ 5	≤ 25	≤ 50	> 50	
Solfati	mg/L di SO <sub>4</sub>	≤ 25	≤ 250	≤ 250	>250	>250
Ione ammonio	mg/L di NH <sub>4</sub>	≤ 0,05	< 0,5	≤ 0,5	>0,5	>0,5

**Tabella 2** - Classificazione chimica in base ai parametri di base. (\*) Origine naturale

La classificazione determinata a partire dai parametri di base può essere corretta in base ai valori medi di concentrazione rilevati nel monitoraggio dei parametri addizionali riportati nella sottostante tabella.

Inquinanti inorganici	μg/l	Inquinanti organici	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	Acilammide	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		

**Tabella 3** – Parametri addizionali.

Il superamento della soglia individuata per ogni singolo inquinante, sia esso inorganico od organico, determina il passaggio alla classe 4 a meno che non sia accertata, per i soli parametri inorganici, l'origine naturale che ne determina la classe 0 (Tabella 4).

Classe 1	Impatto antropico nullo o trascurabile con pregiate caratteristiche idrochimiche;
Classe 2	Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche
Classe 3	Impatto antropico significativo e con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione;
Classe 4	Impatto antropico rilevante con caratteristiche idrochimiche scadenti;
Classe 0 (*)	Impatto antropico nullo o trascurabile ma con particolari facies idrochimiche naturali in concentrazioni al di sopra del valore della classe 3

(\*) per la valutazione dell'origine endogena delle specie idrochimiche presenti dovranno essere considerate anche le caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

**Tabella 4** – Classificazione chimica dei corpi idrici sotterranei.

## LA CLASSIFICAZIONE QUANTITATIVA

La classificazione quantitativa si basa sulle alterazioni misurate o previste delle condizioni di equilibrio idrogeologico. In Tabella 5 sono riportate le 4 classi che definiscono lo stato quantitativo delle acque sotterranee. Dalle definizioni risulta evidente l'importanza che riveste, per il mantenimento delle condizioni di sostenibilità nell'utilizzo della risorsa sul lungo periodo, la conoscenza dei termini che concorrono alla definizione del bilancio idrogeologico dell'acquifero, comprendendo tra questi quello dovuto agli emungimento, rappresentativo dell'impatto antropico, nonché la conoscenza delle caratteristiche intrinseche e di potenzialità dell'acquifero.

Per la classificazione quantitativa viene fatto riferimento alle serie storiche di dati piezometrici relative alla rete di monitoraggio delle acque sotterranee, che insiste sul territorio regionale dal 1976. Attraverso le serie storiche, è stato possibile calcolare il trend della piezometria e successivamente attraverso il coefficiente di immagazzinamento è stato calcolato il deficit o il surplus idrico su ciascuna porzione areale di territorio di 1 kmq all'interno del quale ricade il pozzo. Sono stati classificati in classe A i pozzi o le celle aventi un surplus idrico o deficit idrico nullo, in classe B quelli con deficit idrico fino a 10.000 mc/anno e in classe C quelli con deficit idrico superiore. L'anno di riferimento per la classificazione quantitativa è il 2002.

<b>Classe A</b>	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.
<b>Classe B</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 e sostenibile sul lungo periodo.
<b>Classe C</b>	Impatto antropico significativo con notevole incidenza dell'uso sulla disponibilità della risorsa evidenziata da rilevanti modificazioni agli indicatori generali sopraesposti <sup>(1)</sup> .
<b>Classe D</b>	Impatto antropico nullo o trascurabile, ma con presenza di complessi idrogeologici con intrinseche caratteristiche di scarsa potenzialità idrica.

(1) nella valutazione quantitativa bisogna tener conto anche degli eventuali surplus incompatibili con la presenza di importanti strutture sotterranee preesistenti.

**Tabella 5** – Classificazione quantitativa dei corpi idrici sotterranei.

Viste le lunghe serie storiche di dati utilizzate nella classificazione quantitativa e considerando che il sistema acque sotterranee risulta sufficientemente inerziale, per il 2009, viene considerata l'elaborazione effettuata per l'anno 2008.

## LA CLASSIFICAZIONE AMBIENTALE

La classificazione ambientale delle acque sotterranee è definita dalle cinque classi riportate in Tabella 7 e prevede la valutazione integrata delle misure quantitative (livello piezometrico, portate delle sorgenti o emergenze naturali delle acque sotterranee) e delle misure qualitative (parametri chimici).

Di seguito si riportano le combinazioni fra classificazione qualitativa (classi da 0 a 4) e quantitativa (A, B, C, D) che definiscono lo stato ambientale.

Stato elevato	Stato buono	Stato sufficiente	Stato 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

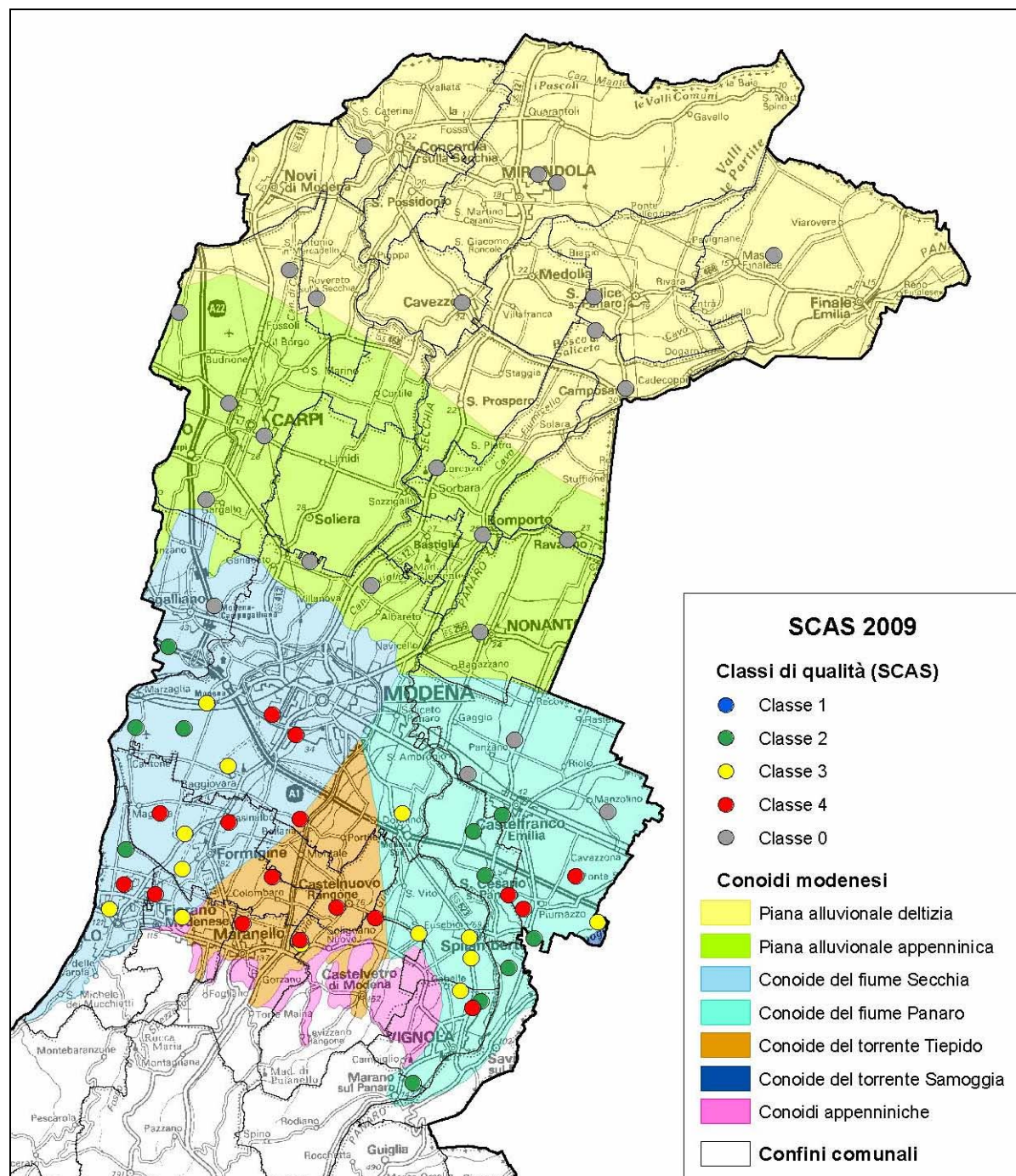
**Tabella 6** - Stato ambientale (quali-quantitativo) dei corpi idrici sotterranei.

ELEVATO	Impatto antropico nullo o trascurabile sulla qualità e quantità della risorsa, con l'eccezione di quanto previsto nello stato naturale particolare;
BUONO	Impatto antropico ridotto sulla qualità e/o quantità 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.

**Tabella 7** – Definizioni dello stato ambientale per le acque sotterranee.

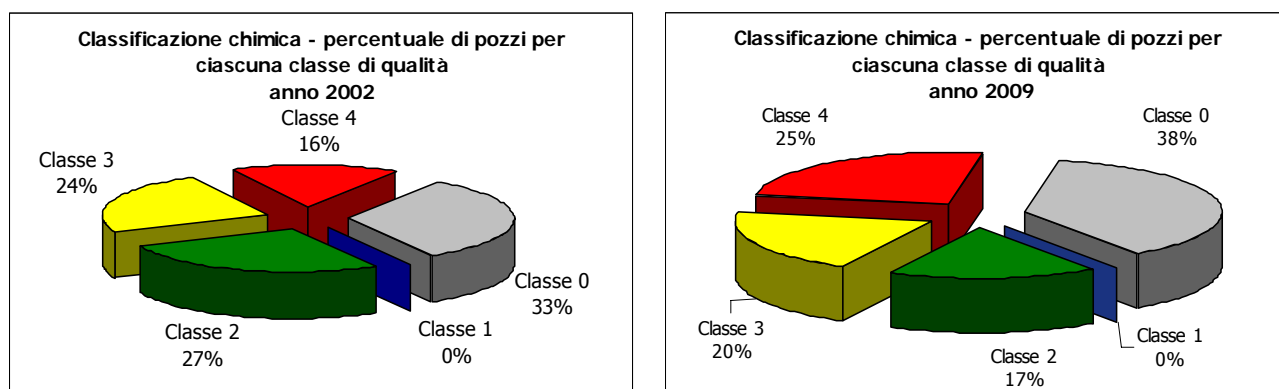
## LO STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE (SCAS)

In base ai criteri sopraenunciati, sono stati elaborati i dati relativi all'anno 2009. L'elaborazione dello stato chimico è stata effettuata utilizzando il metodo per punti, ossia classificando ciascun pozzo appartenente sia alla Rete Regionale sulla base della media dei due prelievi annuali (Figura 2).



**Figura 2** – Classificazione chimica delle acque sotterranee della provincia di Modena.

Lo stato chimico delle acque sotterranee (SCAS) della pianura modenese del 2009 viene di seguito rappresentato, mediante diagramma a torta, a confronto con l'anno 2002 (anno di riferimento).



**Figura 3** – Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio appartenenti a ciascuna classe di qualità: anni 2002 e 2009.

Si precisa che nel 2009 il numero di pozzi monitorati risulta inferiore agli anni precedenti; pertanto per un migliore confronto sull'andamento qualitativo della falda, è stato rielaborato il grafico relativo al 2002, utilizzando lo stesso numero di pozzi.

L'elaborazione è condizionata dalla percentuale di attribuzione alla classe 0. L'assegnazione a questa classe è essenzialmente dovuta alla presenza di Ferro e Manganese di origine naturale, che in ambiente acquoso si mobilitano in relazione alle condizioni redox dell'acquifero (Figura 3).

Tra un anno e l'altro di classificazione, si può verificare una differenza di percentuale della classe 0, dovuta all'estrema naturale variabilità della concentrazione di questi due parametri, con oscillazioni nell'intorno dei valori soglia attribuiti a questa classe, rispettivamente pari a 200 e 50 µg/l.

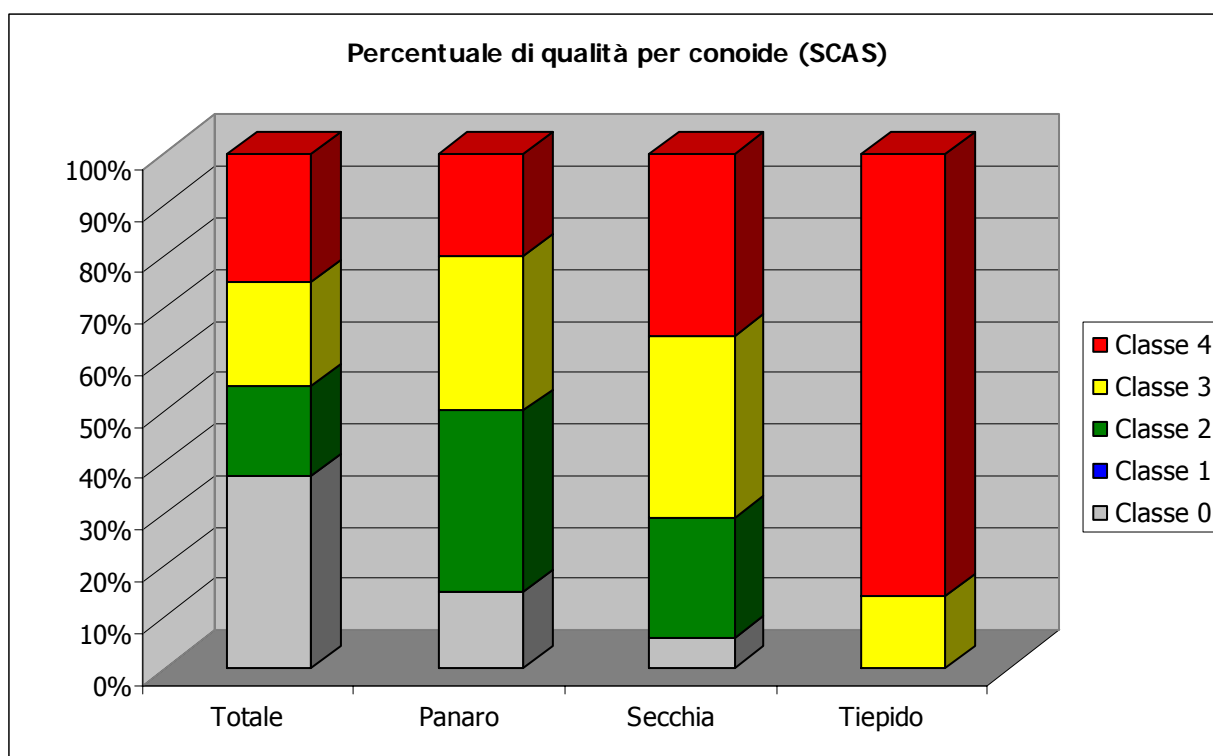
Nella pianura alluvionale appenninica e padana, la falda presenta caratteristiche riducenti tali da presentare alti valori di Manganese, Ferro e Ione ammonio in tutte le parti del territorio. L'Arsenico è presente naturalmente nella piana alluvionale appenninica tra i comuni di Bomporto, Nonantola, Ravarino e Carpi. Tale situazione idrogeologica classifica la totalità dei pozzi presenti in classe 0.

Nel territorio modenese, nonostante il carico azotato risulti particolarmente elevato e determinante nella classificazione qualitativa delle acque sotterranee, la presenza di nitrati non rappresenta l'unico elemento di scadimento della risorsa idrica sotterranea: in area pedecollinare si riscontrano puntualmente superamenti delle concentrazioni dei composti organo-alogenati totali. Per quanto riguarda gli altri parametri addizionali, essi risultano avere concentrazioni quasi sempre inferiori al limite normativo.

Dall'analisi della qualità delle acque sotterranee per singola conoide, nell'anno 2009 emerge uno stato qualitativo significativamente migliore della conoide del fiume Panaro (Figura 4) rispetto alla conoide del fiume Secchia. Per la conoide del fiume Panaro il 35% dei punti è classificato in classe 2, mentre per la conoide del fiume Secchia solo il 24% dei pozzi si classifica con qualità buona; è inoltre classificato in classe 3 il 30% dei punti per la conoide del Panaro e il 35% per la conoide del Secchia. Significativa risulta la presenza di pozzi in classe 4: nella conoide del Secchia raggiunge il 35%, mentre per la conoide del Panaro si attesta ad un 20%. I pozzi in classe 0 a causa della presenza di Manganese e Ferro rappresentano rispettivamente l'15% e il 6% nelle conoidi di Panaro e Secchia.

Completamente differente risulta la situazione nella conoide del torrente Tiepido, in cui si registra una situazione qualitativa scadente, con l'86% dei pozzi in classe 4 ed il restante 14% in classe 3.





**Figura 4** - Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio ricadenti nelle conoidi del fiume Panaro, fiume Secchia e torrente Tiepido appartenenti a ciascuna classe di qualità.

## CLASSIFICAZIONE QUANTITATIVA (SQAS)

### EVOLUZIONE PIEZOMETRICA

Le rappresentazioni cartografiche riportate si riferiscono sia alla misura del livello piezometrico riferito al livello del mare, che alla soggiacenza riferita al piano campagna (Figura 12 e Figura 15 in allegato).

Ad integrazione delle carte tematiche di piezometria e soggiacenza, sono state elaborate due carte di confronto fra l'anno 2008 e l'anno 2009 delle isopieze dei 30 e dei 40 m (Figura 13 e Figura 14 in allegato). Dalle due carte si rileva un significativo avanzamento del livello dei 35 metri, nel settore ovest nella conoide del fiume Secchia e nell'estremo est della conoide del fiume Panaro. Anche per la curva di isolivello dei 40 metri, si registra un avanzamento verso la media pianura in quasi tutto il territorio coincidente con le conoidi maggiori.

### VARIAZIONE PIEZOMETRICA

Dall'analisi relativa alla variazione piezometrica (Figura 5) viene messo in evidenza come ampie zone della conoide del fiume Panaro presentino un surplus idrico; ne fanno eccezione l'area compresa tra i comuni di Castelfranco E. e Modena in cui la variazione piezometrica evidenzia un lieve abbassamento del livello dell'acquifero.

Per quanto attiene la conoide del fiume Secchia e del torrente Tiepido, si segnala un marcato abbassamento della falda acquifera in un'ampia porzione di territorio che va da Formigine a Rubiera e un lieve abbassamento nei territori circostanti. Al contrario, nella conoide del Tiepido, oltre che ai margini prossimale e distale della conoide del fiume Secchia, si registra un innalzamento più o meno marcato della falda.

L'ubicazione dei più significativi prelievi acquedottistici conferma i consistenti prelievi nel territorio ad ovest del centro abitato di Modena, dove insistono i campi acquiferi di Cognento (circa 16.000.000 mc/anno) e Marzaglia (11.000.000 mc/anno). Rilevanti risultano anche i prelievi dei pozzi acquedottistici ubicati a Castelfranco (oltre 2.500.000 mc/anno per Hera e 6.000.000 mc/anno per Sorgea), Formigine (8.500.000 mc/anno), Campogalliano (4.300.000 mc/anno), S. Cesario (5.200.000 mc/anno) e Sassuolo (oltre 2.500.000 mc/anno).

La variazione piezometrica dell'area di media pianura mostra, sia nell'area occidentale in corrispondenza del comune di Carpi, che nell'area orientale in comune di Ravarino, un trend di abbassamento marcato dei livelli piezometrici. Al contrario, nella pianura alluvionale padana, si evidenzia un lieve innalzamento della piezometria nel trend di lungo periodo. I prelievi ad uso acquedottistico da falda in questa porzione di territorio sono sostanzialmente assenti.

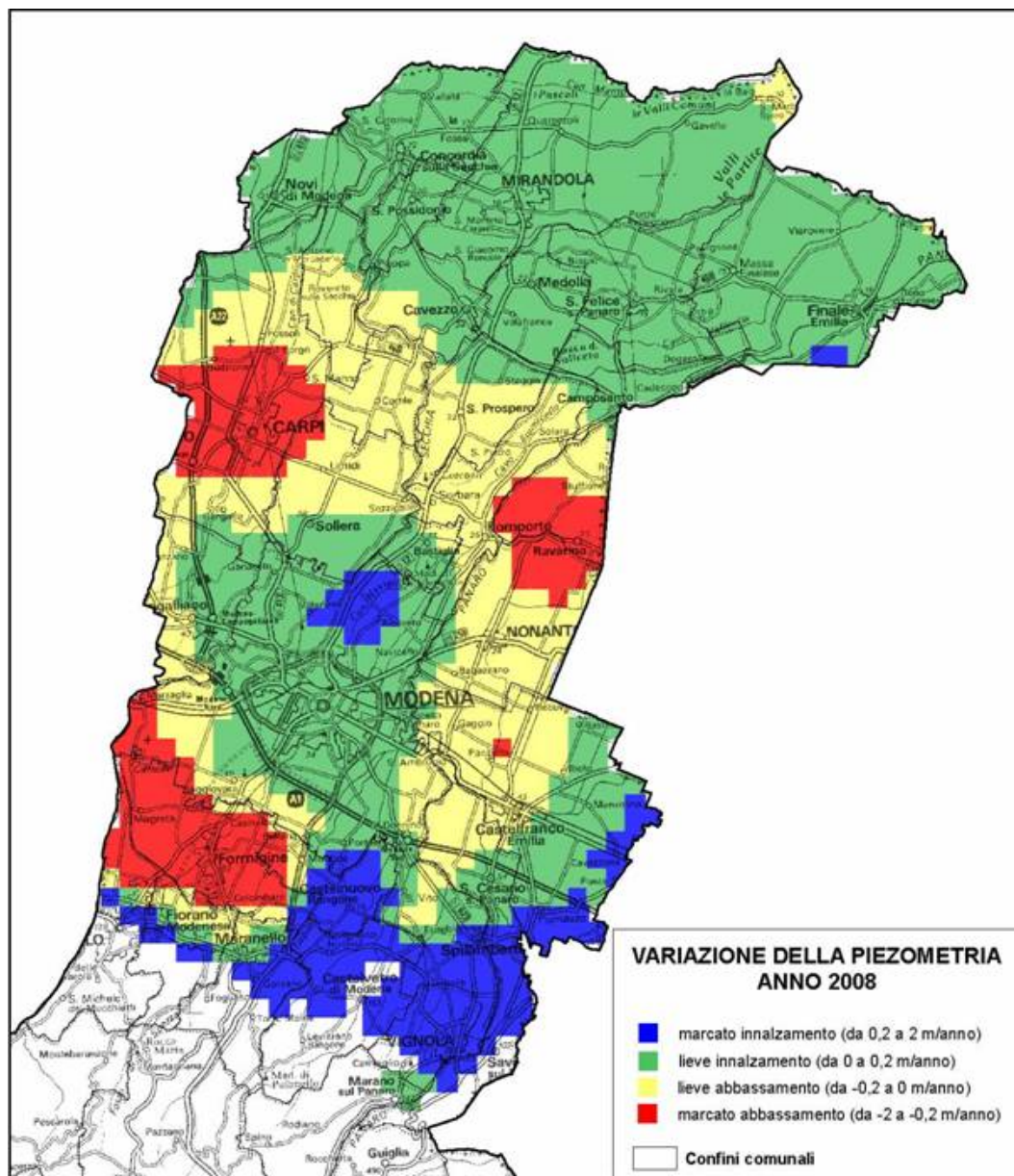


Figura 5 – Variazione piezometrica.

#### LA CLASSIFICAZIONE QUANTITATIVA

La classificazione quantitativa in termini di deficit e surplus idrico, rispecchia l'elaborazione spaziale della variazione piezometrica. Di conseguenza dalla classificazione quantitativa (Figura

6) emerge che per la maggior parte della conoide del fiume Panaro si registra una buona condizione di equilibrio idrogeologico (classe A), che identifica un buon bilanciamento tra emungimenti e velocità di ravvenamento della falda acquifera.

Ne fa eccezione l'area compresa tra Castelfranco, San Cesario e Modena, in cui si rilevano moderate condizioni di disequilibrio del bilancio idrico (classe B).

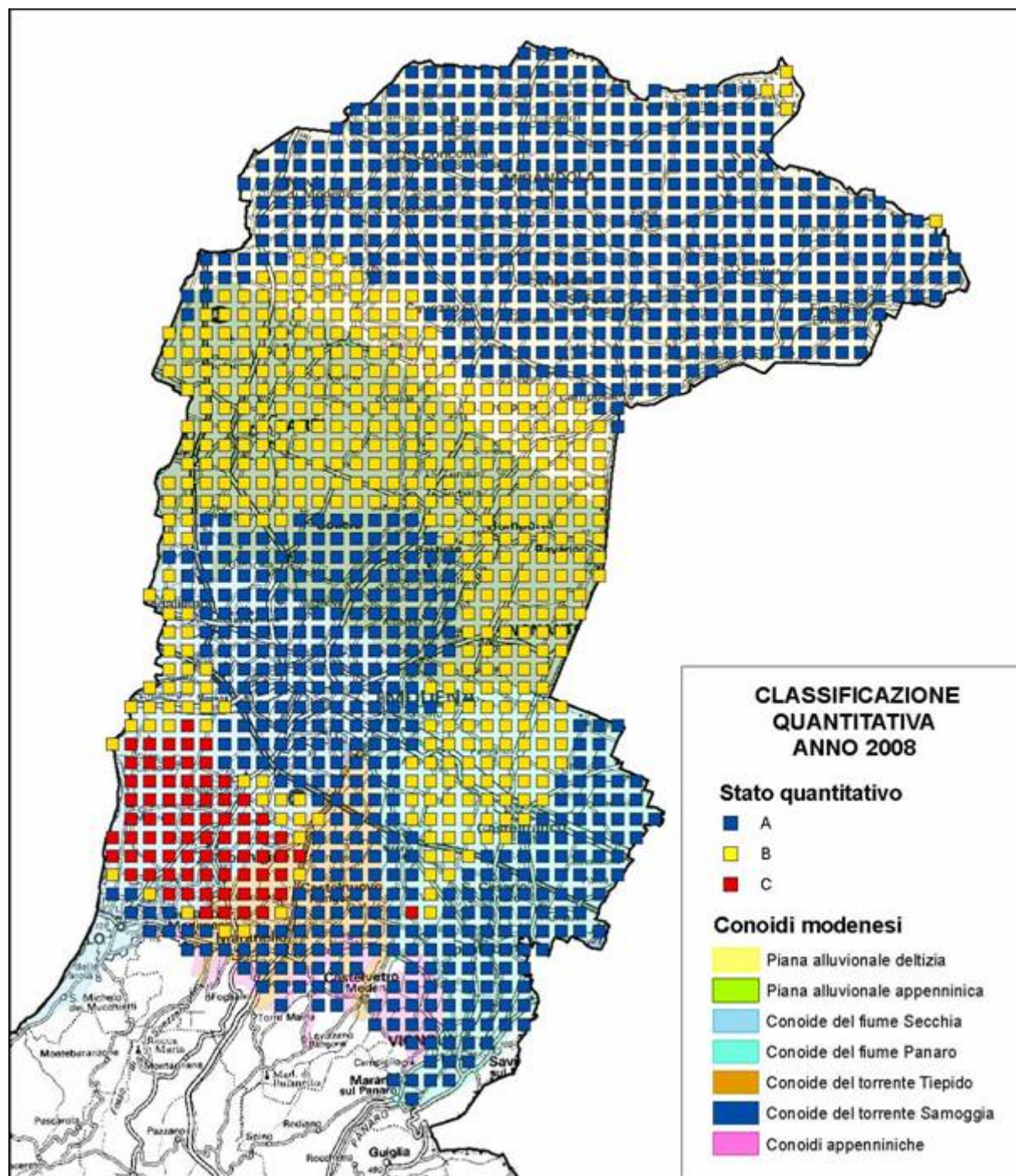


Figura 6– Classificazione quantitativa.

Nella conoide del fiume Secchia invece, si rileva un forte deficit idrico (classe C) in un vasto areale tra i comuni di Maranello, Formigine Sassuolo e Rubiera, in espansione rispetto alla precedente elaborazione. Nella conoide del torrente Tiepido, si registra una buona condizione di equilibrio idrogeologico (classe A); in quest'area sono praticamente assenti gli emungimenti ad uso acquedottistico per le scarse caratteristiche qualitative delle acque di falda. Anche nella



porzione distale della conoide del Secchia, fino alla piana alluvionale appenninica a nord di Modena, lo stato quantitativo della falda risulta in classe A.

In buona parte della piana alluvionale appenninica fino al margine della piana alluvionale deltizia, si registra un significativo peggioramento dello stato quantitativo dalla classe A alla classe B, rispetto alla precedente classificazione del 2005.

Nel restante territorio di pianura, l'impatto antropico risulta trascurabile o nullo, confermando un buon bilanciamento tra emungimenti e velocità di ravvenamento della falda acquifera (classe A).

## STATO AMBIENTALE DELLE ACQUE SOTTERRANEE (SAAS)

Di seguito si riporta la rappresentazione cartografica dello stato ambientale delle acque sotterranee derivante dalla sovrapposizione della classificazione chimica (stato qualitativo) e dello stato quantitativo della risorsa.

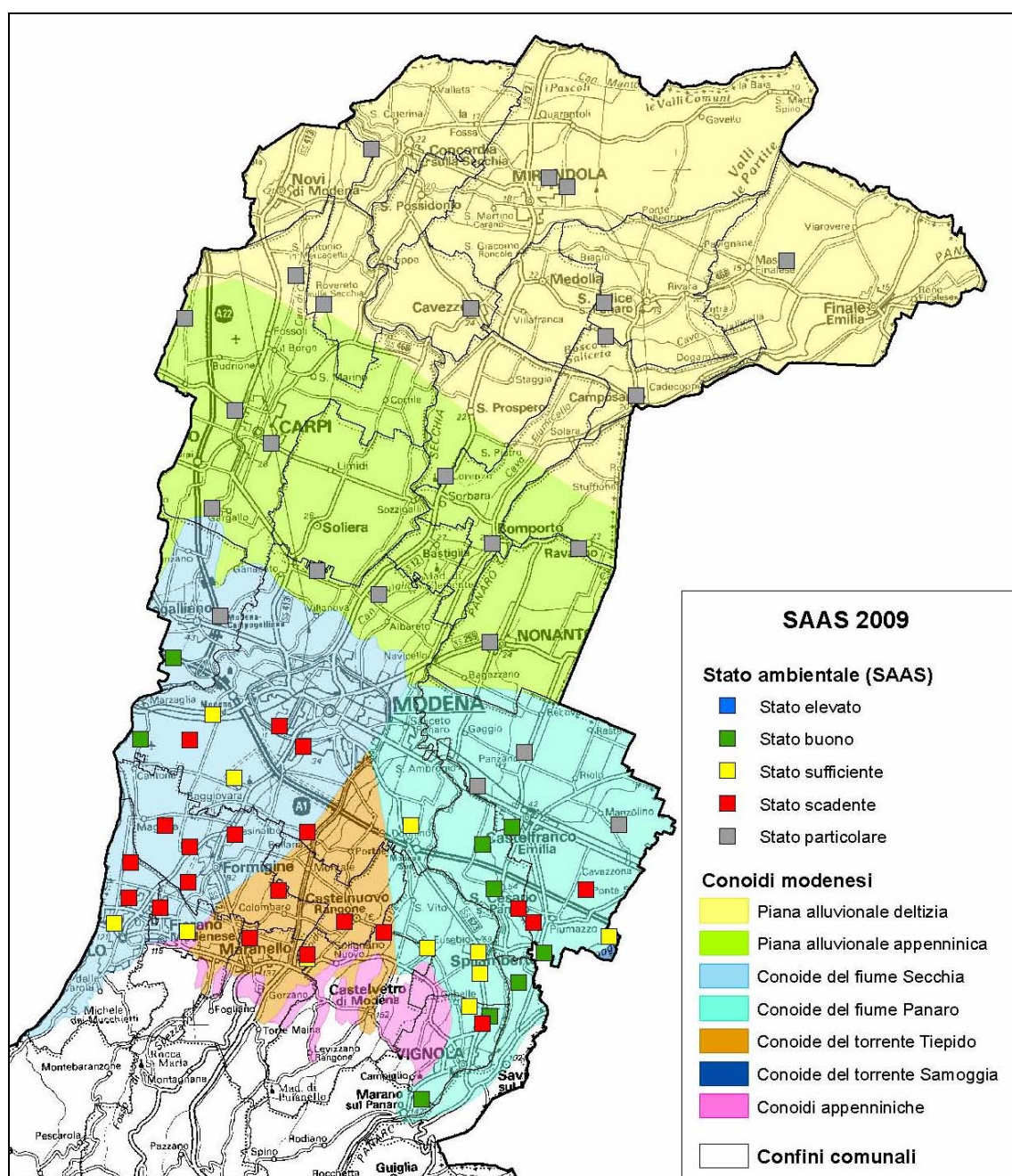
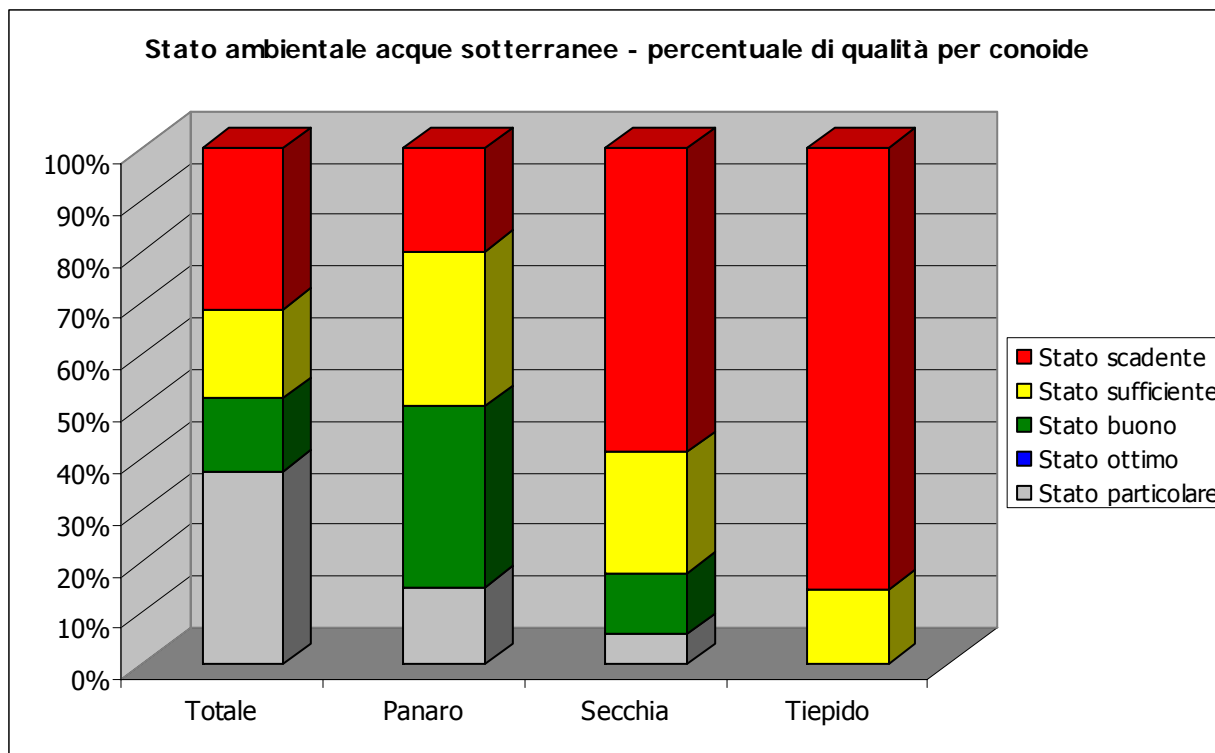


Figura 7 – Stato ambientale.

La normativa, nella individuazione dello stato ambientale, considera prevalente gli aspetti qualitativi delle acque, piuttosto che il ridotto disequilibrio idrogeologico. Ne consegue che lo stato ambientale risulta buono per il 35% delle acque nella conoide del Panaro, sufficiente per un altro 30% e scadente per un 20% (Figura 8).



**Figura 8** - Composizione percentuale delle diverse classi di stato ambientale Rete Regionale e per ciascuna conoide – anno 2009.

Per quanto attiene la conoide del fiume Secchia solamente il 12% dei pozzi presenta condizioni di buona qualità, mentre il 58% dei punti viene classificato in condizioni scadenti soprattutto a causa delle elevate concentrazioni di nitrati, ma anche del significativo deficit idrico; il 24% dei punti risulta in condizioni ambientali sufficienti.

I pozzi con qualità più scadente risentono, come già descritto, dell'influenza della conoide del Tiepido, in cui prevale l'alimentazione dalla superficie, con conseguente arricchimento di sostanze azotate, presentando acque di scarsa qualità.

L'elevato emungimento, associato alle condizioni qualitative non ottimali, fa sì che sia per la conoide del fiume Secchia, che per quella del torrente Tiepido prevalga lo stato ambientale scadente.

In relazione a quanto emerso dalla elaborazione dello stato ambientale della piana alluvionale appenninica e padana, tutti i punti di monitoraggio vengono classificati in uno stato ambientale naturale/particolare.

## CONCLUSIONI

Nella presente relazione si è cercato di approfondire ulteriormente la conoscenza qualitativa sulle acque sotterranee provinciali. L'analisi relativa alla presenza dei nitrati conferma quanto sottolineato nei precedenti report relativi agli anni 2001-2002, 2003-2004, 2005-2006 e 2007-2008, con un progressivo e costante avanzamento del fronte dell'isocona dei 50 mg/l, in particolare nell'area a sud di Modena. Il confronto tra le isocone del 1994, del 2000 del 2006 e quelle elaborate per il 2009 conferma e rafforza quanto precedentemente evidenziato.

La situazione descritta suggerisce ancora l'urgenza di predisporre ulteriori azioni che invertano il trend in crescita dei nitrati nelle acque sotterranee.

Anche per quanto riguarda gli aspetti quantitativi, la conoide del fiume Secchia ha presentato le maggiori criticità, evidenziando un vasto areale compreso tra i campi acquiferi più importanti della provincia, con forte deficit idrico, in significativa espansione rispetto alla precedente elaborazione del 2005.

Attraverso l'approvazione del Piano di Tutela delle acque Regionale e la redazione a livello provinciale della "Variante al PTCP in attuazione del PTA" ad oggi adottata con D.C.P. n. 110 del 18/07/07, sono stati prefigurati misure, azioni e programmi atti a ridurre le problematiche evidenziate, al fine del raggiungimento degli obiettivi dettati dalla normativa vigente.

In particolare per contrastare l'incremento dei nitrati nelle acque sotterranee, è stato istituito il gruppo di lavoro denominato "Tavolo Nitrati", che contribuirà alla redazione di un "Piano provinciale di risanamento delle acque sotterranee dall'inquinamento provocato dai nitrati" (art. 42B, comma 4, lett.c delle Norme di attuazione della Variante adottata) e avrà il compito specifico di individuare ulteriori azioni puntuali che contrastino le tendenze in atto.

