

**Acque sotterranee  
caratteristiche  
quali - quantitative  
anni 2007-2008**



## PREMESSA

Nella presente relazione vengono valutati i dati relativi all'attività di monitoraggio delle acque sotterranee in provincia di Modena, per gli anni 2007-2008.

Al fine di facilitare la lettura delle dinamiche relative agli aspetti quali - quantitativi delle falde acquifere, si riporta una breve descrizione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area indagata, aggiornata dagli studi condotti dal Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna in collaborazione con AGIP, sulla base dei quali è stata definita la rete di monitoraggio.

L'analisi valutativa del chimismo delle acque sotterranee è stata preceduta anche da una sintetica descrizione delle caratteristiche idrochimiche delle acque di alimentazione dei corpi idrici superficiali.

## ASPETTI IDROGEOLOGICI

La pianura modenese si sviluppa ai piedi dell'Appennino settentrionale, delimitata lateralmente dai fiumi Secchia e Panaro. L'apice si raccorda con il solco vallivo intercollinare a quote comprese fra 120 e 150 metri, in cui affiorano le successioni argillose del ciclo plio-pleistocenico che in pianura rappresentano il substrato delle alluvioni pleistoceniche superiori e oloceniche costituenti la pianura e la sede dell'acquifero principale.

Il passaggio tra la sedimentazione marina e quella continentale, è contraddistinto da depositi di transizione quali sabbie e ghiaie di ambiente litorale e da peliti sabbiose e ghiaie di delta.

Poiché il ritiro delle acque dell'antico golfo padano è avvenuto con movimenti alterni causati sia dalle glaciazioni che dai movimenti tettonici succedutesi nel Quaternario e che hanno determinato sollevamenti della catena appenninica e subsidenza nella pianura, la deposizione dei sedimenti è costituita da depositi marini alternati a continentali.

Procedendo in direzione del fronte, individuabile all'altezza della via Emilia, il materiale più grossolano si intercala a peliti sempre più potenti con una graduale transizione verso i sedimenti più fini. Le peliti sono riconducibili sia al sistema deposizionale della conoide stessa che al sistema di sedimentazione della piana alluvionale, che si sviluppa sia al fronte che ai lati delle conoidi stesse. E' da segnalare inoltre come le conoidi più recenti, collocabili posteriormente al Neolitico, si presentano asimmetriche rispetto l'attuale corso dei corpi idrici, poiché questi ultimi sono migrati nel tempo verso occidente (Figura 1).

La conoide del fiume Secchia con apice presso Sassuolo, è lunga circa 20 km ed ha una larghezza massima di 14 km con pendenze dallo 0,7% allo 0,3% nella parte terminale; la conoide del fiume Panaro dall'area apicale di Marano-Vignola, si sviluppa longitudinalmente per 15 km e presenta una larghezza al fronte di 8 km, la pendenza è pressoché coincidente all'altra unità idrogeologica.

Collocate fra le conoidi dei due corpi idrici principali, si individuano le conoidi della rete idrografica minore: torrente Fossa di Spezzano, torrente Tiepido, torrente Guerro, torrente Nizzola, torrente Grizzaga, con contenuti ridotti di ghiaie, intercalate da abbondanti matrici limose che condizionano sensibilmente la trasmissività dell'acquifero.

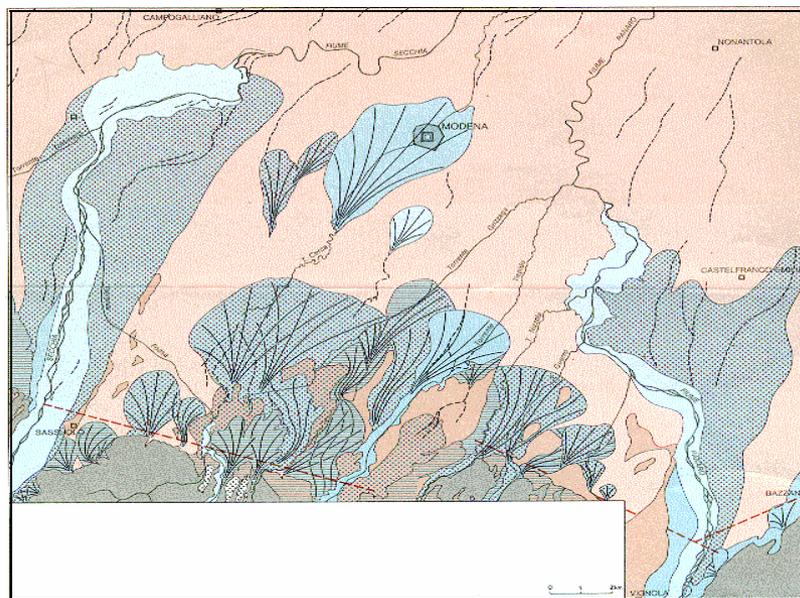
Oltre il fronte delle conoidi abbiamo la piana alluvionale delimitata a nord dal fiume Po. E' caratterizzata da depositi fini o finissimi costituiti da limi e argille, con cordoni sabbiosi disposti parallelamente ai corsi d'acqua, mentre in prossimità del Po le alluvioni si presentano a granulometria grossolana, essendo dovute agli apporti prevalenti del fiume stesso.

Idrogeologicamente sono pertanto riconoscibili cinque unità differenziate: conoide del fiume Secchia, conoide del fiume Panaro, conoidi dei torrenti minori (torrente Tiepido), piana alluvionale appenninica e piana alluvionale deltizia di dominio alluvionale del fiume Po.

L'alimentazione degli acquiferi avviene principalmente per penetrazione di acque meteoriche dalla superficie, in corrispondenza dell'affioramento di terreni permeabili o per infiltrazione di acque fluviali dai subalvei; in subordine avviene uno scambio di acque tra diversi livelli acquiferi, tra di loro separati da strati di terreni semipermeabili, per fenomeni di drenanza con le unità idrogeologiche confinanti.

Il sistema acquifero principale si può definire di tipo monostrato a falda libera in prossimità del margine appenninico, che diviene compartimentato con falde in pressione procedendo verso nord.

Le parti apicali delle conoidi principali, conseguentemente alla tipologia della loro composizione litologica, sono caratterizzate da elevata vulnerabilità all'inquinamento, ma nel contempo l'alimentazione dell'acquifero da parte delle acque superficiali è tale da attenuare la permeazione dei carichi inquinanti, conferendo caratteristiche di buona qualità alle acque di falda che riproducono la facies idrochimica delle acque di alimentazione.



**Figura 1** - Da carta della litologia di superficie (Gelmini-Paltrinieri 1988).

Nel corpo centrale delle conoidi la prima falda è generalmente separata dalla superficie e da quella più profonda da un'alternanza di depositi a granulometria fine quali argille, limi e sabbie fini. La compartimentazione dell'acquifero in un sistema multistrato porta ad una differenziazione fra le parti inferiori e superiori dell'acquifero superficiale. Gli acquitardi comunque, anche se spessi 20-25 metri, non riescono ad assicurare una totale protezione dall'inquinamento antropico, ma solo una parziale attenuazione, anche in relazione alla grande densità dei pozzi che favorisce la interconnessione delle falde. In questa area, pur gravata da numerosi e rilevanti centri di pericolo causa l'elevata pressione antropica, stante l'elevato spessore degli acquiferi e la naturale protezione, sono localizzati i maggiori e strategici prelievi di acque sotterranee dell'intera provincia.

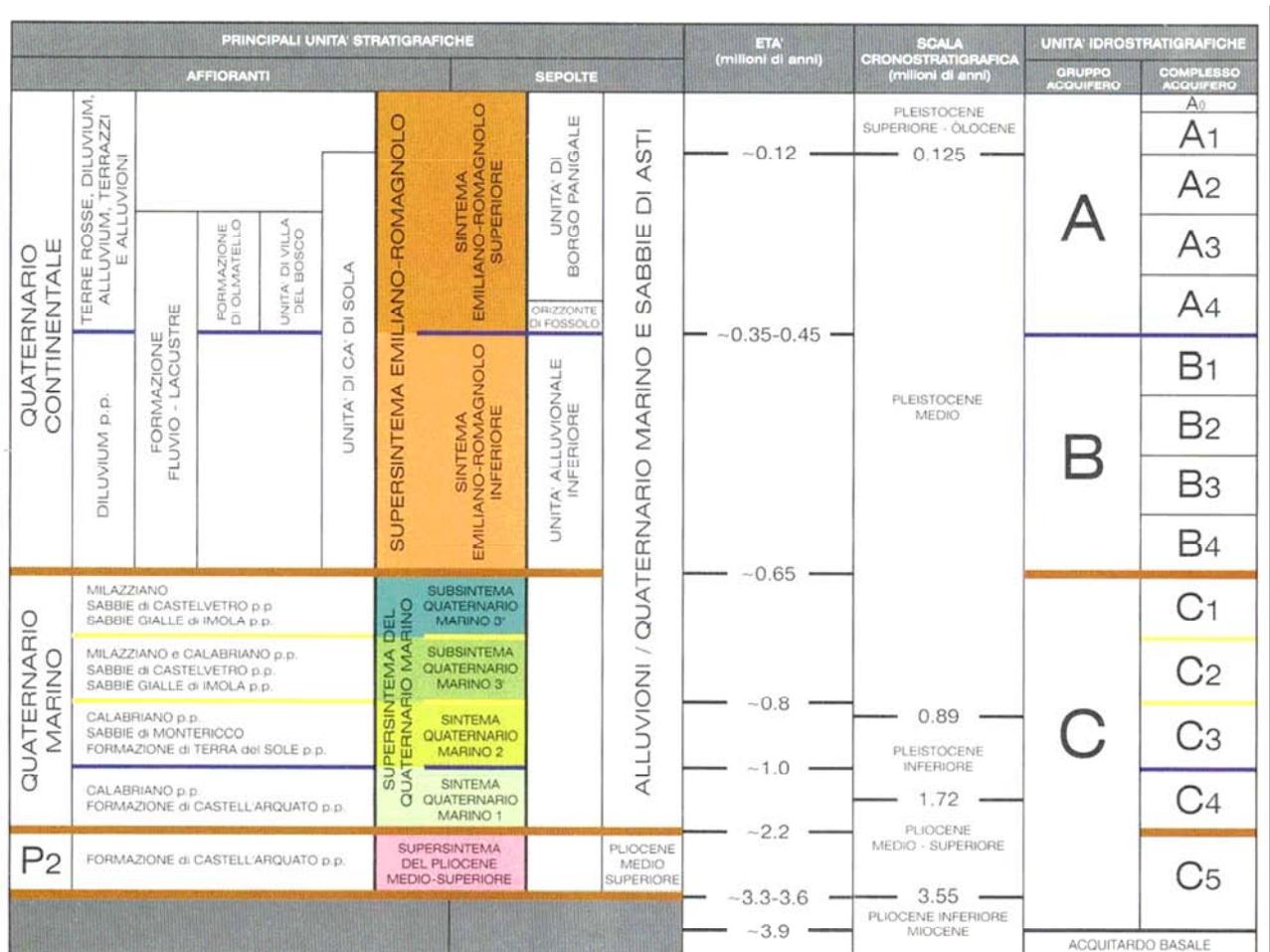
Le conoidi dei torrenti minori si caratterizzano per la presenza di acquiferi di modesta entità e, a seguito della limitata circolazione idrica e dell'elevata pressione antropica generata da numerose fonti inquinanti sia diffuse che puntuali, presentano una scadente qualità delle acque.

Oltre il fronte delle conoidi all'altezza della via Emilia, fino alla direttrice Novellara-Finale Emilia, gli acquiferi sono molto profondi e scarsamente alimentati dalla superficie topografica, causa la ridotta presenza di litotipi permeabili. Conseguentemente le acque sotterranee sono caratterizzate da un potenziale ossidoriduttivo negativo che comporta la conversione delle forme ossidate, quali i Solfati ed i Nitrati, in forme ridotte. Si innescano inoltre processi di dissoluzione e deassorbimento con significative mobilitazioni delle forme

ossidate del Ferro e Manganese allo stato ridotto. Questi acquiferi sono ulteriormente caratterizzati da un elevato contenuto in materia organica e di altri ioni riconducibili alla matrice argillosa fra i quali Fluoro, Boro, Zinco e Arsenico.

Infine gli acquiferi della bassa pianura dalla direttrice Novellara-Finale Emilia al fiume Po sono costituiti da falde in depositi sabbiosi e ghiaiosi del fiume Po. In questo areale, per la presenza della struttura sinclinale sepolta della "Dorsale Ferrarese", il substrato marino pre-pleistocenico è a soli 80 metri dal piano campagna condizionando fortemente la facies delle acque sotterranee per la risalita delle acque salate marine. Si riscontrano pertanto acque salate del fondo accanto a acque dolci di alimentazione dal fiume Po, tali da rendere quanto mai problematica la ricerca e lo sfruttamento della risorsa idrica. In questa area è frequente lo sfruttamento degli acquiferi sospesi di tipo freatico, completamente separati dall'acquifero principale e caratterizzati da acque di scadente qualità.

Lo studio geologico del sottosuolo della pianura emiliano romagnola, a cura del Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna in collaborazione con AGIP, ha portato alla realizzazione del volume "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna" (RER & ENI AGIP 1998) con la definizione dello schema stratigrafico (Figura 2). Alle unità stratigrafiche individuate, corrispondono altrettante unità idrostratigrafiche denominate Gruppi Acquiferi Principali A, B e C, sedi degli acquiferi utili e a loro volta suddivisi in 13 unità idrostratigrafiche inferiori denominate complessi acquiferi.



**Figura 2** - Schema stratigrafico del margine appenninico e della pianura emiliano – romagnola.

Si riportano i dettagli relativi alle sezioni geologiche fornite dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli RER riferite alle conoidi alluvionali appenniniche del Fiume Panaro e Fiume Secchia (Figura 3 e Figura 4).

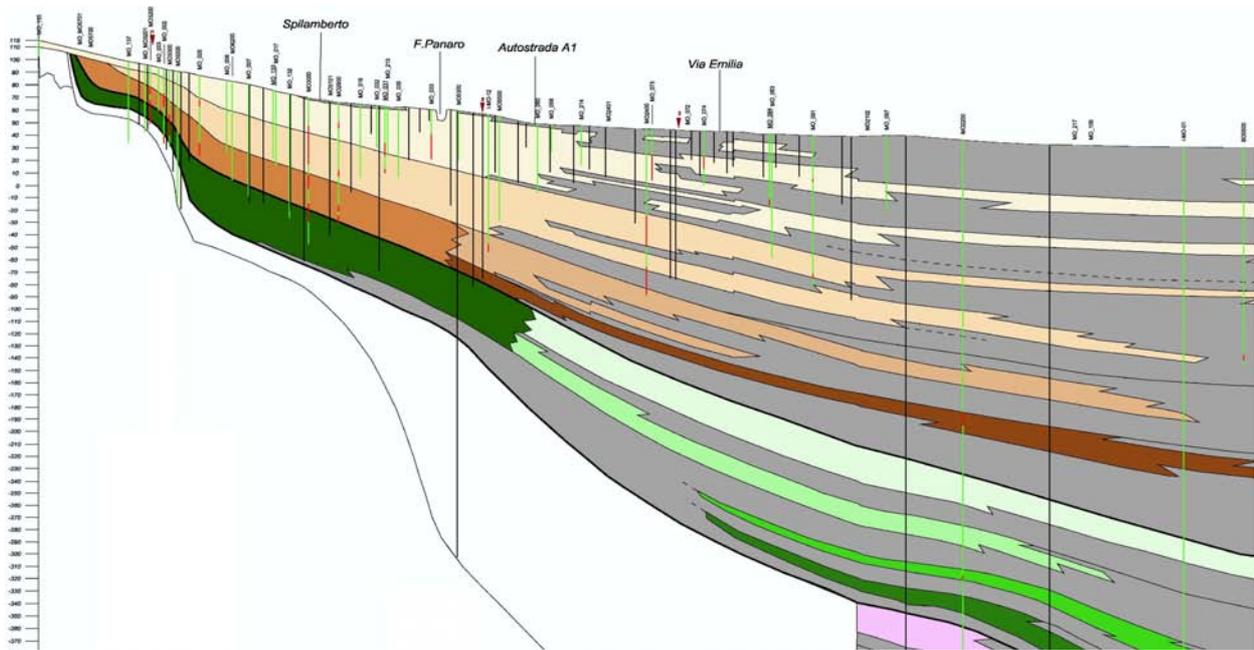


Figura 3 – Sezione geologica fiume Panaro.

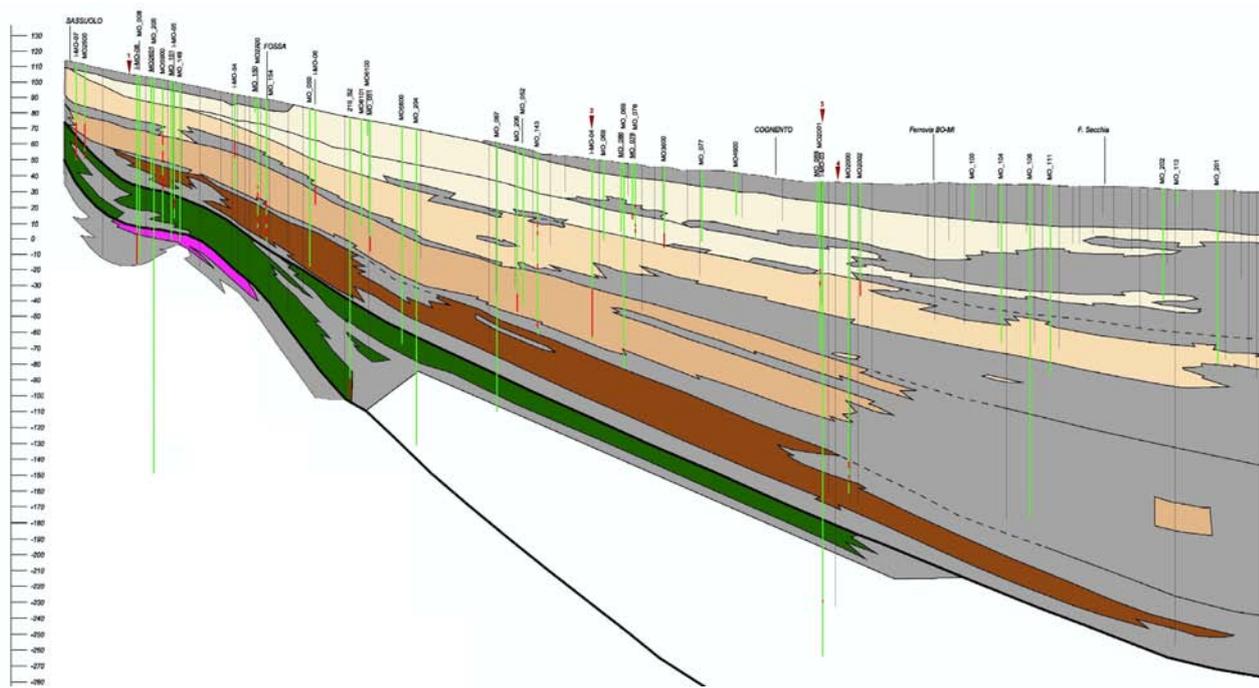


Figura 4– Sezione geologica fiume Secchia.

## LA QUALITA' DELLE ACQUE SUPERFICIALI DI ALIMENTAZIONE

Dall'analisi delle carte dell'andamento piezometrico e dalla lettura delle isocone dei diversi parametri qualitativi caratterizzanti le falde della pianura modenese, appare più che evidente il ruolo primario dell'alimentazione diretta dei due corsi d'acqua principali in relazione al livello qualitativo delle acque sotterranee. Risulta pertanto essenziale l'acquisizione degli elementi cognitivi riferiti alla caratterizzazione chimica dell'idrografia di superficie.

Il reticolo idrografico provinciale è orientato da sud-ovest a nord-est nel senso delle direttrici delle vallate appenniniche e trasversalmente alle direttrici tettoniche. L'attuale percorso dei fiumi è il prodotto di numerose modificazioni sia naturali che artificiali che hanno provocato nel tempo un progressivo spostamento verso Ovest; pertanto i corpi idrici principali Secchia e Panaro si collocano nei confronti delle rispettive conoidi nel margine più occidentale. Nelle zone comprese tra i due corsi d'acqua principali, rivestono particolare importanza altri corpi idrici minori quali il torrente Fossa di Spezzano e il torrente Tiepido.

Il contributo dei fiumi Secchia e Panaro nella dinamica di alimentazione degli acquiferi, sulla base dell'equilibrio fra quote piezometriche della falda e altezza idrometrica dei corpi idrici, lo si può considerare positivo e quindi alimentante fino all'altezza di Rubiera, per il fiume Secchia, e fino a San Cesario s.P. per il fiume Panaro. Sulla base di queste considerazioni si riportano le caratteristiche delle acque di alimentazione degli acquiferi riferite alle stazioni di riferimento presenti nel tratto in cui il fiume esercita la sua massima azione disperdente.

### FIUME PANARO

Il livello qualitativo delle acque del fiume Panaro risulta sicuramente elevato, con bassi valori di durezza e di salinità associati a concentrazioni ridotte di sostanze azotate ( $N_{NO_3} < 1,0$  mg/l corrispondenti a  $NO_3^- < 4,5$  mg/l). Conseguentemente il fiume esercita un'azione di mitigazione sulla presenza dei nitrati nelle acque sotterranee (Tabella 1).

Parametri	P.te Chiozzo		Ponte di Marano		Ponte di Spilamberto	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
pH	8,3	8,3	8,3	8,2	8,2	8,2
Durezza °F	14,2	14,7	14,5	17,8	15,7	17,3
Conducibilità uS/cm	265	238	289	295	301	322
B.O.D. <sub>5</sub> mg/l	2*	2*	2*	2*	2*	2*
C.O.D. mg/l	4*	4*	4*	4*	5	5
Fosforo totale (P) mg/l	0,02	0,01*	0,01	0,01	0,04	0,03
Azoto ammoniacale (N) mg/l	0,03	0,01*	0,03	0,02	0,07	0,03
Azoto nitrico (N) mg/l	0,4	0,3	0,3	0,1*	0,3	0,1*
<b>Nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mg/l</b>	<b>1,8</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>0,2*</b>	<b>1,3</b>	<b>0,2*</b>
Solfati (SO <sub>4</sub> ) mg/l	22,0	6,0	26,5	26,8	27,9	29,5
Cloruri (Cl) mg/l	5,5	21,3	9,8	7,9	12,0	9,5
Escherichia coli U.F.C.	474	253	514	343	1.266	3.015
Enterococchi U.F.C.	n.d.	n.d.	126	180	406	831

**Tabella 1**– Idrochimica delle stazioni del fiume Panaro. I valori riportati sono riferiti alle medie al 95esimo percentile degli anni 2007-2008.

\* coincidente al limite di rilevabilità

n.d. parametro non determinato

## FIUME SECCHIA.

Il fiume Secchia, in località Gatta, raccoglie *le Sorgenti del Mulino di Poiano* fortemente marcate dal loro passaggio in lenti gessose del Triassico, tali da caratterizzare significativamente sia il chimismo delle acque del fiume che delle falde acquifere da esso alimentate. La zona di ricarica del sistema acquifero sotterraneo è anche in questo caso riferibile all'area pedecollinare. Per la caratterizzazione del chimismo delle acque di alimentazione della conoide sottesa si riportano i dati idrochimici e microbiologici delle stazioni poste a Lugo, Castellarano e Rubiera (Tabella 2).

Parametri	Lugo		Traversa di Castellarano		Ponte di Rubiera	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
pH	8,2	8,1	8,2	8,2	8,1	8,2
Durezza °F	44,5	39,7	42,0	39,4	34,2	34,5
Conducibilità uS/cm	1.500	1.334	1.375	1.318	1.156	1.141
B.O.D. <sub>5</sub> mg/l	2*	2*	2*	2*	3	3
C.O.D. mg/l	4	4	4*	4*	13	9
Fosforo totale (P) mg/l	0,01*	0,02	0,01	0,02	0,13	0,06
Azoto ammoniacale (N) mg/l	0,03	0,02*	0,02	0,02*	0,20	0,16
Azoto nitrico (N) mg/l	0,3	0,1*	0,4	0,1*	0,6	0,1*
<b>Nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mg/l</b>	<b>1,3</b>	<b>0,2*</b>	<b>1,8</b>	<b>0,2*</b>	<b>2,7</b>	<b>0,2*</b>
Solfati (SO <sub>4</sub> ) mg/l	289,7	251,8	256,8	242,8	227,0	200,4
Cloruri (Cl) mg/l	296,5	248,8	259,5	238,5	202,5	194,5
Escherichia coli U.F.C.	515	615	527	430	2.533	2.088
Enterococchi U.F.C.	285	279	253	240	1.103	905

**Tabella 2** – Idrochimica delle stazioni del fiume Secchia. I valori riportati sono riferiti alle medie al 95esimo percentile degli anni 2007-2008.

\* coincidente al limite di rilevabilità.

In relazione alle sostanze azotate anche questo corpo idrico esercita un'incisiva azione di diluizione per questo parametro così diffusamente veicolato in falda con le dispersioni dalla superficie topografica.

## TORRENTI FOSSA DI SPEZZANO E TRESINARO

Le analisi eseguite sui torrenti Fossa di Spezzano e Tresinaro, prima di confluire in Secchia, evidenziano caratteristiche idrochimiche scadenti, con valori di sostanze azotate maggiori rispetto al fiume Secchia (Tabella 3).

Parametri	Torrente Fossa		Torrente Tresinaro	
	2007	2008	2007	2008
pH	8,1	8,2	8,0	8,0
Durezza °F	42,0	41,5	39,0	36,7
Conducibilità uS/cm	1.442	1.320	1.224	1.058
Fosforo tot. (P) mg/l	0,82	0,43	1,03	0,48
Azoto ammoniacale (N) mg/l	0,97	0,28	6,02	3,66
Azoto nitrico (N) mg/l	5,0	0,1	1,1	0,2
<b>Nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mg/l</b>	<b>22,1</b>	<b>0,2</b>	<b>4,9</b>	<b>0,9</b>
Solfati (SO <sub>4</sub> ) mg/l	206,1	194,9	191,8	172,7
Cloruri (Cl) mg/l	241,5	207,0	161,2	118,1

**Tabella 3** – Idrochimica degli affluenti del fiume Secchia, torrenti Fossa di Spezzano e Tresinaro. I valori riportati sono riferiti alle medie al 95esimo percentile degli anni 2007-2008.

## TORRENTE TIEPIDO

Le caratteristiche idrochimiche del torrente Tiepido presentano bassi valori di durezza e conducibilità nella stazione di monte in località Sassone, per poi incrementare scendendo verso la foce, analogamente a quanto si rileva per le sostanze azotate, cloruri e solfati.

Parametri		Sassone		Portile		Fossalta	
		2007	2008	2007	2008	2007	2008
pH		8,4	8,4	8,5	8,4	8,2	8,0
Durezza	°F	27,7	26,8	33,8	29,0	32,3	31,6
Conducibilità	μS/cm	583	537	898	751,0	1.054	972,0
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	0,07	0,02	0,08	0,02	0,80	1,45
Azoto nitrico (N)	mg/l	1,1	1,1	3,1	1,2	3,7	3,7
<b>Nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	<b>mg/l</b>	<b>4,9</b>	<b>5,3</b>	<b>13,7</b>	<b>5,2</b>	<b>16,4</b>	<b>16,2</b>
Solfati (SO <sub>4</sub> )	mg/l	56,5	51,5	111,0	93,7	68,0	159,5
Cloruri (Cl)	mg/l	30,5	31,0	111,5	90,7	169,5	67,8

**Tabella 4** – Idrochimica del torrente Tiepido nelle stazioni delle località Sassone, Portile, Fossalta. I dati riportati sono riferiti al valore medio degli anni 2007 e 2008.

# per cause di regime idrologico, è stata eseguita solo una campagna di monitoraggio.

Sono evidenti livelli di sostanze azotate elevati, rappresentativi di uno squilibrio fra carichi sversati e capacità autodepurativa naturale.

## 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 redistribuzione 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 63 pozzi inseriti nella rete Regionale (I grado), integrati da una rete di dettaglio Provinciale (II grado) costituita da 12 pozzi (revisione effettuata per l'anno 2005) (Figura 39). La sovrapposizione dei punti di misura alla sezione idrostratigrafica ha permesso, per singolo pozzo, l'attribuzione del gruppo acquifero monitorato (Figura 40). Nella tabella sottoriportata sono indicati i pozzi suddivisi per gruppo/complesso acquifero.

Gruppo acquifero	N°
<b>A</b>	57
<b>A+B</b>	7
<b>A+B+C</b>	8
<b>B+C</b>	1
<b>C</b>	1
<b>Alveo</b>	1

Nel 2009 in attuazione della Direttiva 2006/118/CE, è stato emanato a livello Nazionale il D.Lgs. 30, che prevede nuovi criteri per l'identificazione dei corpi idrici sotterranei, gli standard di qualità e i valori soglia dei parametri individuati per la valutazione qualitativa delle acque di falda, nonché i criteri per la classificazione dello stato quali-quantitativo delle acque sotterranee. In ottemperanza alla normativa vigente, per il 2010 verrà pertanto ridefinita la rete di monitoraggio delle acque sotterranee in relazione ai complessi idrogeologici che verranno individuati sul territorio regionale.

Nella presente relazione, l'analisi quali-quantitativa è stata condotta analizzando le carte tematiche prodotte, valutando le distribuzioni areali di alcuni parametri descrittivi il 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 effettuata 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.

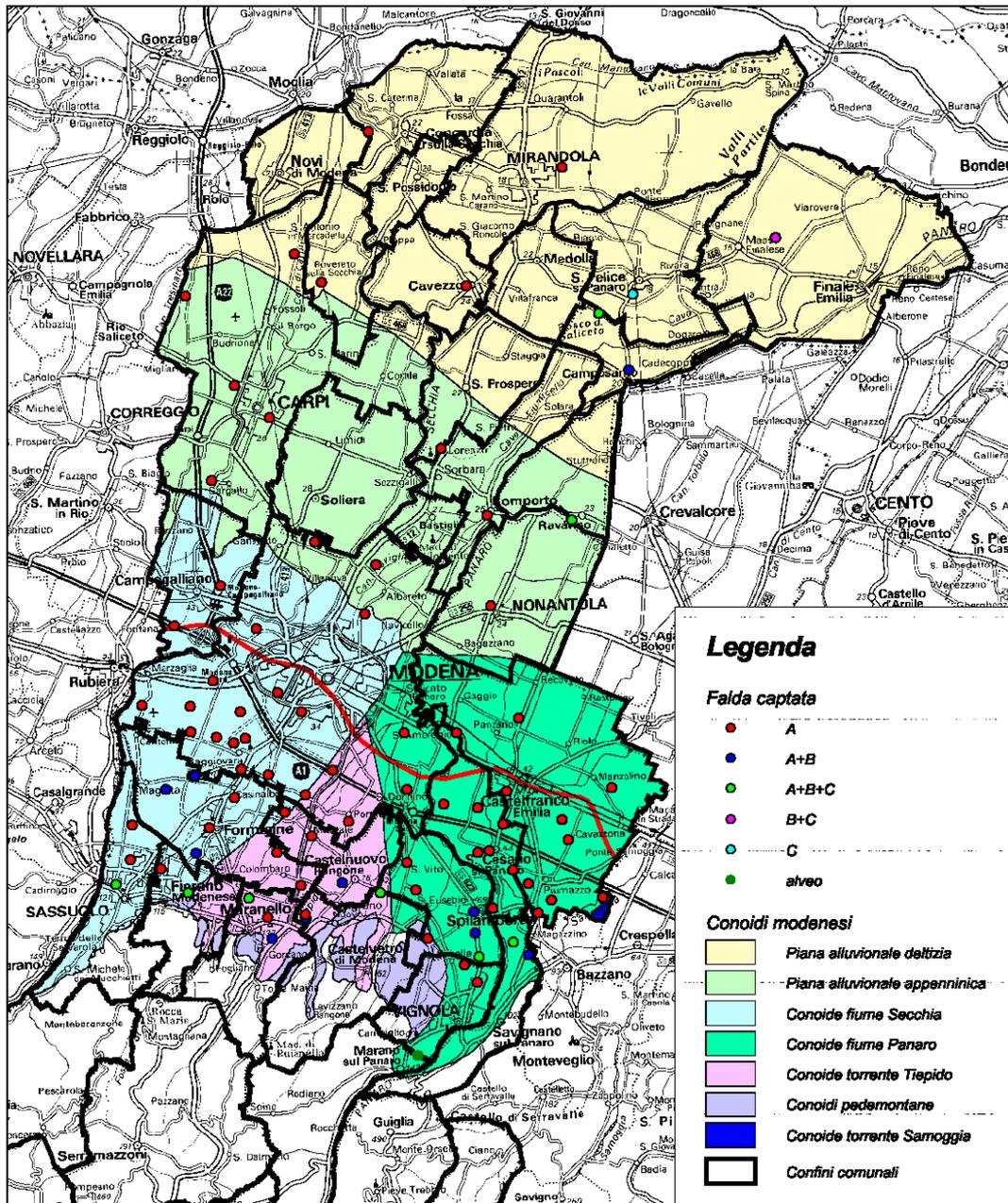


Figura 5 – Acquiferi captati.

## 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 nel D.Lgs. 152/99 e ss.mm.ii.. In particolare i dati provenienti dalla rete costituiscono la base informativa fondamentale per verificare gli obiettivi di qualità fissati dagli artt. 76 e 77 del D.Lgs.152/06 e per valutare gli effetti indotti dal Piano di Tutela delle Acque previsto dagli strumenti normativi.

La rete di monitoraggio assume anche un ruolo specifico per la verifica dello stato di inquinamento delle acque, in particolare deve essere indirizzata al controllo dello stato naturale, quale ad esempio la verifica della presenza di ferro, manganese, ammoniaca o arsenico, nelle aree a ridotto scambio idrico ove si verifica un carico di ioni metallici dalla matrice solida degli acquiferi.

Anche lo screening analitico è stato differenziato aumentando il carico di analisi per una parte di stazioni ritenute rappresentative degli acquiferi monitorati, diminuendo al contempo alcune misure laddove non si era mai verificata contaminazione antropica, ovvero nelle zone a minor pregio della risorsa idrica.

A pozzi ritenuti di importanza prioritaria, altamente significativi per la qualità delle acque del sistema, viene effettuato uno screening analitico completo che include tutte le determinazioni indicate dal D.Lgs.152/99 e ss.mm.ii.. I parametri da analizzare in prima istanza sono tutti quelli indicati nella Tabella 5. Ad un secondo gruppo riguardante pozzi di particolare importanza ricadenti in corpi idrici prioritari (conoidi principali) viene applicato uno screening esteso, integrato dalla ricerca delle sostanze prioritarie e pericolose individuate dalla direttiva 2455/2001/CE Tabella 5. Per i restanti pozzi ricadenti in corpi idrici prioritari viene applicato uno screening analitico parzialmente semplificato Tabella 5. Per i pozzi ricadenti in corpi idrici di interesse, con stato chimico non di pregio viene applicato uno screening semplificato Tabella 5.

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)	- Metolaclor (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)	Etiliterbutiletere (µg/l)	
	Boro (µg/l)	Altre Sostanze pericolose Decisione 2455/2001/CE	
	Parzialmente semplificato	Cromo tot. (µg/l)	
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)	
Aereomonas (UFC)		Mercurio e composti (µg/l)	
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 5** – Screening analitici da effettuare per ciascun gruppo di pozzi.

L'analisi idrochimica delle acque di falda viene effettuata attraverso la valutazione delle distribuzioni areali di alcuni 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 dell'acquifero; viene eseguita, inoltre, anche la misura del livello piezometrico al fine di valutarne gli aspetti quantitativi.

## CARATTERIZZAZIONE IDROCHIMICA

Di seguito si riportano le descrizioni delle distribuzioni spaziali dei principali parametri analizzati e le rappresentazioni cartografiche maggiormente rappresentative dell'acquifero modenese. 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 2008 oscilla da un minimo di 13°C ad un massimo di 19°C, coerentemente con quanto rilevato negli anni passati (Figura 48).

### Conducibilità elettrica specifica.

Indice del contenuto salino delle acque (Figura 50), differenzia chiaramente le aree influenzate dal fiume Secchia, (1.000-1.300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) da quelle alimentate dal fiume Panaro (500-800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). 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 1.800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 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 (45-65°F); nella conoide del fiume Secchia riconducibile alla permeazione delle acque salso-solfate di Poiano, mentre nella zona intermedia dell'alta pianura si segnalano concentrazioni ancora più rilevanti per effetto dell'azione della CO<sub>2</sub> di origine batterica su materiale calcareo. Si sottolinea come in questa area il dilavamento del terreno agrario porti al concomitante incremento dei bicarbonati, nitrati e 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 (20° 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, in relazione ad un pregresso, ma ancora influente, effetto di inquinamento (Spilamberto, anno 1977, infiltrazione di sostanze acide).

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, il livello di durezza delle falde si incrementa nuovamente raggiungendo valori elevati (anche oltre i 65-70 °F), riconducibili ad acque evolute che nel tempo, a seguito di processi di scambio ionico, hanno subito modificazioni della facies idrochimica (Figura 51).

### Solfati e Cloruri

Questi due parametri presentano un andamento analogo (Figura 52 e Figura 53), direttamente correlabile all'alimentazione e all'idrochimica fluviale dei due corpi idrici superficiali principali (fiume Secchia: Solfati pari a 140-220 mg/l e Cloruri pari a 100-160 mg/l; fiume Panaro: Solfati al di sotto dei 100 mg/l e Cloruri inferiori a 30-40 mg/l). Nella media pianura, a seguito delle condizioni redox degli acquiferi, si riscontra una netta diminuzione della concentrazione dei Solfati (forme ridotte dello Zolfo). 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 100-280 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 54). 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 1,5-2,5 mg/l, con valori massimi difficilmente superiori ai 5 mg/l. L'andamento delle isocone risulta comunque irregolare e scarsamente significativo (Figura 55). 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 56 e Figura 57). 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 gli andamenti delle isocone dei nitrati rilevati nel biennio precedente, rileva una costanza 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 ovest nella conoide del fiume Secchia, sia in direzione dei campi acquiferi di Marzaglia che più a sud in direzione del campo acquifero di Magreta, ampliando l'areale con concentrazioni superiori al limite di potabilità; un ulteriore lieve ampliamento delle aree a concentrazioni superiori al limite di potabilità, si rinviene nel territorio verso il confine bolognese tra Piumazzo e Castelfranco Emilia. L'analisi su un arco temporale più ampio, dal 1994 al 2008 (Figura 58 e Figura 59), evidenzia 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 più a nord della bassa pianura, la cui origine è riconducibile alle trasformazioni biochimiche delle sostanze organiche diffuse o concentrate sottoforma di torba nel serbatoio acquifero (Figura 62).

### 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 63 e Figura 64). 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. È la sua forma ridotta ( $Fe^{++}$ ) ad essere solubile, mentre allo stato ossidato ( $Fe^{+++}$ ) 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 mobilitano 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 di quanto si può dedurre dalla distribuzione areale di questo elemento, la presenza è correlabile alla matrice argilloso-limosa del serbatoio acquifero. Nell'area pedecollinare nell'intorno di Sassuolo anche per l'anno 2008, si conferma una costanza delle concentrazioni di Boro rispetto al precedente triennio (Figura 65).

### Composti organo-alogenati volatili.

Se ne evidenzia una distribuzione pressoché ubiquitaria nella zona pedecollinare (Figura 67), riconducibile, in un'area ad elevata permeabilità, all'intensa pressione antropica di diffusi insediamenti industriali-artigianali. Per l'anno 2008, si riscontra di nuovo un allargamento dell'area interessata dall'inquinamento di composti organo-alogenati rispetto a quanto rilevato nel 2006; in particolare si segnala la presenza di tricloroetilene e tetracloroetilene (Figura 68 e Figura 69).

### Metalli

La ricerca di numerosi metalli quali Cadmio, Cromo, Cobalto, Nichel, Piombo e Mercurio ha evidenziato in alcuni casi la presenza a livelli di concentrazione 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 e quindi a livelli di concentrazione ben al di sotto della soglia di attenzione sia ambientale che sanitaria.

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; è comunque da escludersi la possibilità di avvenuta contaminazione antropica.

### Fitofarmaci

La ricerca di oltre 80 principi attivi nelle acque sotterranee della rete Regionale oltre che sui pozzi di alimentazione acquedottistica presenti nel territorio provinciale, per il 2008 non ha evidenziato la presenza di fitofarmaci, in concentrazione superiore al limite di rilevanza 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.

## I NITRATI NELLE ACQUE SOTTERRANEE

I dati relativi ai monitoraggi effettuati sulle reti Regionale e Provinciale hanno confermato il trend tendenzialmente in crescita delle concentrazioni di nitrati, nell'area di alta pianura, relativa alle conoidi dei fiumi Secchia e Panaro e del torrente Tiepido.

Le fonti principali che contribuiscono all'incremento di nitrati nelle falde sono riconducibili prioritariamente ai settori civile (dispersione dalla rete fognaria, trattamenti depurativi senza denitrificazione, ecc.), agricolo e zootecnico (spandimento dei liquami zootecnici in quantitativi superiori alle esigenze colturali). L'apporto diretto al suolo di Azoto ha portato alla presenza di concentrazioni di nitrati superiori ai 50 mg/l in vaste aree del territorio, in cui tendenzialmente prevale l'alimentazione diretta della falda dalla superficie. I fattori intrinseci, dovuti all'elevata vulnerabilità dell'area ed ai fenomeni di drenanza, favoriscono il passaggio delle sostanze inquinanti dalla superficie verso la falda acquifera. Nelle aree in cui l'alimentazione prevalente proviene dai corpi idrici superficiali si rilevano generalmente concentrazioni basse, grazie all'azione diluente del fiume. Le dinamiche caratteristiche della migrazione dei nitrati in falda sono contraddistinte da tempistiche lunghe e non ben definite: pertanto i valori registrati dall'attuale monitoraggio possono rappresentare l'effetto di un inquinamento anche molto pregresso nel tempo.

Il risanamento delle falde risulta essere un problema estremamente complesso che richiede interventi mirati localmente, con tempi di risposta, dell'ordine anche di decine di anni.

Il continuo monitoraggio quali-quantitativo della falda acquifera, associato al monitoraggio dei corsi d'acqua superficiali, permette di effettuare una lettura complessiva dell'ambiente idrico e, attraverso l'uso della modellistica, di valutare l'evoluzione dei fenomeni anche in relazione alle politiche di risanamento intraprese, al fine di ricalibrare le azioni da adottare.

Nel territorio modenese la presenza di nitrati nella falda acquifera risulta oggi il principale elemento antropico di scadimento qualitativo delle acque sotterranee, interferendo sull'utilizzo della risorsa ai fini acquedottistici.

Nonostante il problema dell'incremento dei nitrati nelle falde sia stato riconosciuto già dal 1989 e gli organi istituzionali regionali e provinciali abbiano elaborato proposte di Piani per il risanamento di aree ad elevato rischio ambientale, la questione risulta, ancora ad oggi, in generale continuo peggioramento.

Nel 2002, la Provincia di Modena ha approvato con D.G.P. n°465 del 12-11-2002, un documento *"Proposte di provvedimenti volti alla riduzione della concentrazione di nitrati nelle acque sotterranee ed alla riduzione del consumo idrico in Provincia di Modena"*, in cui sono stati presentate una serie di misure finalizzate al contenimento dei carichi di azoto sversati sul territorio: esse interessavano il comparto civile (reti fognarie e impianti di depurazione) ed il comparto zootecnico, attraverso la regolamentazione degli spandimenti, e un maggior controllo sugli allevamenti e sulle pratiche di spandimento.

Si segnala inoltre l'istituzione di un gruppo di lavoro denominato "Tavolo nitrati", avvenuto contestualmente all'adozione della Variante al PTCP in attuazione del PTA (D.C.P. n.110 del 18/07/07), la cui attività è funzionale all'individuazione di proposte di interventi strutturali e non, finalizzati proprio al risanamento delle acque sotterranee. Il "Tavolo Nitrati" dovrà contribuire alla redazione tempestiva di un vero e proprio "Piano di risanamento delle acque sotterranee dall'inquinamento provocato dai nitrati" (di seguito Piano Nitrati). Il gruppo di lavoro è costituito dai rappresentanti di alcuni Enti portatori di interesse:

- Amministrazione Provinciale (Assessorato Ambiente e Assessorato Agricoltura);
- Regione Emilia Romagna (Servizio Tutela Risanamento Risorsa Acqua, Servizio Sviluppo del Sistema Agroalimentare, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- ARPA – Sezione Provinciale;
- Agenzia d'Ambito per i servizi pubblici di Modena , dal 1° gennaio 2010 diventato Servizio Gestione ATO e autorizzazione scarichi idrici e rifiuti dell'Amministrazione Provinciale;

- gestori del Servizio Idrico Integrato operanti nei territori colpiti dall'inquinamento da nitrati: Hera Modena e AIMAG;
- Azienda AUSL di Modena;
- Servizio Tecnico dei Bacini degli affluenti del Po;
- associazioni agricole;
- eventuali esperti del settore nonché altri soggetti coinvolti nelle pratiche agro-zootecniche.

Ad integrazione di quanto riportato nel capitolo precedente, relativo alla distribuzione dei principali parametri monitorati nelle acque di falda, si è effettuata un'analisi di dettaglio relativa alla tematica in oggetto, riportando alcuni degli andamenti temporali delle concentrazioni di nitrati rilevati in alcuni pozzi appartenenti alle reti di monitoraggio.

Per ciascuna conoide principale sono state rappresentate cartograficamente le distribuzioni areali delle concentrazioni dei nitrati rilevate dal monitoraggio, oltre all'andamento temporale della variazione della concentrazione media e della variazione dei valori al 10°, 25°, 75° e 90° percentile.

A completamento del quadro conoscitivo si riporta inoltre un'analisi degli andamenti temporali delle concentrazioni di nitrati rilevate nei pozzi ad uso acquedottistico fornite dagli Enti Gestori competenti.

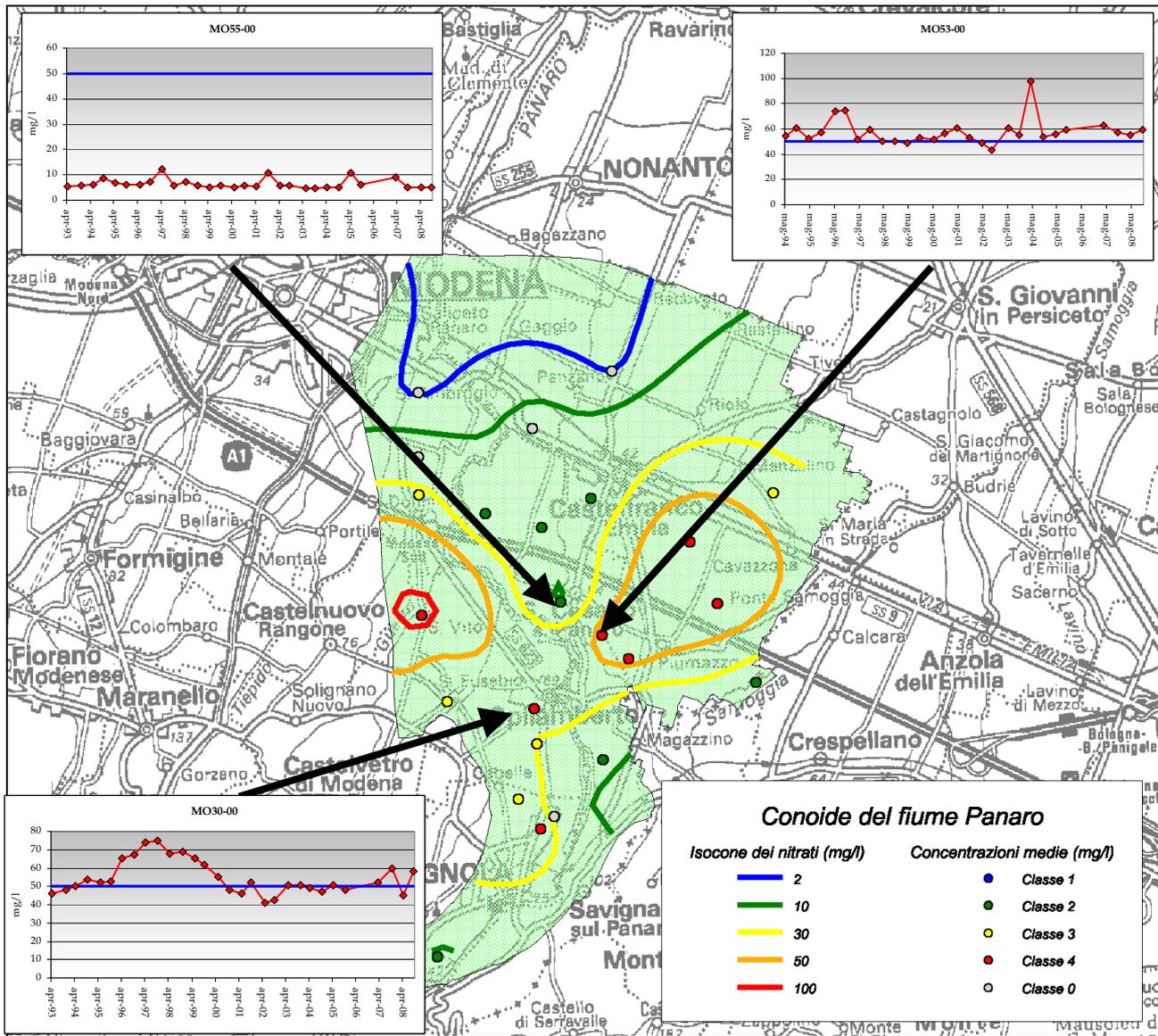
Queste analisi elaborate sugli andamenti temporali delle concentrazioni di nitrati, rilevate sia nei pozzi appartenenti alla rete di monitoraggio che nei pozzi ad uso acquedottistico, integrate tra di loro ed ulteriormente approfondite, rappresentano anche la base di partenza delle analisi e delle valutazioni in fase di svolgimento per la redazione del Piano Nitrati. Queste analisi consentono un ulteriore approfondimento della problematica relativa alla presenza dei nitrati nelle acque sotterranee e quindi la definizione di un organico quadro conoscitivo, necessario al fine della definizione di proposte di interventi strutturali e non.

## **CONOIDE FIUME PANARO**

La distribuzione areale e puntuale dei nitrati (Figura 6) mostra una diminuzione delle concentrazioni in prossimità del fiume Panaro dovuta, come già detto in precedenza, alla componente di alimentazione del fiume stesso che esplica un effetto di diluizione nei confronti dell'acqua di falda.

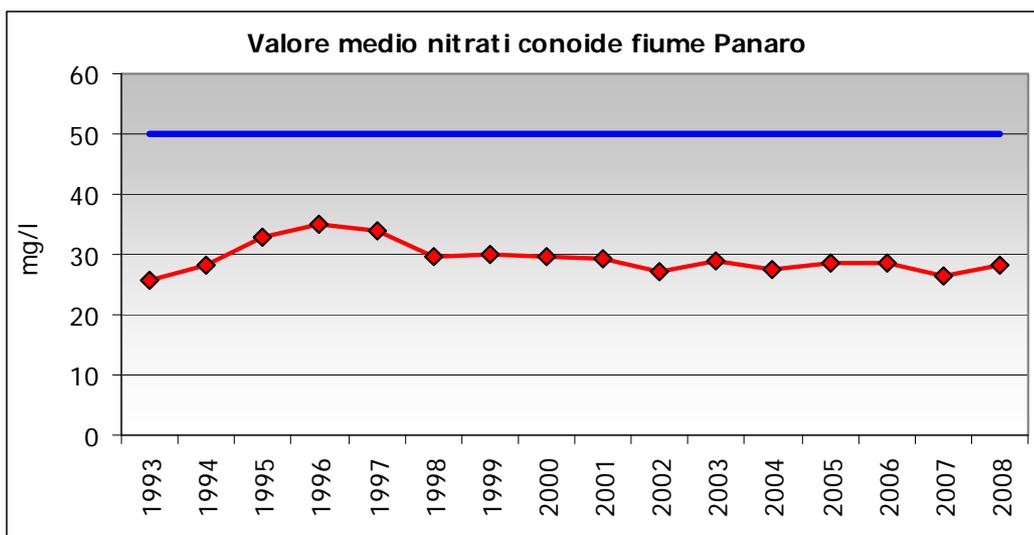
Nelle aree più lontane dal fiume si riscontra sia in destra che sinistra Panaro, un aumento delle concentrazioni di nitrati, soprattutto nell'area tra le località Piumazzo e Cavazzona in destra e tra San Vito e Castelnuovo Rangone in sinistra idrografica.

Come si può notare dai grafici riportati in Figura 6, il pozzo MO55-00 ubicato nelle vicinanze del fiume Panaro, presenta costantemente basse concentrazioni di nitrati grazie all'effetto diluente del fiume. Allontanandosi dal corso d'acqua, dove l'alimentazione proveniente dalla superficie prevale su quella del fiume, le concentrazioni di nitrati risultano in aumento, fino a raggiungere valori elevati significativamente al di sopra dei 50 mg/l, limite di potabilità (pozzo MO30-00 e pozzo MO53-00).

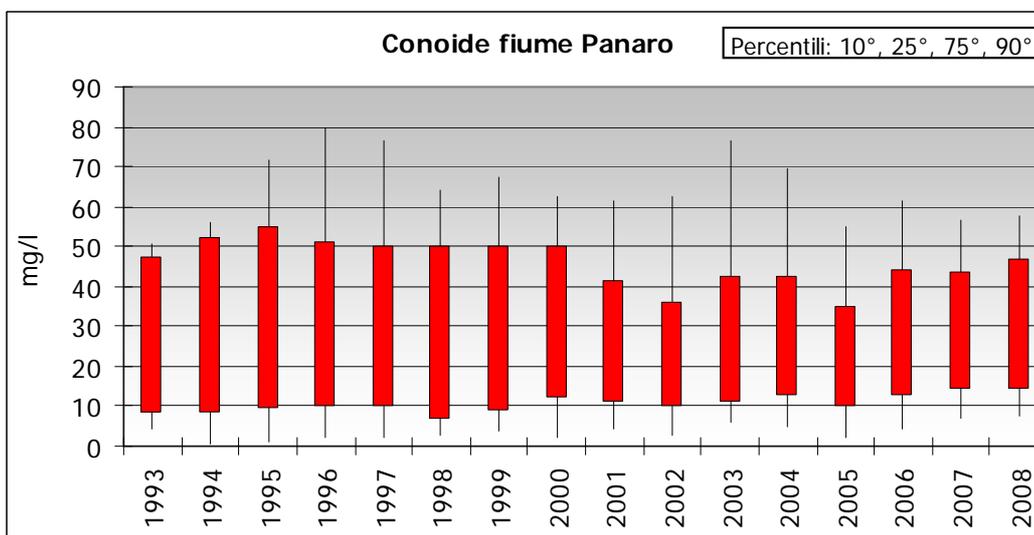


**Figura 6** – Distribuzione areale e puntuale delle concentrazioni di nitrati nella conoide del fiume Panaro – media anno 2008.

Complessivamente nella conoide del Panaro l'andamento del valore medio risulta stazionario e lievemente in calo nell'ultimo decennio (Figura 7), attestandosi su valori inferiori ai 30 mg/l. L'andamento dei percentili (Figura 8), mette in risalto l'elevata e perdurante variabilità delle concentrazioni dei pozzi monitorati gravitanti nella conoide, che comunque risulta inferiore a quanto registrato fino al 2000.



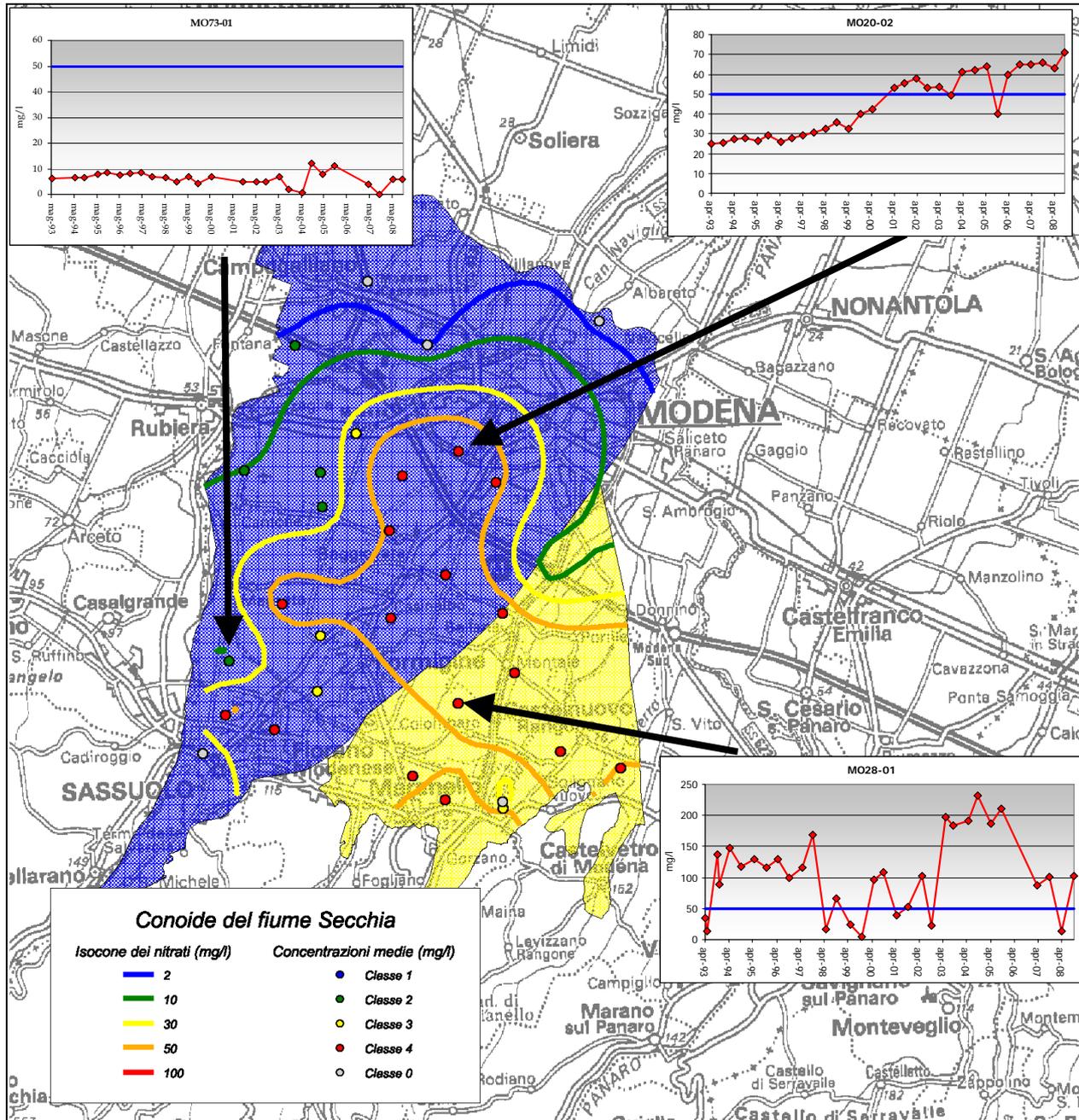
**Figura 7** – Variazione della concentrazione media di nitrati nella conoide del fiume Panaro.



**Figura 8** –Variazione della concentrazione dei nitrati nella conoide del fiume Panaro: andamento dei percentili 10°, 25°, 75° e 90°.

## CONOIDE DEL FIUME SECCHIA

Da quanto riportato in Figura 9, la distribuzione areale dei nitrati evidenzia elevate concentrazioni di nitrati nella porzione orientale della conoide del Secchia e nell'intera conoide del Tiepido. La porzione di conoide prossima al fiume Secchia rileva concentrazioni di nitrati inferiori ai 50 mg/l, grazie all'azione alimentante del fiume che risulta prevalente rispetto all'azione drenante dalla superficie.



**Figura 9** – Distribuzione areale e puntuale delle concentrazioni di nitrati nella conoide del fiume Secchia – media anno 2008.

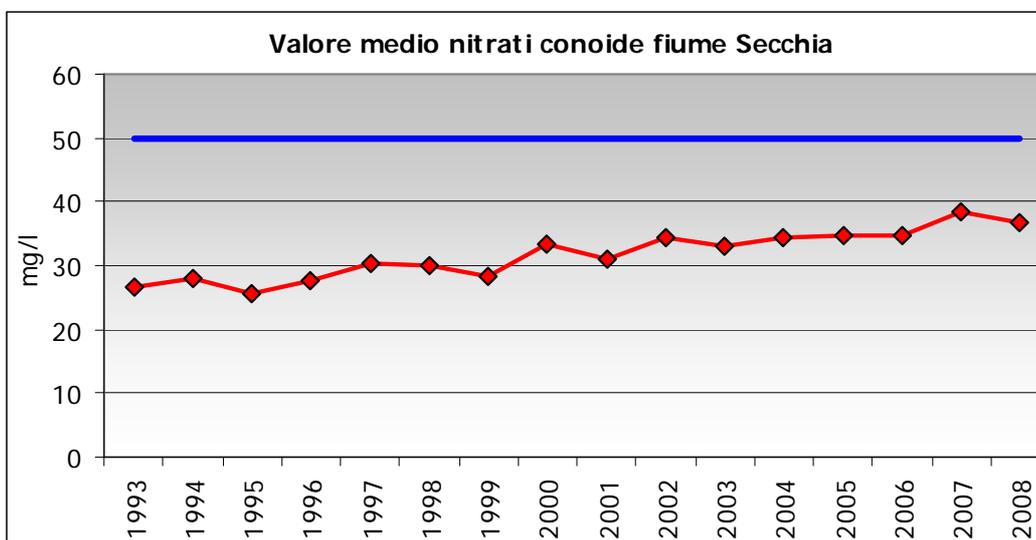
La situazione qualitativa degli acquiferi rilevata nella conoide del Secchia risulta essere più compromessa rispetto alla conoide del fiume Panaro. Nella Figura 9 si può osservare l'andamento spazio-temporale delle concentrazioni di nitrati: a variazioni contenute nel tempo, tipiche delle zone apicali (pozzo MO73-01), si

contrappongono variazioni graduali e con trend incrementali verso le parti distali (pozzo MO20-02). In particolare nella porzione distale, ai margini della conoide dei torrenti minori, gli effetti dei pompaggi di acqua sotterranea influiscono sull'equilibrio fra l'influenza delle acque di scarsa qualità, proprie delle zone delle conoidi minori, nei confronti dell'area riferita all'alimentazione del fiume Secchia, causando la propagazione e il costante incremento dei nitrati.

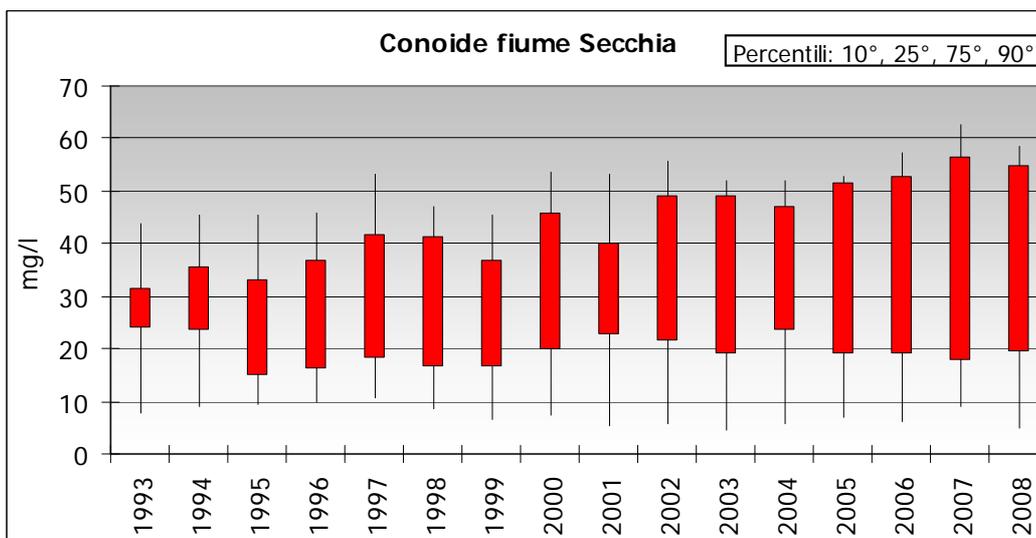
In conoide distale, verso la piana alluvionale, data la presenza di facies idrochimiche riducenti e una ridotta circolazione idrica, l'azoto è presente in forma ridotta ammoniacale.

Nella conoide del torrente Tiepido connotato da una alta vulnerabilità e in cui prevale l'alimentazione proveniente dalla superficie, si rilevano significative concentrazioni di nitrati con elevata variabilità interannuale (pozzo MO28-01).

Complessivamente nella conoide del Secchia si riscontra un trend di concentrazioni medie di nitrati in aumento (Figura 10), circa 0,45 mg/l per anno, sfiorando i 40 mg/l. L'andamento dei percentili, rileva una maggior variabilità delle concentrazioni registrate rispetto alla conoide del Panaro, con un aumento delle differenze tra i valori minimi e i valori massimi (Figura 11).

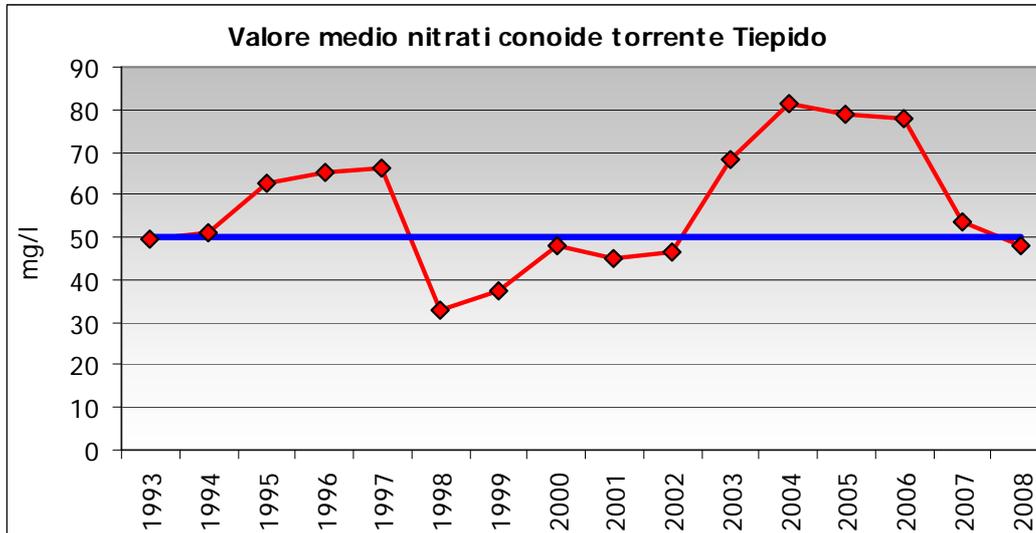


**Figura 10** – Variazione della concentrazione media di nitrati nella conoide del fiume Secchia.



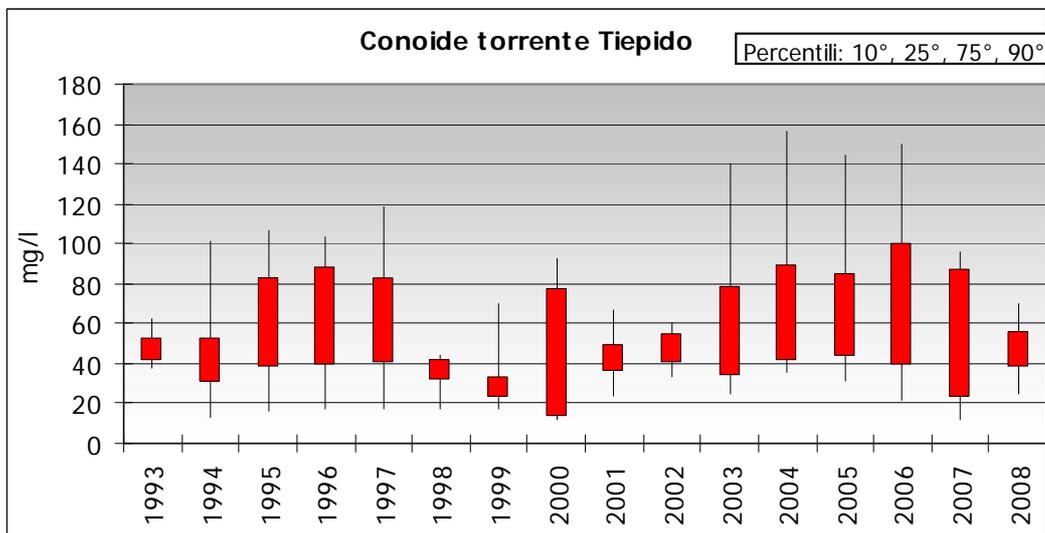
**Figura 11** – Variazione della concentrazione dei nitrati nella conoide del fiume Secchia: andamento dei percentili 10°, 25°, 75° e 90°.

Significativamente più elevata risulta la variabilità interannuale delle concentrazioni di nitrati rilevati nelle falde della conoide del torrente Tiepido, venendo a mancare l'effetto "tamponamento" proprio delle acque di migliore qualità quali i corpi idrici principali fiumi Secchia e Panaro. L'andamento dei valori medi annui (Figura 12) evidenzia, per gli ultimi anni di monitoraggio, un significativo decremento delle concentrazioni medie, in controtendenza alla repentina crescita registrata nel biennio 2002-2004 dell'ordine dei 10-30 mg/l.



**Figura 12** – Variazione della concentrazione media di nitrati nella conoide del torrente Tiepido.

Dal grafico relativo all'andamento dei percentili (Figura 13), per il 2008 si evidenzia una significativa diminuzione della variabilità anche tra valori minimi e massimi; i valori massimi non superano i 70-75mg/l.



**Figura 13** –Variazione della concentrazione dei nitrati nella conoide del torrente Tiepido: andamento dei percentili 10°, 25°, 75° e 90°.

## I NITRATI NEI POZZI AD USO ACQUEDOTTISTICO

Al fine di effettuare un inquadramento più esaustivo della problematica relativa al livello di concentrazione dei nitrati nelle acque di falda, sono state riportate le elaborazioni effettuate sui parametri sia qualitativi che quantitativi dei pozzi ad uso idropotabile gravitanti sul territorio modenese.

Dall'analisi valutativa emerge una sostanziale assonanza a quanto registrato dalla rete di monitoraggio. Ciò risulta particolarmente evidente nell'area di Modena Sud in cui si registra l'influenza delle acque di scarsa qualità proprie della zona delle conoidi minori. L'area di alimentazione del fiume Secchia è invece caratterizzata da livelli di nitrati sensibilmente inferiori, confermati anche dai dati rilevati nei campi acquiferi di Sassuolo e Marzaglia.

Criticità si confermano anche a S. Cesario sul pozzo D5, anche se il netto miglioramento qualitativo riscontrato lo riporta per il 2008 a valori di poco superiori alla soglia di potabilità (51,2 mg/l); il pozzo risultava pesantemente compromesso dalla propagazione del pennacchio causato dall'inquinamento pregresso e datato della SIPE Nobel di Spilamberto. Problematica risulta anche la situazione dei "pozzi 1 e 2" di Spilamberto e dei pozzi C1 e C2 di Formigine per fenomeni di inquinamento diffuso. Il pozzo "rurale 2" di Piumazzo e il Pozzo B di Castelvetro, a causa dell'incremento significativo dei nitrati, non vengono più utilizzati.

Particolare attenzione va riservata ad alcuni pozzi per i quali si rileva un incremento dei livelli di nitrati, pur risultando al di sotto del limite di potabilità: i pozzi denominati "S. Eusebio" di Castelvetro, Piumazzo, P1 di Spilamberto, C8 di Formigine, risultano prossimi ai 40 mg/l. Al contrario i pozzi "n° 6, 7 e 8" di Vignola, registrano un significativo calo dei valori di nitrati.

Nel campo acquifero di Cognento, caratterizzato da un prelievo complessivo considerevole pari a 18.239.179 mc (in calo dal 2006 al 2008), costituente circa il 30% della risorsa idrica erogata a Modena, il trend incrementale si mantiene inalterato, con concentrazioni più che raddoppiate dal 1988 ad oggi. Si riportano i grafici dell'andamento delle concentrazioni dei nitrati per singolo pozzo e i dati di emungimento dai campi acquiferi.

Preme sottolineare che, nonostante il dato medio delle concentrazioni dei nitrati nei campi acquiferi di Cognento sia in continuo incremento, in virtù delle azioni di miscelazione di queste acque con approvvigionamenti da altri campi acquiferi, la concentrazione dei nitrati nelle acque immesse nella rete acquedottistica si attesta su valori inferiori al limite normativo di potabilità dei 50 mg/l (anno 2008: rete di Modena gestita da HERA 28 mg/l, rete gestita da AIMAG 23 mg/l).

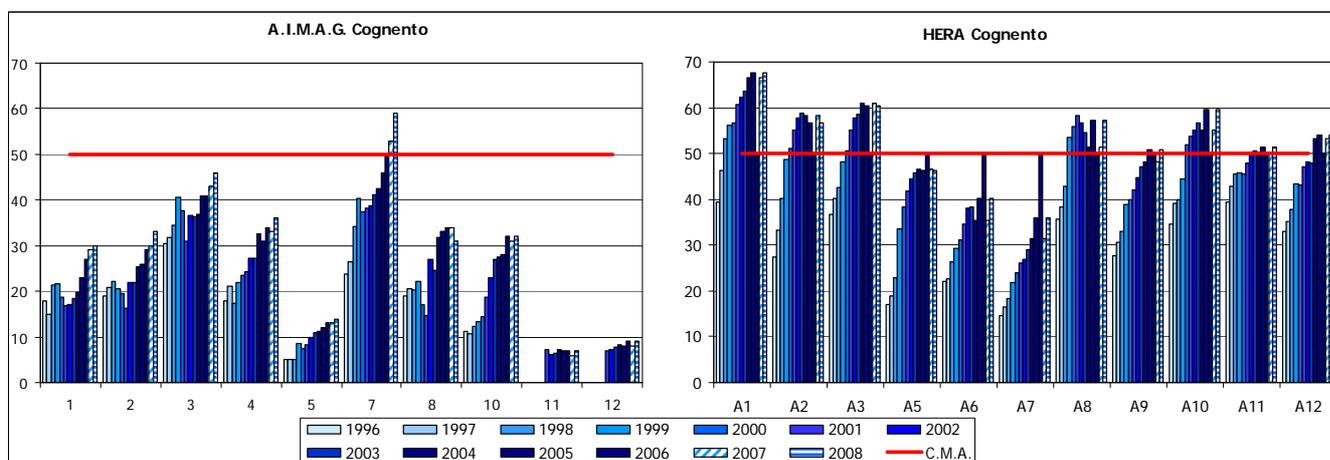
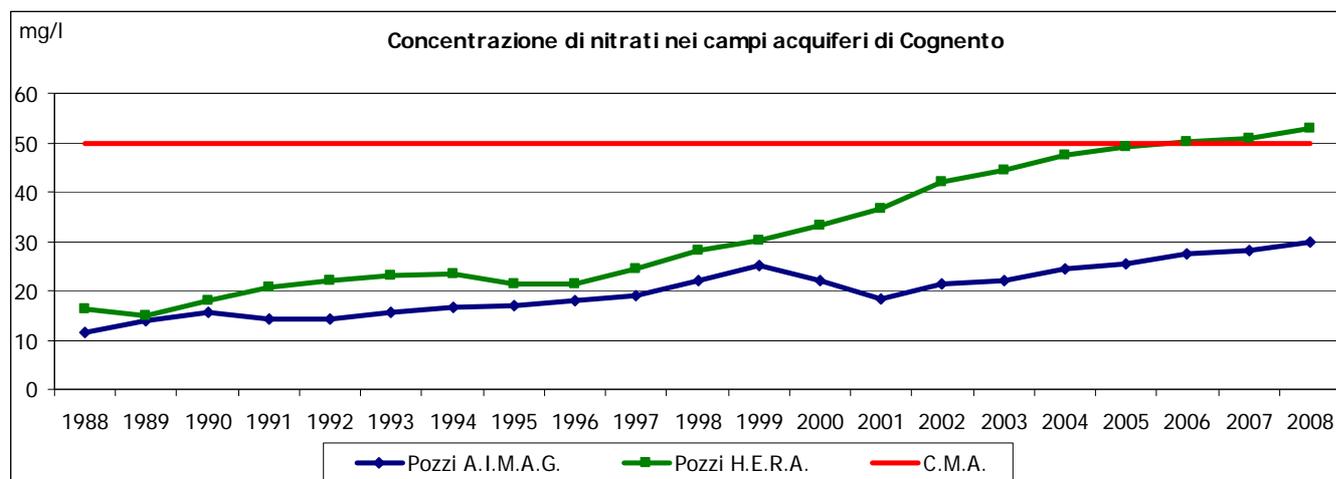


## CAMPO ACQUIFERO DI COGNENTO - CONCENTRAZIONE MEDIA DEI NITRATI (NO<sub>3</sub>) IN MG/L

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Pozzi A.I.M.A.G.	11,4	13,8	15,5	14,2	14,3	15,5	16,7	17	18,05	18,94	22,16
Pozzi A HERA	16,2	14,8	18,1	20,7	22,05	22,9	23,3	21,4	21,4	24,4	28,2

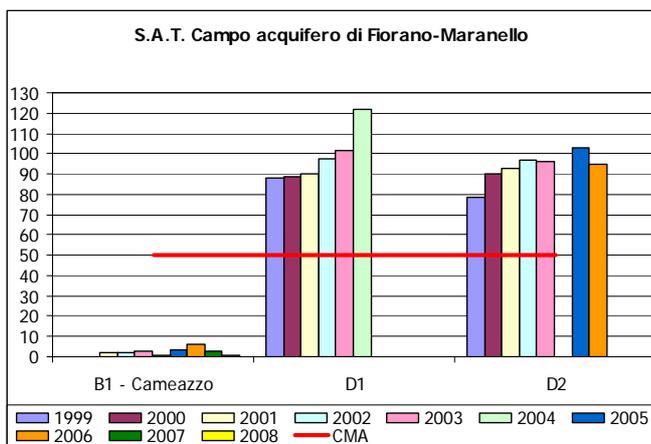
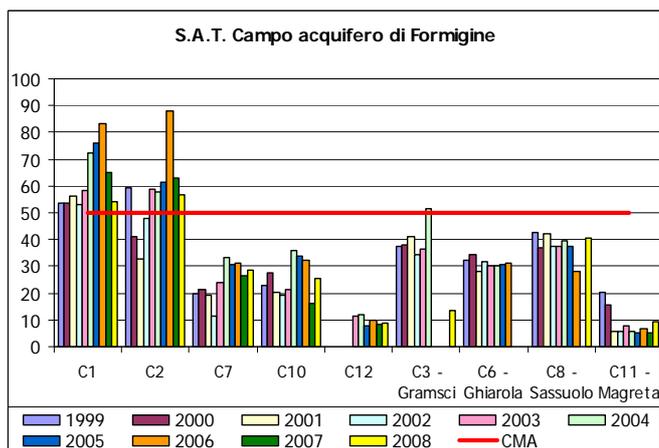
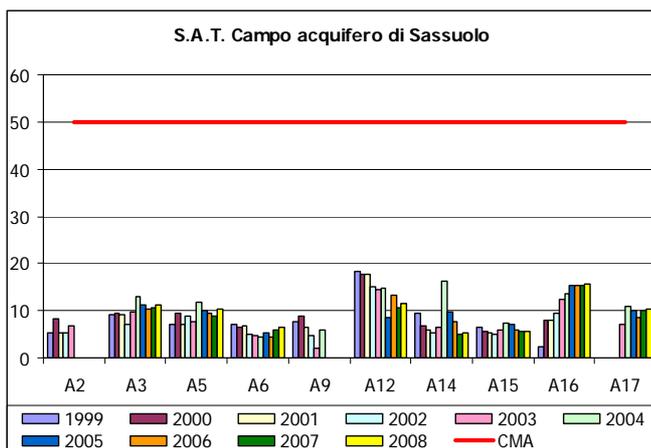
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Pozzi A.I.M.A.G.	24,94	21,95	18,23	21,51	22,2	24,3	25,5	27,6	28,0	29,7
Pozzi A HERA	30,1	33,31	36,6	42,2	44,4	47,5	49,3	50,1	50,7	52,8

\*La concentrazione media dei nitrati dei campi pozzi di HERA s.p.a. e AIMAG s.p.a. è stata calcolata per anno dai dati di concentrazione media annuale dei singoli pozzi.



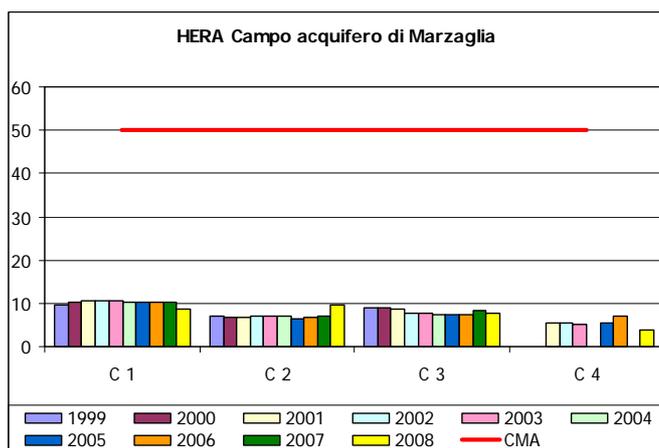
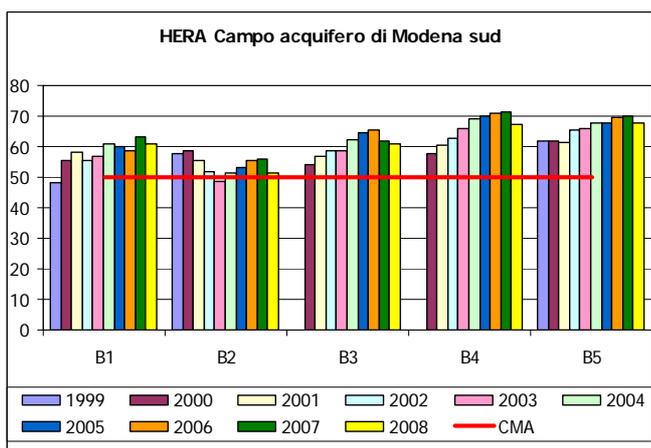
Emungimento medio annuo A.I.M.A.G. ed HERA:

	Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>AIMAG</b>	mc	9.544.300	9.390.000	8.936.000	8.664.005	9.170.000	9.510.000	9.599.000	9.432.330
<b>HERA</b>	mc	10.347.296	8.378.554	8.909.311	9.020.813	8.963.316	9.163.482	8.948.861	8.806.849



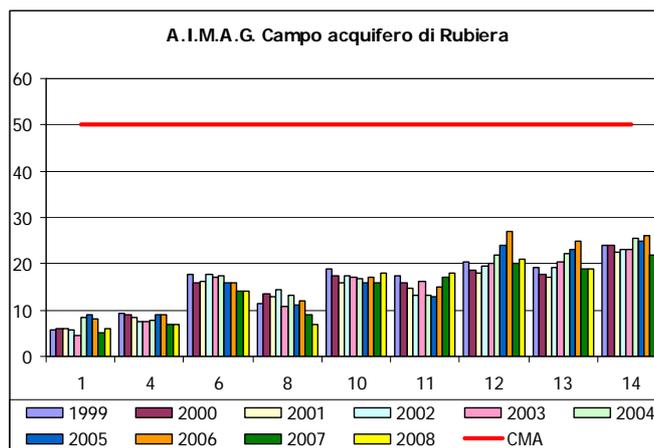
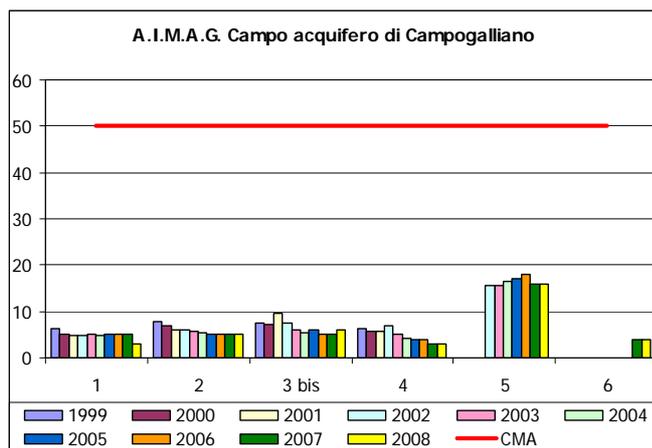
Emungimento medio annuo SAT Sassuolo, Formigine, Fiorano e Maranello:

	Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Sassuolo	mc	n.t.	n.t.	5.048.000	4.755.000	4.671.685	5.350.000	2.392.595	2.465.415
Formigine	mc	n.t.	n.t.	7.711.000	7.611.000	6.715.203	6.800.000	8.998.859	8.515.871
Fiorano-Maranello	mc	n.t.	n.t.	450.000	201.000.	238.876	300.000	313.650	932.451



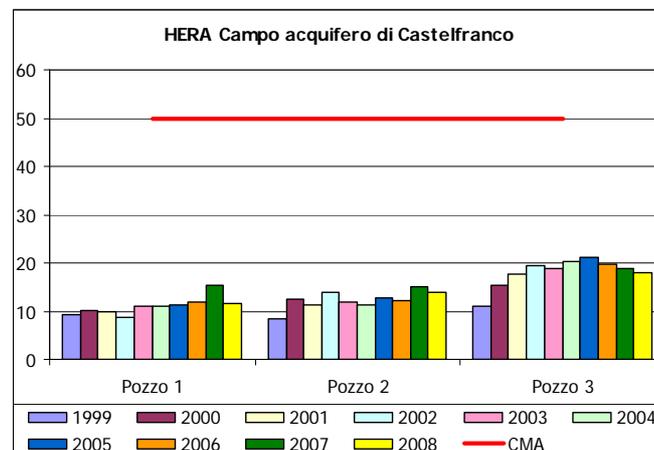
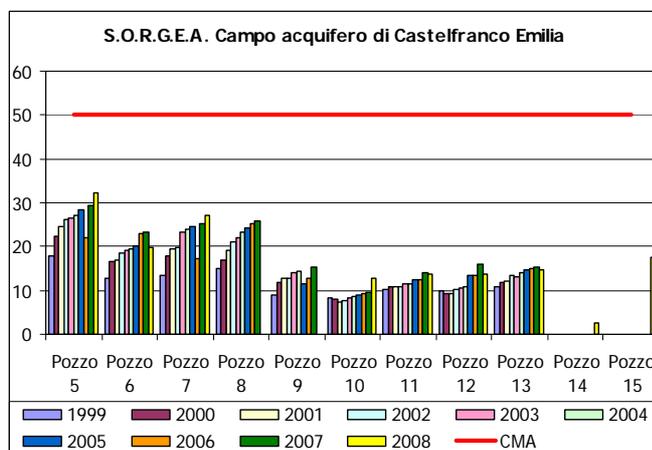
Emungimento medio annuo HERA Modena sud e Marzaglia:

	Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Modena sud	mc	951.758	1.214.364	1.463.601	1.506.589	1.399.937	1.537.216	1.556.589	1.238.020
Marzaglia	mc	8.380.200	8.378.232	10.358.119	10.553.535	10.404.713	10.136.152	10.634.272	10.465.984



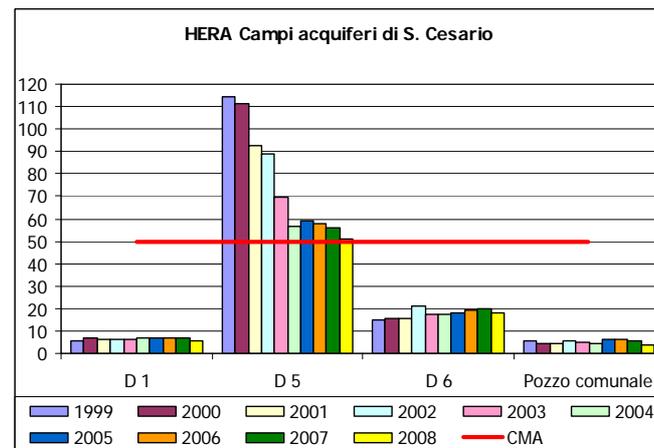
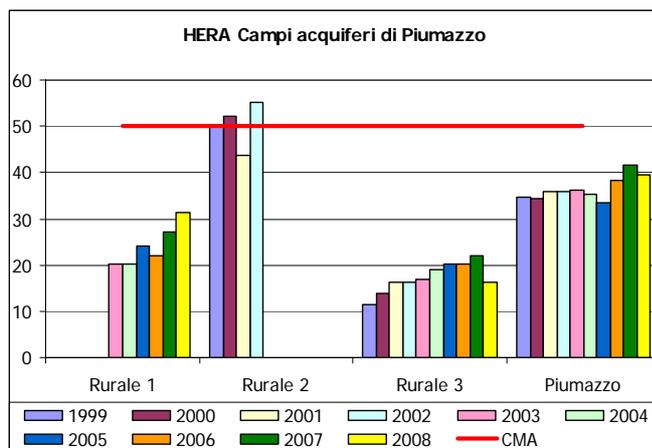
Emungimento medio annuo A.I.M.A.G. Campogalliano e Rubiera:

	Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Campogalliano	mc	3.844.000	4.473.000	3.781.000	4.203.304	4.430.000	4.150.000	4.090.000	4.002.955
Rubiera	mc	7.793.500	7.609.000	8.206.000	8.570.930	7.995.000	7.515.000	7.205.000	7.143.415



Emungimento medio annuo S.O.R.G.E.A. Castelfranco E. ed HERA Castelfranco E.:

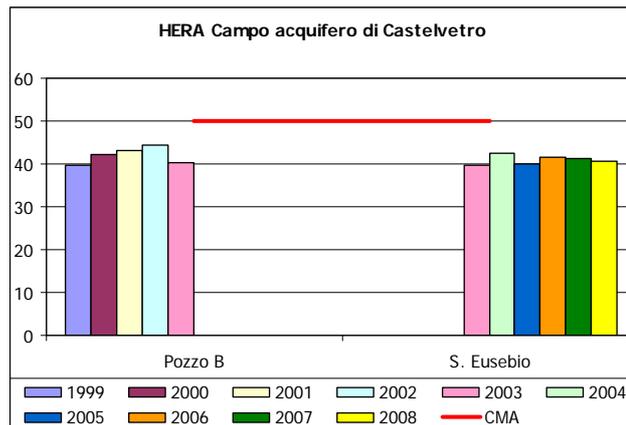
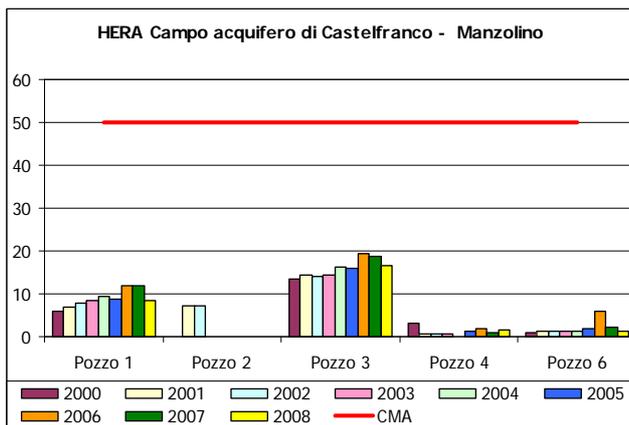
	Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
SORGEA Castelfranco E.	mc	n.t.	n.t.	7.150.000	7.300.000	7.084.000	7.111.006	6.300.000	6.027.882
HERA Castelfranco E	mc	n.t.	2.659.998	2.449.397	2.519.452	2.472.700	2.828.000*	2.528.703*	2.858.674*



Emungimento medio annuo HERA Piumazzo e S. Cesario:

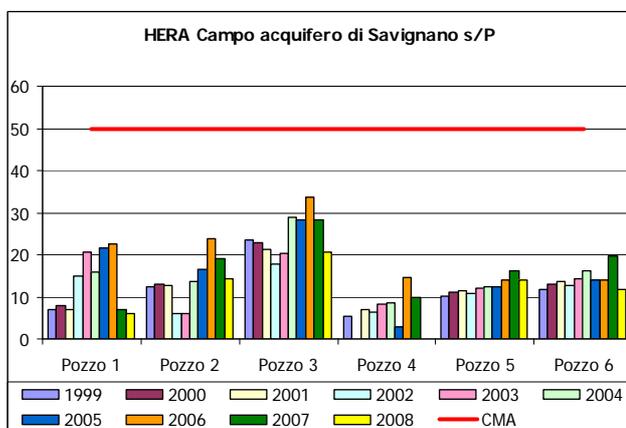
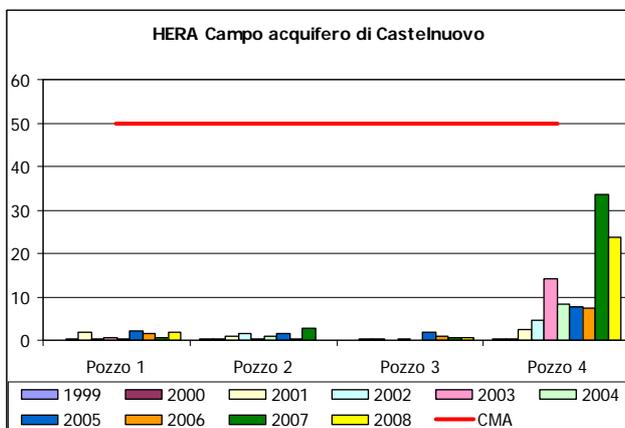
	Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Piumazzo	mc	n.t.	n.t.	n.t.	n.t.	653.080	2.828.000*	2.528.703*	2.858.674*
S. Cesario	mc	n.t.	n.t.	4.780.62	5.093.820	5.637.769	5.599.344	5.120.047	5.273.476

n.t.: dati non trasmessi. \* Il dato comprende i prelievi complessivi dei campi acquiferi di Castelfranco e Piumazzo.



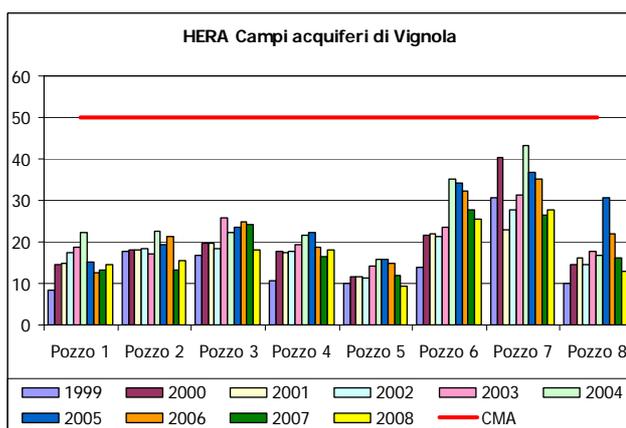
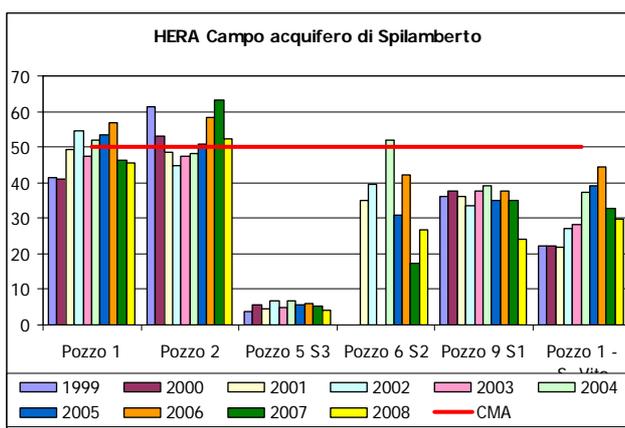
Emungimento medio annuo HERA Castelfranco (Manzolino) e Castelvetro:

	Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Manzolino	mc	2.567.000	2.250.000	2.124.832	2.153.987	2.698.000	2.851.400	2.550.681	2.509.513
Castelvetro	mc	n.t.	n.t.	1.037.500	800.864	418.000	78.000	468.198	881.680



Emungimento medio annuo HERA Castelnuovo R. e HERA Savignano s.P.:

	Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Castelnuovo R.	mc	n.t.	n.t.	450.000	987.598	558.759	281.000	183.294	365.366
Savignano s.P.	mc	n.t.	n.t.	224.685	688.702	804.000	698.000	690.203	912.630



Emungimento medio annuo HERA Spilamberto: e HERA Vignola:

	Anno	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Spilamberto	mc	n.t.	n.t.	1.630.000	1.510.000	1.770.000	1.350.000	1.001.879	1.209.343
Vignola	mc	n.t.	n.t.	921.046	2.280.000	2.397.000	2.036.000	1.573.108	1.447.153

n.t.: dati non trasmessi.

Le elaborazioni riportate nel presente capitolo valutate con i dati acquisiti sugli andamenti qualitativi delle acque emunte per usi idropotabili, confermano e sostanziano ulteriormente l'esigenza di aggiuntivi interventi tali da contrastare il trend di crescita dei nitrati nelle acque sotterranee.

## LA CLASSIFICAZIONE CHIMICA

Ai fini della classificazione chimica 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 6; 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 6** - Classificazione chimica in base ai parametri di base. (\*) Origine naturale

La classificazione individuata a partire dai parametri di base può essere corretta in base ai valori di concentrazione rilevati nel monitoraggio di altri parametri addizionali, per il cui elenco e relativi valori di soglia si rimanda al già citato Allegato 1 del D.Lgs. 152/99, tabella 21. In particolare, il superamento della soglia riportata 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 determina la classe 0.

Di particolare importanza, data la ricaduta che avrà sullo stato ambientale naturale particolare (per il quale non sono previste azioni di risanamento, ma solo azioni atte a evitare il peggioramento dello stato delle acque), è la distinzione delle zone nelle quali una elevata concentrazione sia attribuibile a fenomeni di tipo naturale (attribuzione classe 0), piuttosto che a fenomeni di tipo antropico (attribuzione classe 4): ciò rende necessaria l'introduzione di specifiche conoscenze sul territorio idrochimiche ed idrodinamiche.

Lo stato chimico è rappresentato da cinque classi così come riportato in Tabella 8 sulla base di 7 parametri chimici di base e 33 parametri chimici inorganici ed organici addizionali (Tabella 7).

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	Acrilammide	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		

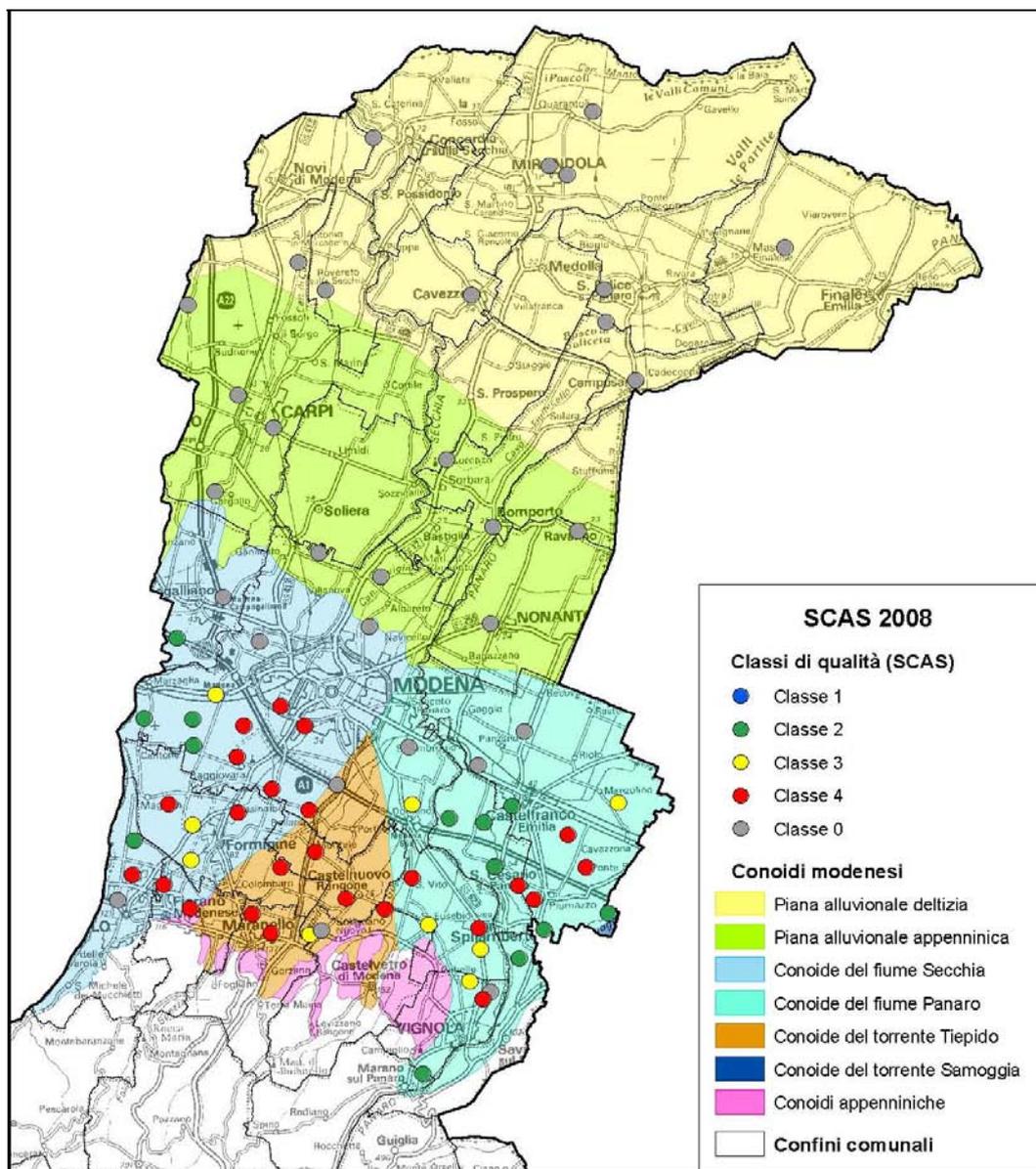
**Tabella 7** – Parametri addizionali.

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.*

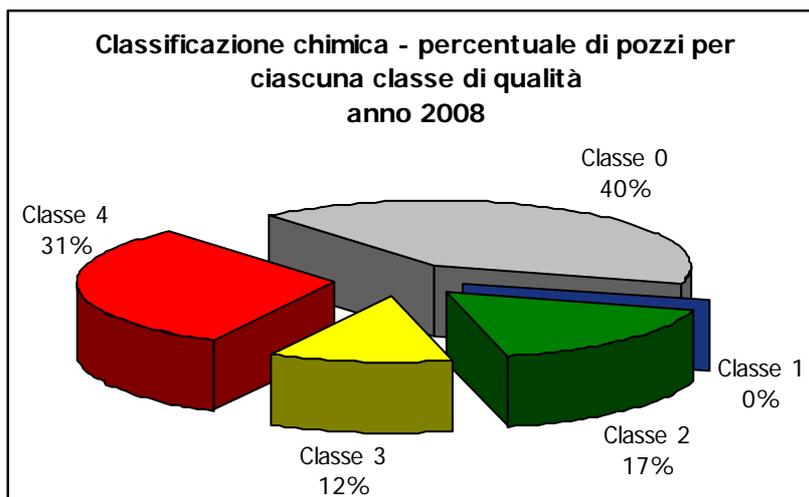
**Tabella 8** – Classificazione chimica dei corpi idrici sotterranei.

In base al criterio sopraenunciato sono stati elaborati i dati relativi all'anno 2008. L'elaborazione dello stato chimico è stata effettuata utilizzando il metodo per punti, ossia classificando ciascun pozzo appartenenti sia alla Rete Regionale che alla Rete Provinciale sulla base della media dei due prelievi annuali (Figura 15).



**Figura 15** – Classificazione chimica dei corpi idrici sotterranei – anno 2008.

Per valutare lo stato qualitativo complessivo delle acque della pianura modenese sono state rappresentate, mediante un diagramma a torta riferito al 2008, le percentuali dei pozzi appartenenti a ciascuna classe di qualità per l'intero territorio provinciale e per ciascuna conoide di appartenenza.



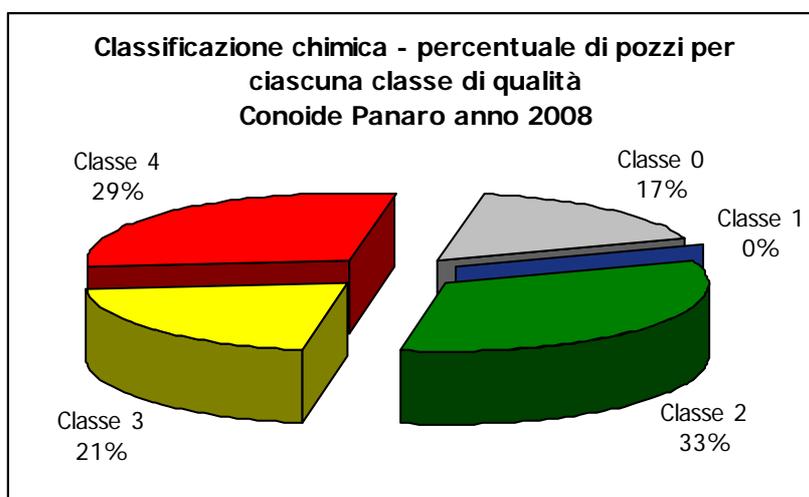
**Figura 16** – Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio Regionale e Provinciale appartenenti a ciascuna classe di qualità – anno 2006.

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 16).

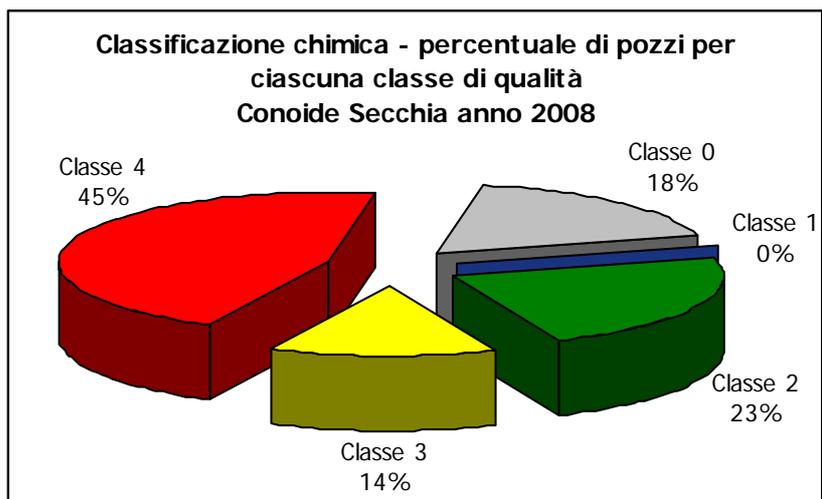
Nella pianura alluvionale appenninica e padana, la falda presenta caratteristiche riducenti tali da presentare alti valori di manganese, ferro e ione ammonio in tutte le parti del territorio. L'arsenico è presente naturalmente nella piana alluvionale appenninica tra i comuni di Bomporto, Nonantola, Ravarino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

Si può verificare tra un anno e l'altro di classificazione 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.

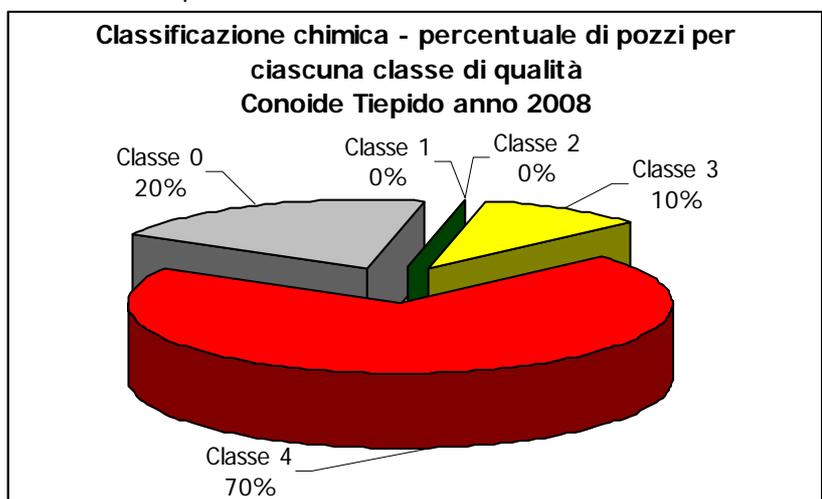
Nel territorio modenese, nonostante il carico azotato risulti particolarmente elevato e determinante nella classificazione qualitativa delle acque sotterranee, la presenza di nitrati non rappresenta l'unico elemento di scadimento della risorsa idrica sotterranea: in area pedecollinare si riscontrano 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.



**Figura 17** - Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio Regionale e Provinciale ricadenti nella conoide del fiume Panaro, appartenenti a ciascuna classe di qualità.



**Figura 18** - Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio Regionale e Provinciale ricadenti nella conoide del fiume Secchia, appartenenti a ciascuna classe di qualità.



**Figura 19** - Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio Regionale e Provinciale ricadenti nella conoide del torrente Tiepido, appartenenti a ciascuna classe di qualità.

Analizzando la classificazione chimica dei pozzi per singola conoide emerge uno stato qualitativo significativamente migliore della conoide del fiume Panaro rispetto alla conoide del fiume Secchia. Per la conoide del fiume Panaro il 33% dei punti è classificato in classe 2, mentre per la conoide del fiume Secchia solo il 23% dei pozzi si classifica con qualità buona; è classificato in classe 3 il 21% dei punti per la conoide del Panaro e solo il 14% per la conoide del Secchia. Significativa risulta la presenza di pozzi in classe 4: nella conoide del Secchia raggiunge il 45%, mentre per la conoide del Panaro si attesta ad un 29%. La presenza dei pozzi in classe 0 dovuti alla presenza di Manganese e Ferro rappresentano rispettivamente il 17% e il 18% nelle conoidi di Panaro e Secchia. Rispetto al dato del 2006 si rileva un lieve miglioramento della situazione nella conoide del fiume Panaro e un peggioramento nella conoide del fiume Secchia.

Completamente differente risulta la situazione nella conoide del torrente Tiepido, in cui si registra una situazione qualitativa scadente, con il 70% dei pozzi in classe 4, il 10% in classe 3 e il restante 20% in classe 0.

## LA CLASSIFICAZIONE QUANTITATIVA

Il D.Lgs. 152/99 e ss.m.ii. riporta le indicazioni di principio secondo le quali la classificazione quantitativa deve essere basata sulle alterazioni misurate o previste delle condizioni di equilibrio idrogeologico. In Tabella 9 sono riportate le 4 classi che definiscono lo stato quantitativo. 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 emungimenti e quello rappresentativo dell'impatto antropico, nonché la conoscenza delle caratteristiche intrinseche e di potenzialità dell'acquifero.

Partendo quindi dalla considerazione che un corpo idrico sotterraneo è in condizioni di equilibrio idrogeologico quando la condizione di sfruttamento che su di esso insiste è minore in rapporto alle proprie capacità di ricarica, si identificano, ai fini della classificazione quantitativa, da un lato i fattori che ne descrivono le caratteristiche intrinseche (tipologia di acquifero, spessore utile, permeabilità e coefficiente di immagazzinamento) e dall'altro quelli che sono rappresentativi del livello di sfruttamento (prelievi, trend piezometrico). I primi rappresentano l'acquifero in termini di potenzialità idrodinamica, modalità e possibilità di ricarica, mentre tra i secondi i prelievi sono descrittivi dell'impatto antropico sulla risorsa e il trend della piezometria individua indirettamente il rapporto ricarica/prelievi ovvero il deficit idrico.

Per la classificazione quantitativa viene fatto riferimento alle serie storiche di dati piezometrici relative alla rete regionale 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 idrico o il surplus idrico di una porzione areale di territorio di 1 kmq all'interno del quale ricade il pozzo. Sono stati classificati in classe A i pozzi o 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 (Tabella 9). L'anno di riferimento per la classificazione quantitativa è il 2002.

L'elaborazione dello stato quantitativo è stato aggiornato con i dati al 2008.

<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.

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

**Tabella 9** – Classificazione quantitativa dei corpi idrici sotterranei.

## EVOLUZIONE PIEZOMETRICA

Le rappresentazioni cartografiche riportate si riferiscono sia alla misura del livello piezometrico, riferito al livello del mare, che alla soggiacenza, in questo caso la misura del livello di falda è riferita al piano campagna (Figura 43, Figura 44 e Figura 47 in allegato).

Ad integrazione delle carte tematiche di piezometria e soggiacenza, sono state elaborate due carte di confronto fra l'anno 2007 e l'anno 2008 delle isopieze dei 30 e dei 40 m. Dalle due carte si rileva un lieve

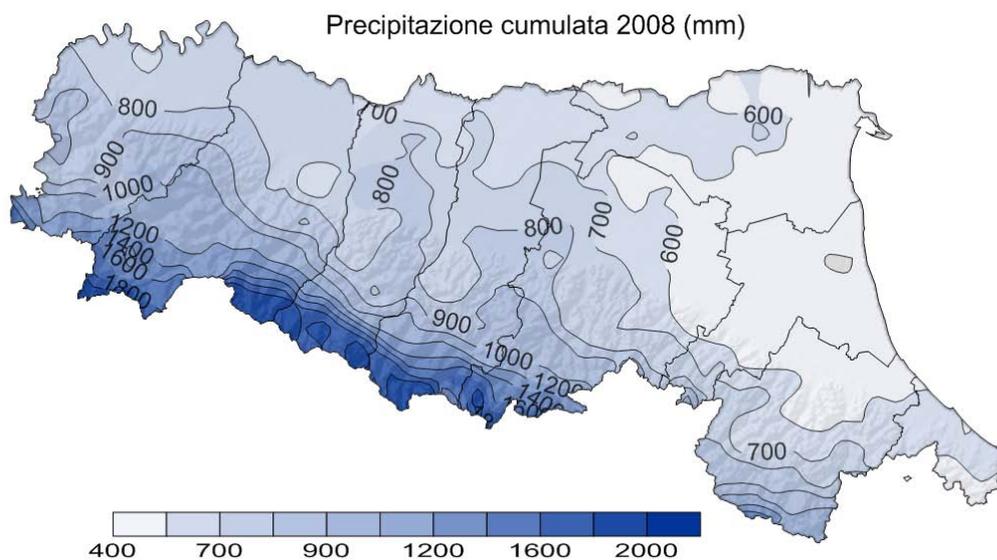
arretramento del fronte dei 30 metri, nel settore ovest nella conoide del fiume Secchia ed un lieve avanzamento nel settore est nella conoide del fiume Panaro. Per la curva di isolivello dei 40 metri, si registra un lieve arretramento verso la pedecollina sempre nel settore ovest nella conoide del fiume Secchia ed un lievissimo avanzamento nella conoide del fiume Panaro (Figura 45 e Figura 46). Per la valutazione degli apporti pluviometrici, si riporta una breve descrizione degli andamenti pluviometrici in provincia di Modena, a confronto con i dati climatici del periodo 1951-2008.

## **PRECIPITAZIONI DEL 2008 IN PROVINCIA DI MODENA - CONFRONTO CON IL PERIODO CORRENTE (1991-2005), ANDAMENTO E TENDENZA STORICA (1951-2008)**

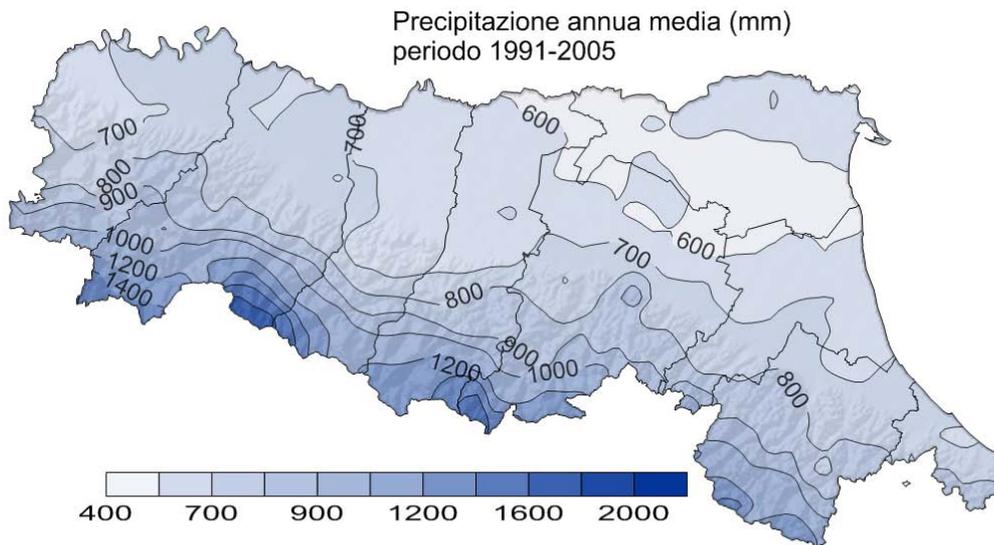
Nel contesto di valori cumulati annuali 2008 prossimi alla norma o lievemente superiori (confronto 1991-2005), si evidenzia una spiccata irregolarità dell'andamento pluviometrico, con diversi scostamenti delle precipitazioni rispetto al clima; ad una fase iniziale, da gennaio a metà maggio, caratterizzata da piogge tendenzialmente inferiori alla norma, è seguito un periodo di fine primavera di forti piogge con valori notevolmente superiori ai riferimenti climatici. L'estate e i primi mesi dell'autunno sono stati caratterizzati invece da siccità terminata solo a fine ottobre, con precipitazioni che negli ultimi due mesi dell'anno sono risultate nuovamente molto superiori alle attese. Analizzando serie di lungo periodo di precipitazioni cumulate annuali (1951-2008) si conferma una tendenza alla diminuzione dei valori, che risulta particolarmente evidente per le aree di alta montagna e di crinale appenninico.

### **Le precipitazioni dal 1° gennaio al 31 dicembre 2008**

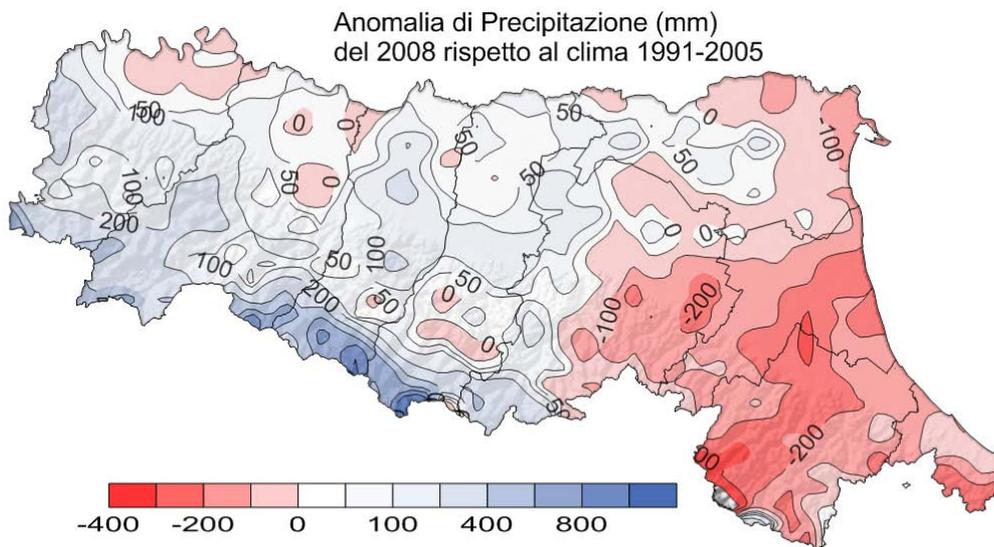
Considerando globalmente l'anno 2008 (Figura 20), le piogge risultano comprese tra 600 e 700 mm sulla bassa pianura, tra 700 e 800 sulla media pianura, tra 800 e 900 sull'alta pianura e collina, oltre 1000 sui rilievi più elevati fino a raggiungere i 1800-2000 mm sul crinale appenninico. Questi valori, se confrontati con le precipitazioni medie annuali calcolate nel periodo 1951-2005 (Figura 21) mostrano un generale ma lieve scostamento positivo, compreso entro 50 mm in pianura e su gran parte dei rilievi montani; valori superiori risultano presenti sulla fascia pedecollinare e sul crinale appenninico (Figura 22 e Figura 23).



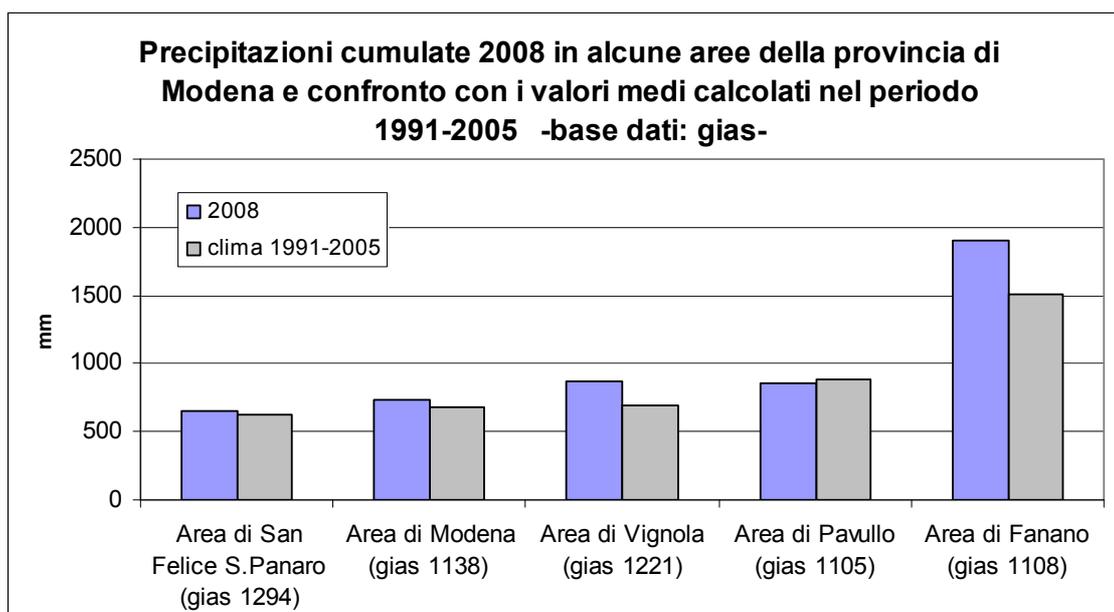
**Figura 20** – Mappa delle precipitazioni cumulate – anno 2008.



**Figura 21** - Precipitazioni attese, calcolate sul periodo storico 1951-2005.



**Figura 22** – Anomalie negative sul periodo storico 1951-2005.

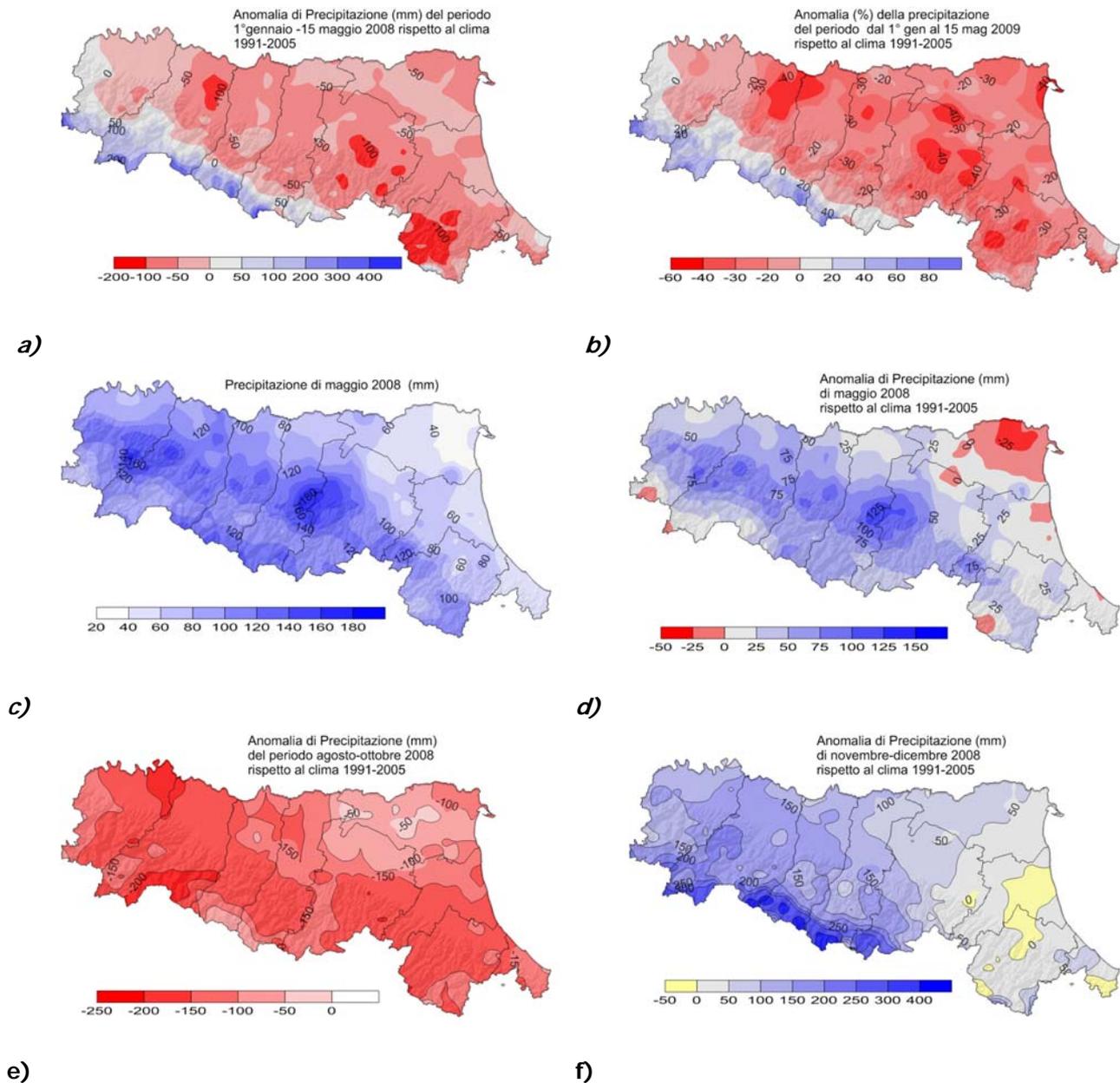


**Figura 23** – Precipitazioni cumulate 2008 nelle diverse aree della Provincia.

### Confronto dei dati mensile

L'andamento pluviometrico dei primi mesi del 2008, sino alla prima metà di maggio, è risultato tendenzialmente siccitoso; nonostante piogge prossime alla norma in gennaio e marzo, a metà maggio, a causa delle scarse precipitazioni di febbraio, di aprile e della prima metà del mese stesso, il deficit rispetto alle precipitazioni attese risultava già notevole, quantificabile sull'intero territorio provinciale tra 50 e 100 mm (Figura 24 a) pari al 20-30% delle piogge attese secondo il clima 1991-2005 (Figura 24 b). Un radicale mutamento nell'andamento pluviometrico si è concretizzato nella seconda metà del mese di maggio. La progressione verso est di un sistema perturbato atlantico ha favorito l'instaurarsi nei bassi strati di correnti da est - sud est che hanno prodotto piogge diffuse ed a carattere temporalesco localmente di fortissima intensità. Le precipitazioni di maggio (Figura 24 c) sono risultate ovunque superiori alla norma, con scostamenti tra 20-40 nella bassa pianura e 120 mm dell'area collinare e pedecollinare orientale (Figura 24 d). I fenomeni più intensi si sono sviluppati nei giorni da 18 al 23 del maggio. Localmente le piogge hanno raggiunto valori elevatissimi: la stazione di Vignola ha misurato nel mese di maggio circa 200 mm, rispetto ai circa 50 attesi nel mese; dei circa 200 mm, 170 sono piovuti in 5 giorni dal 18 al 21. Il mese di giugno, fino al 20, è proseguito instabile e caratterizzato da frequenti e intense precipitazioni a carattere temporalesco. In tutti gli eventi si sono registrati localmente valori di intensità di pioggia elevatissimi e le aree maggiormente interessate dalle piogge sono risultate quelle della pedecollina e della pianura occidentale. Mensilmente le precipitazioni solo risultate ovunque superiori alla norma, su gran parte della provincia è piovuto oltre il doppio di quanto atteso.

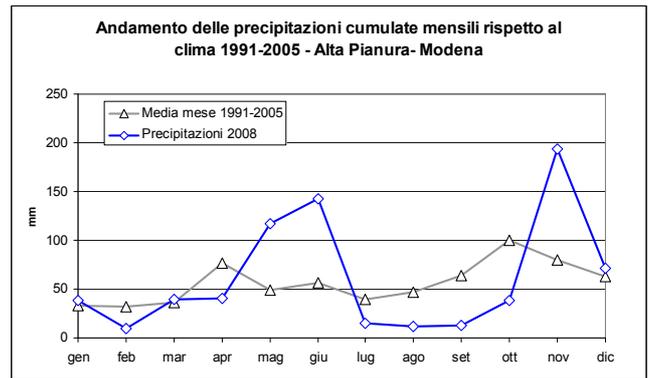
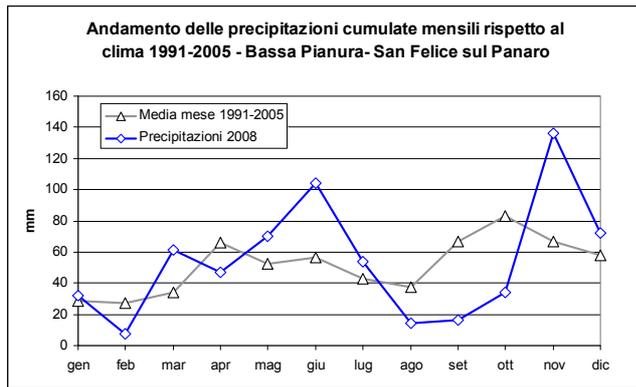
Nel prosieguo dell'estate e sino alla fine di ottobre prevalgono condizioni di siccità, interrotte da pochi ma intense precipitazioni a carattere temporalesco, spesso con presenza di grandine. Nei mesi considerati, solo in luglio e limitatamente alla pianura, si sono raggiunti i valori di pioggia attesi secondo il clima 1991-2005. In tutti gli altri mesi, da agosto a ottobre, si registra un deficit pluviometrico che alla fine del periodo raggiunge valori notevoli, superiori a 150 mm nella pianura occidentale e sui rilievi (Figura 24 e), valori corrispondenti a uno scostamento di circa -75% rispetto ai riferimenti climatici. In novembre e dicembre 2008 si sono verificate precipitazioni elevatissime pari a circa il doppio di quanto atteso; complessivamente nei due mesi gli scostamenti positivi rispetto alla norma sono risultati su gran parte della provincia prossimi o superiori ai 100 mm, sino a raggiungere i 400 mm nell'area di crinale (Figura 24 f).



**Figura 24** – Anomalie di precipitazione rispetto al clima 1951-2005 nei diversi periodi temporali anno 2008.

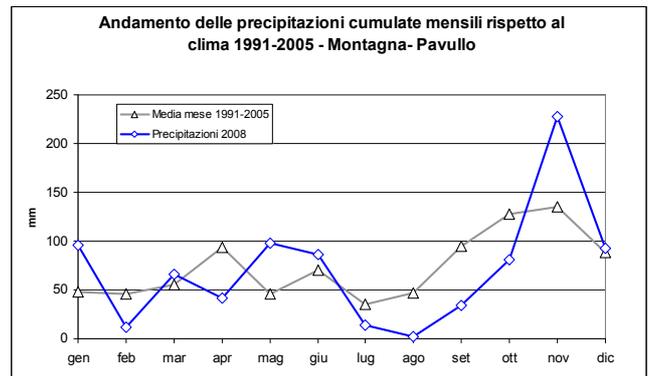
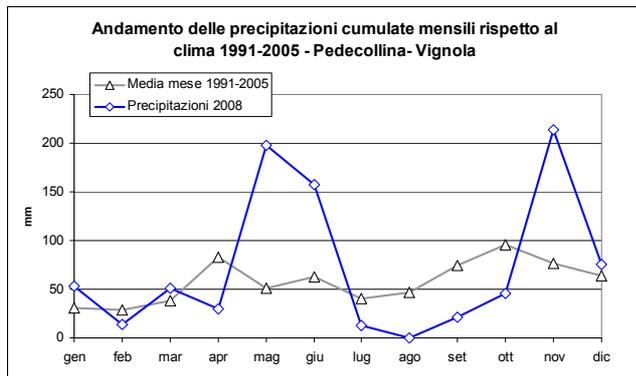
**Andamento delle precipitazioni cumulate mensili di 5 stazioni (bassa pianura, alta pianura, pedecollina, collina e montagna) rispetto al clima 1991-2005.**

I grafici della Figura 25 presentano, per cinque aree della provincia, l'andamento mensile delle precipitazioni rispetto ai corrispondenti valori medi mensili calcolati nel periodo 1991-2005. In tutti i grafici è possibile osservare una prima fase comprendente i mesi da gennaio ad aprile in cui le precipitazioni 2008 risultano prossime ai riferimenti climatici, con una prevalenza di scostamenti negativi concentrati nei mesi di aprile e febbraio. I mesi di maggio e giugno sono caratterizzati da valori nettamente superiori alla norma con scostamenti, in maggio, dal doppio al quadruplo delle piogge attese. Nel periodo successivo, da agosto a ottobre, i valori di pioggia risultano invece costantemente inferiori alla norma. Situazione di nuovo opposta nei due mesi successivi, particolarmente in novembre, che vede di nuovo piogge significativamente superiori alla norma.



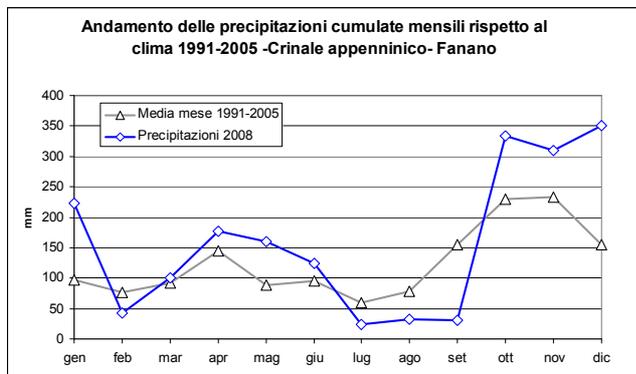
a)

b)



c)

d)



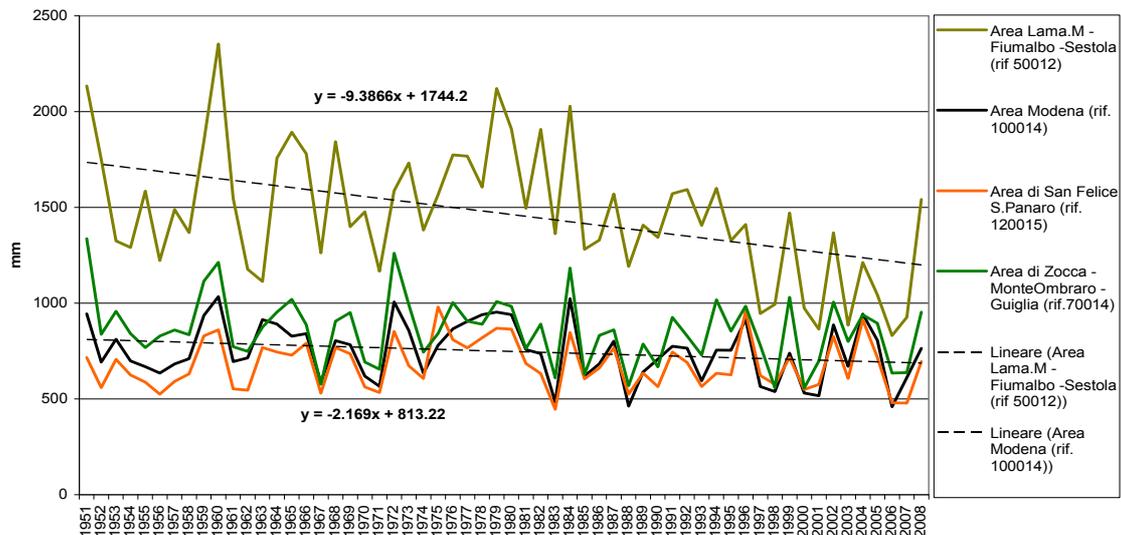
e)

**Figura 25** – Andamento delle precipitazioni cumulate mensili rispetto al clima nelle diverse aree geografiche in provincia di Modena.

**Andamento e tendenza delle precipitazioni annuali: analisi di 4 aree dal 1951 al 2008**

L'analisi di serie di dati di maggiore estensione temporale, quattro serie di dati prodotti dalla interpolazione di valori di precipitazione raccolti dal 1951, che caratterizzano quattro aree poste nella bassa e media pianura, in collina e sui rilievi più elevati, permette di fare ulteriori considerazioni sulla tendenza delle precipitazioni annuali anche in relazione all'orografia. In generale le piogge del 2008 risultano più elevate di quelle verificatesi negli ultimi due anni; nell'area di crinale è invece necessario tornare indietro agli anni '90 per ritrovare valori simili. Nonostante questo la diminuzione tendenziale delle piogge nell'area di alta montagna e di crinale si conferma elevatissima, pari a circa 9 mm/anno, rispetto ai circa 2 mm calcolati per le restanti aree del territorio.

Andamento e tendenza delle precipitazioni annuali  
in 4 punti della provincia di Modena dal 1951 al 2008



**Figura 26** – Andamento e tendenza delle precipitazioni annuali dal 1951 al 2008

Le mappe delle precipitazioni 2008 e delle anomalie rispetto al periodo 1991-2005 sono state prodotte sulla base dei dati meteo presenti in Meteo-GIAS (banca dati meteorologici sviluppata dal Servizio IdroMeteoClima di ARPA per l'applicazione dei programmi di produzione integrata). Il sistema provvede all'integrazione dei sistemi osservativi disponibili presso ARPA-SIM e alla interpolazione territoriale dei dati dei dati orari e giornalieri su griglia regolare con passo di 5 km. La griglia GIAS, copre tutte le aree situate all'interno dei confini regionali. Il dato rilevato è costituito dal dato orario registrato nelle stazioni della rete Locali-Simc (filtrato da un apposito programma di convalida del dato. Il dato di analisi è ricavato da procedure che estendono alla griglia di analisi GIAS i dati rilevati nei punti della rete Locale Simc.

## VARIAZIONE PIEZOMETRICA

Dalla carta della piezometria (Figura 43 e Figura 44) si evidenzia che il contributo alimentante in termini di apporti idrici all'acquifero in conoide del fiume Panaro, proviene dal fiume stesso nel tratto tra apice di conoide e territorio comunale di S. Cesario. Per la conoide del Secchia si conferma il ruolo del fiume sull'alimentazione della falda acquifera nel tratto compreso tra Sassuolo e Marzaglia, inducendo un flusso idrico sotterraneo con direzione prevalente verso NE.

Dall'analisi relativa alla variazione piezometrica (Figura 27) si evidenziano ampie zone in apice di conoide del fiume Panaro con marcato innalzamento del livello piezometrico; procedendo verso nord l'innalzamento piezometrico diventa più lieve, mentre nell'areale tra i comuni di Castelfranco e di Modena si registra un lieve abbassamento della falda.

Dai dati relativi alla variazione piezometrica della conoide del fiume Secchia e del torrente Tiepido, si segnala invece un marcato abbassamento della falda acquifera in un'ampia porzione di territorio tra Formigine, Rubiera e Maranello, in significativo ampliamento rispetto alla precedente elaborazione del 2005, che diventa più lieve nei territori circostanti. Al contrario, nella conoide del Tiepido, nella parte distale della conoide del fiume Secchia ventaglio terminale della conoide del fiume Secchia e nell'intorno della città di Modena, si registra un innalzamento più o meno marcato della falda.

I prelievi civili più importanti per quantitativi di acqua emunta, risultano ubicati nella porzione centrale della conoide del Panaro con i campi acquiferi di Castelfranco (2.858.674 mc/anno), S. Cesario (5.273.476 mc/anno) e Manzolino (2.509.513 mc/anno) gestiti da Hera e campo acquifero di Castelfranco (6.027.882

mc/anno) gestito da Sorgea (Figura 14). L'ubicazione dei più significativi prelievi acquedottistici annuo (Figura 14) conferma i consistenti prelievi nel territorio ad ovest del centro abitato di Modena, dove insistono i campi acquiferi di Cognento (Aimag 9.432.330 mc/anno; Hera 8.806.849 mc/anno) e Marzaglia (Hera 10.465.984 mc/anno). Rilevanti risultano anche i prelievi dei pozzi acquedottistici ubicati a Sassuolo (2.465.415 mc/anno) e Formigine (8.515.871 mc/anno).

La variazione piezometrica della piana alluvionale appenninica, risulta connotata da un lieve abbassamento della falda, ad eccezione di due areali in prossimità dei comuni di Carpi e di Ravarino, in cui l'abbassamento della falda risulta marcato.

Nella piana alluvionale deltizia, contrariamente all'elaborazione del 2005, si registra un trend di lieve innalzamento dei livelli piezometrici. I prelievi ad uso acquedottistico da falda della piana alluvionale appenninica e deltizia sono sostanzialmente assenti.

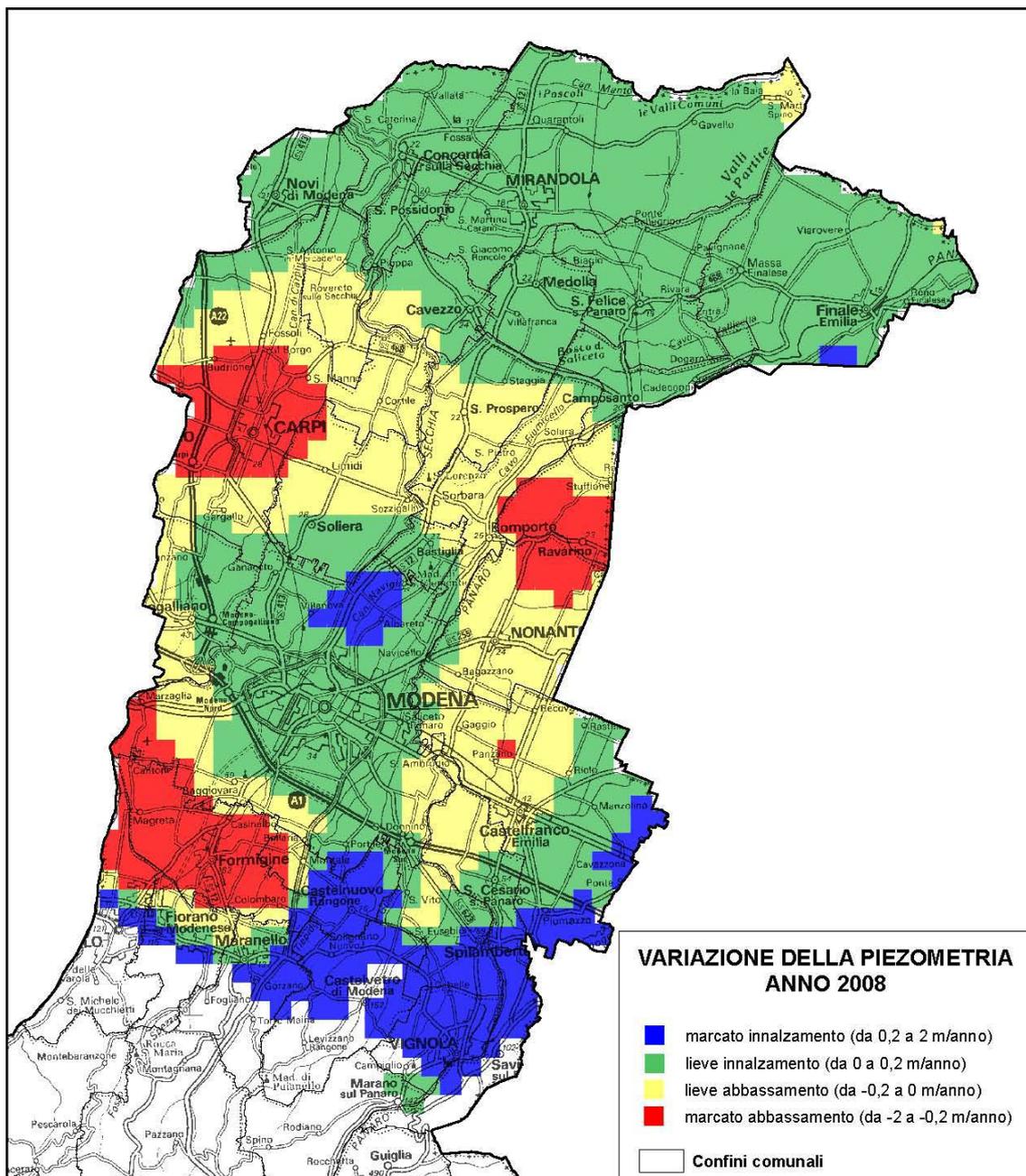


Figura 27 – Variazione piezometrica.

Complessivamente l'analisi della variazione piezometrica risulta in significativo peggioramento rispetto alla precedente elaborazione del 2005 per le aree di conoide; tale abbassamento può in parte essere riconducibile alle scarsità delle piogge che hanno caratterizzato il periodo 2005-2007.

## CLASSIFICAZIONE QUANTITATIVA

La classificazione quantitativa rispecchia tendenzialmente l'elaborazione spaziale della variazione piezometrica.

Dalla lettura della cartografia riportata in Figura 28, emerge che la maggior parte della conoide del fiume Panaro evidenzia 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'areale tra i comuni di Castelfranco E. e Modena in cui si registrano moderate condizioni di disequilibrio del bilancio idrico (classe B).

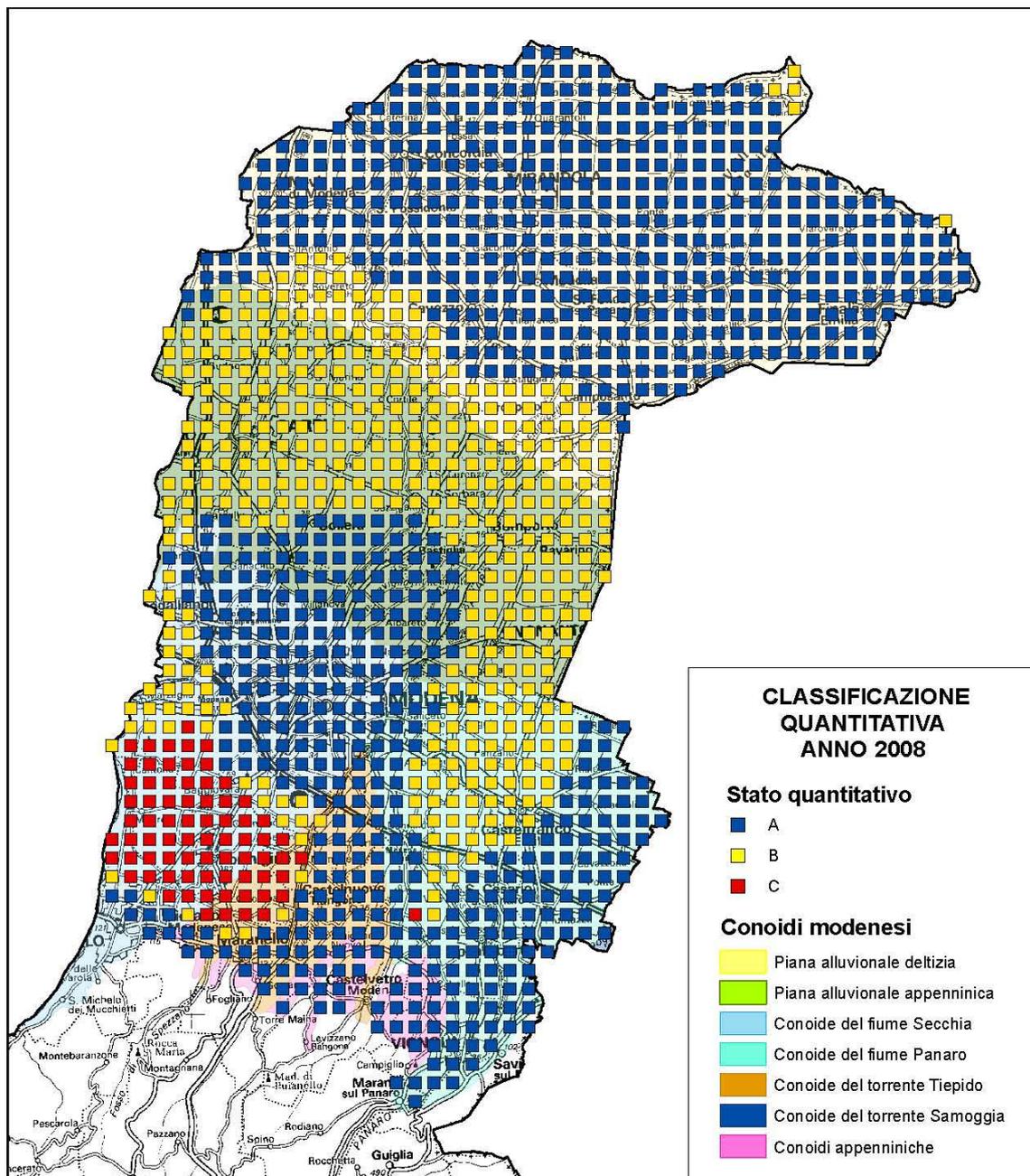


Figura 28 – Classificazione quantitativa.

Nella conoide del fiume Secchia 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 del 2005. 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 conoide distale del Secchia, fino alla piana alluvionale appenninica a nord di Modena, lo stato quantitativo della falda risulta in classe A.

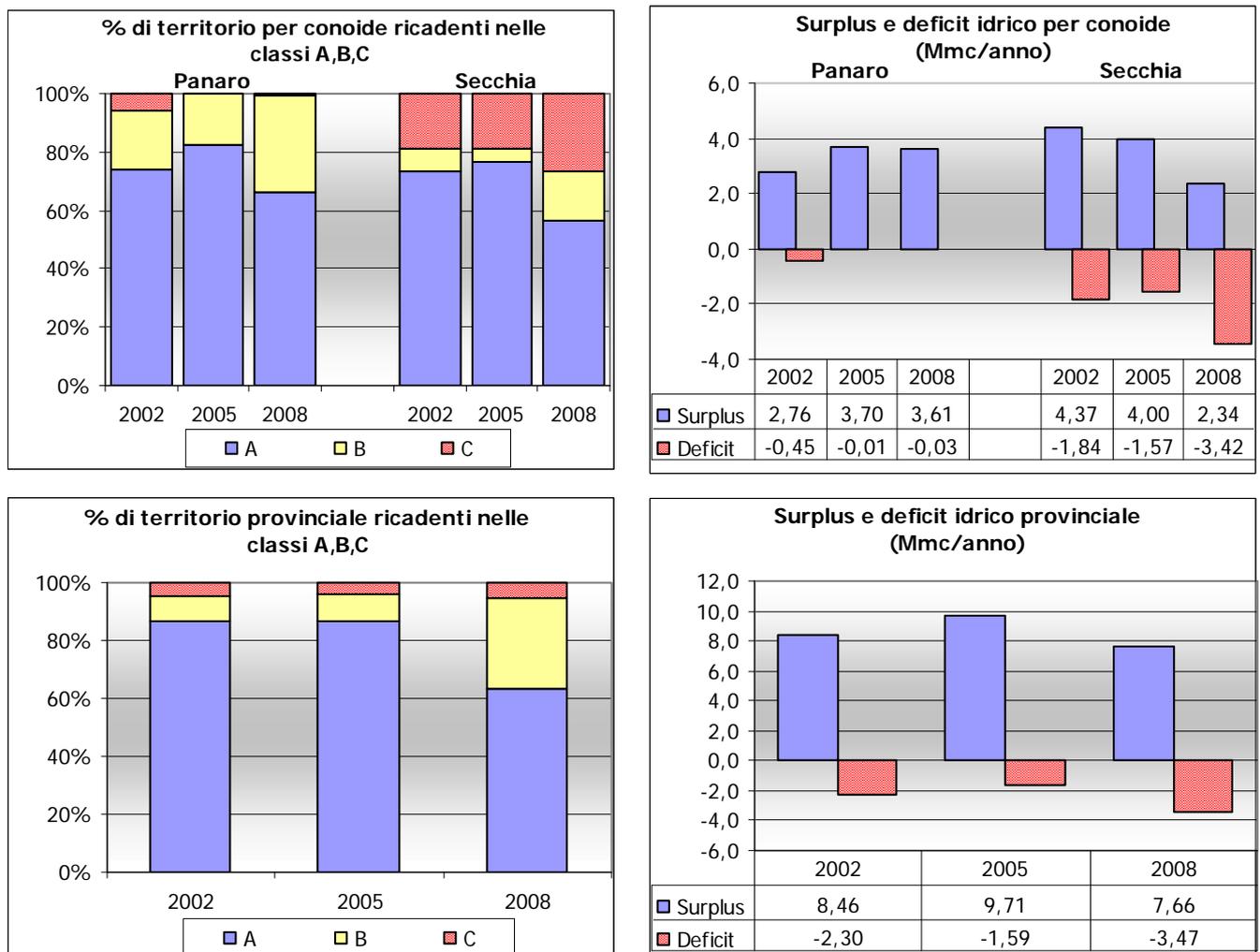
Nella restante parte della piana alluvionale appenninica fino al margine della piana alluvionale deltizia, si registra un significativo peggioramento dello stato quantitativo dalla classe A alla classe B.

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

Da una analisi complessiva del bilancio idrico nelle conoidi maggiori emerge un significativo peggioramento dello stato quantitativo dal 2002 ad oggi. Per il 2008 nella conoide del fiume Panaro oltre il 66% del territorio risulta classificato in classe A, circa un 33,5% in classe B e solo uno 0,5% in classe C.

Significativamente più critica risulta la situazione nella conoide del Secchia, con oltre il 40% di territorio in deficit idrico (classe B 16,5% e classe C 26,7%).

Anche il dato complessivo provinciale, evidenzia un incremento del deficit idrico con un incremento delle aree in classe B, a scapito della classe A; sostanzialmente costante la percentuale di territorio in classe C.



**Figura 29** – Percentuali di territorio ricadenti nelle tre classi quantitative e deficit e surplus idrico nelle conoidi dei fiumi Panaro e Secchia e totale provinciale – anni 2002,2005, 2008.

## LA CLASSIFICAZIONE AMBIENTALE

La classificazione ambientale delle acque sotterranee è definita dalle cinque classi riportate in Tabella 10 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).

Lo stato di qualità ambientale dei corpi idrici sotterranei è definito sulla base di cinque classi come riportato in Tabella 11.

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 10** - 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 11** – Definizioni dello stato ambientale per le acque sotterranee.

Dalla Tabella 10 si osserva l'incidenza della classificazione qualitativa Classe 0 nei confronti dello stato ambientale in quanto, indipendentemente dalle condizioni di sfruttamento quantitativo, questa origina lo stato naturale particolare. Si segnala inoltre che la differenziazione tra le Classi 2 e 3, basata sul solo valore di concentrazione dei nitrati, determina, nel caso di non eccessivo sfruttamento della risorsa (classi quantitative A e B), il passaggio tra lo stato di buono e quello di sufficiente. Lo stato ambientale scadente può essere il risultato di una combinazione solo parzialmente negativa, come ad esempio la sovrapposizione della Classe qualitativa 4 con la Classe quantitativa A oppure della Classe qualitativa 2 con la Classe quantitativa C. Queste ultime combinazioni aggravano lo stato ambientale determinando un'ampia casistica di punti a stato ambientale scadente.

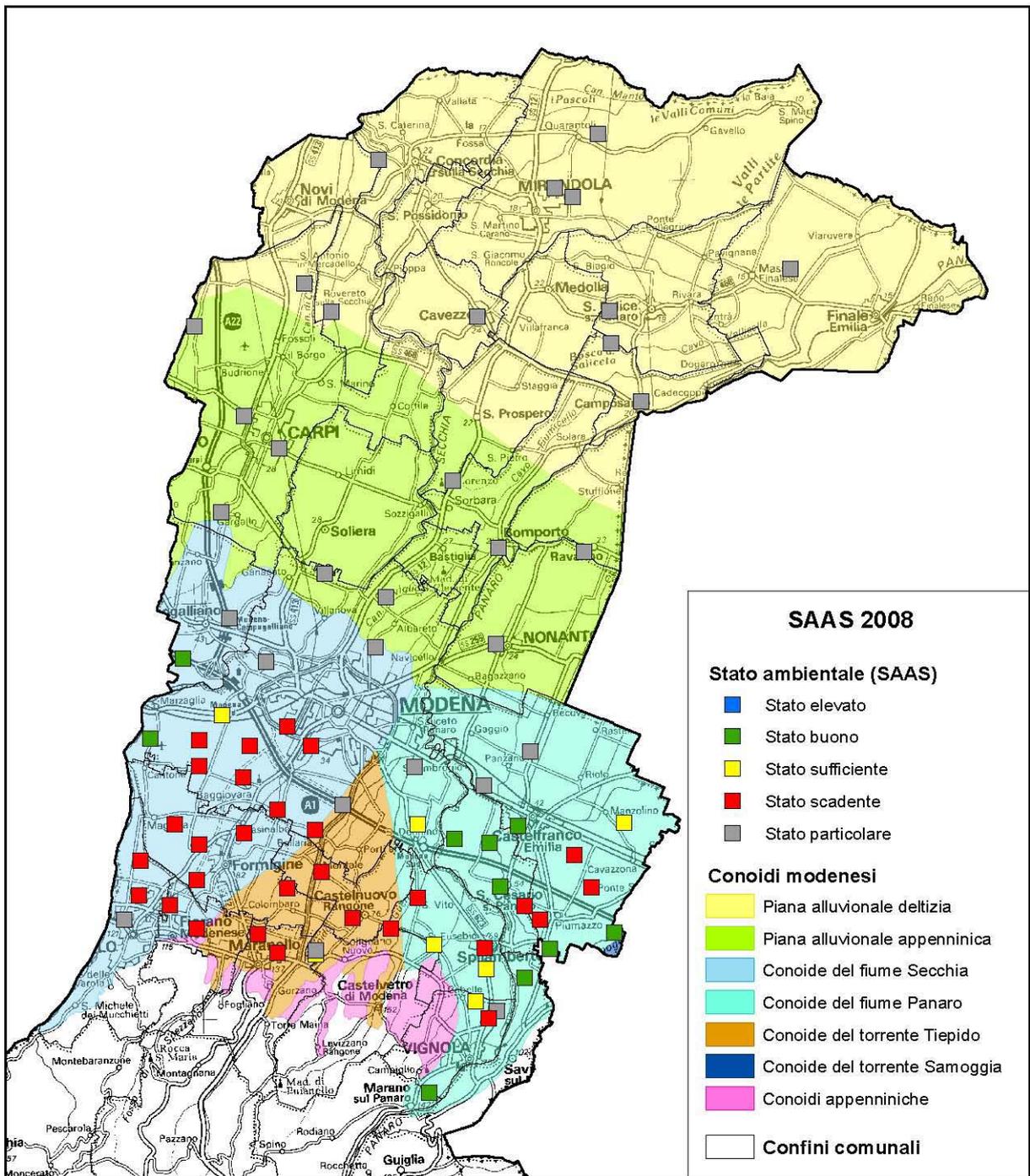
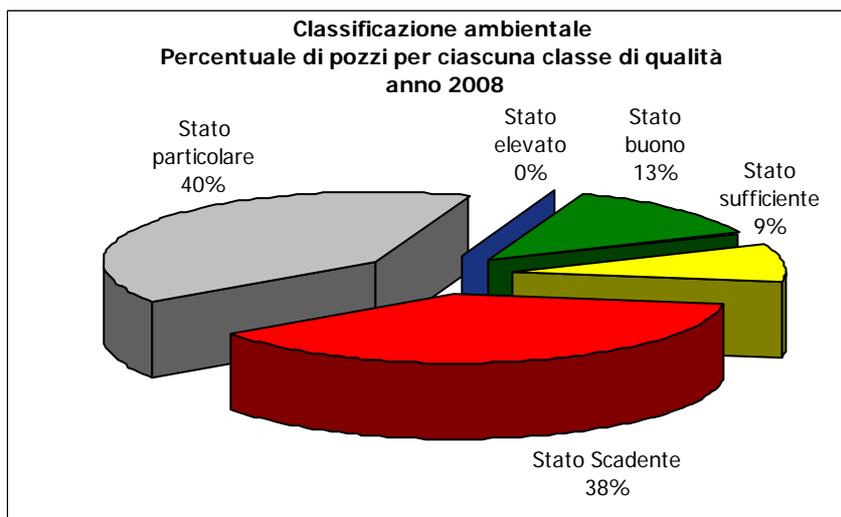
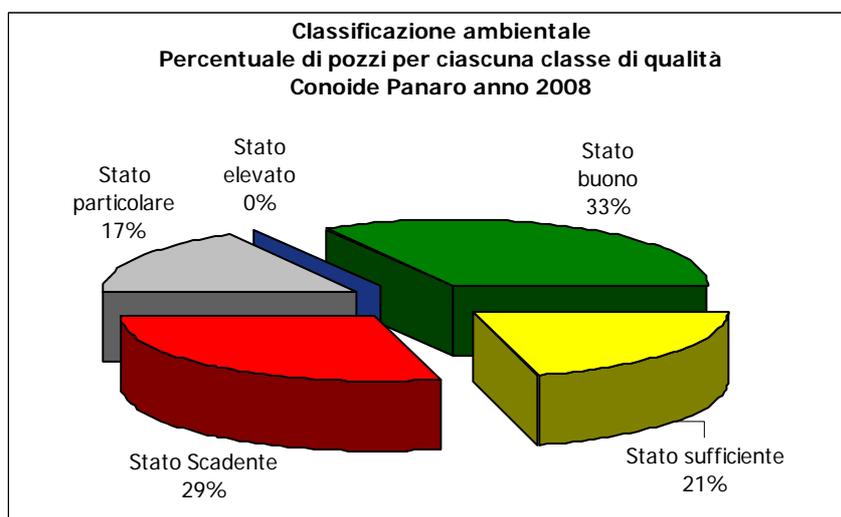


Figura 30 - Stato ambientale – anno 2008

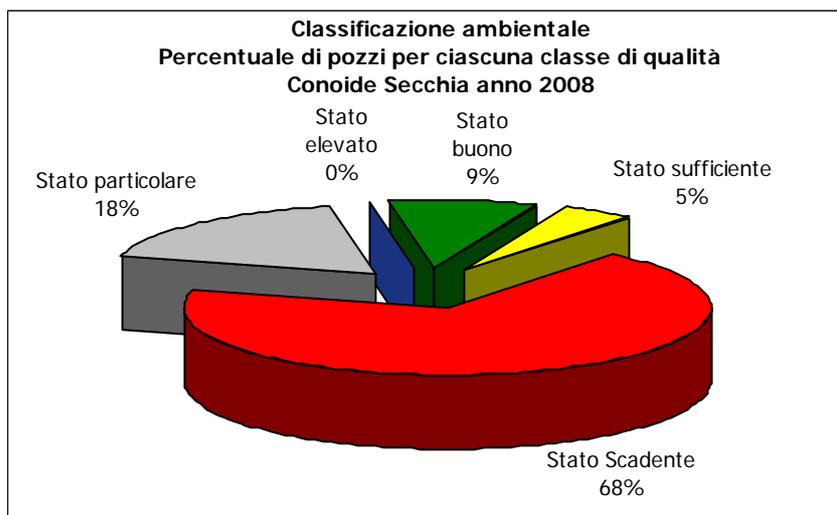


**Figura 31** – Percentuale dei pozzi delle reti di monitoraggio Regionale e Provinciale appartenenti a ciascuna classe di qualità – anno 2008.

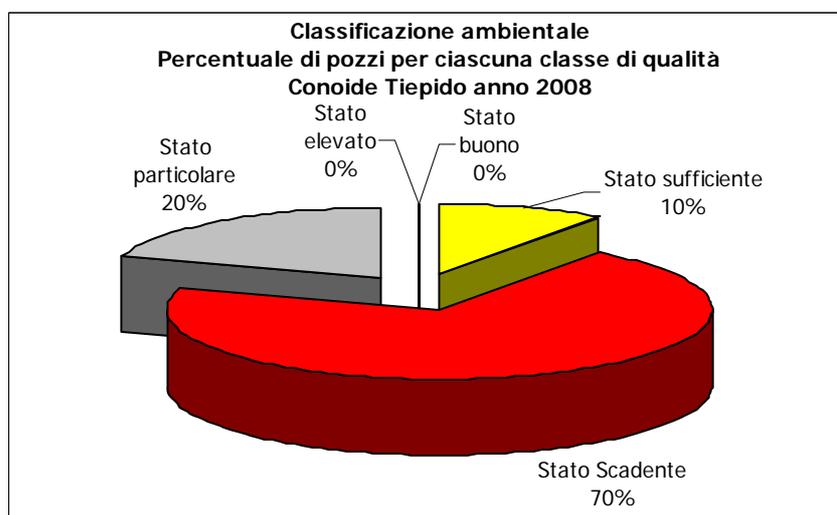


**Figura 32** - Composizione percentuale delle diverse classi di stato ambientale conoide fiume Panaro – anno 2008.

La normativa, nella individuazione dello stato ambientale, considera prevalente gli aspetti qualitativi delle acque, piuttosto che il ridotto disequilibrio idrogeologico (Figura 30). Ne consegue che lo stato ambientale risulta buono per il 33% delle acque nella conoide del Panaro, mentre circa un quinto di esse viene classificato come sufficiente (21%) e il 29% come stato ambientale scadente (Figura 32).



**Figura 33** - Composizione percentuale delle diverse classi di stato ambientale conoide fiume Secchia- anno 2008.



**Figura 34** - Composizione percentuale delle diverse classi di stato ambientale conoide torrente Tiepido - anno 2008.

Per quanto attiene la conoide del fiume Secchia (Figura 33) solamente il 9% dei pozzi presenta condizioni di buona qualità, mentre oltre il 70% dei punti viene classificato in classe 3 e 4 a causa delle elevate concentrazioni di nitrati. Si rileva uno scadimento qualitativo significativo rispetto al biennio precedente.

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 per entrambe le conoidi prevalga lo stato ambientale scadente (Figura 34).

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

## CONCLUSIONI

Nella presente relazione si è cercato di approfondire ulteriormente la conoscenza quali-quantitativa sulle acque sotterranee provinciali. L'analisi relativa alla presenza dei nitrati conferma quanto sottolineato nei precedenti report relativi agli anni 2001-2002, 2003-2004 e 2005-2006 ossia un progressivo e costante avanzamento del fronte dell'isocono dei 50 mg/l, in particolare nell'area a sud di Modena, segnalata sia dai dati della rete di monitoraggio, che dall'andamento crescente delle concentrazioni rinvenute nei campi acquiferi dell'area di Cognento. Il confronto tra le isocone del 1994, del 2000 del 2006 e quelle elaborate per il 2008 (Figura 58) conferma e rafforza quanto precedentemente evidenziato.

La situazione descritta suggerisce ancora l'urgenza di predisporre 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.

Nel PTCP vigente, approvato con D.C.P. n° 46 del 18 marzo 2009, sono prefigurate misure, azioni e programmi atti a ridurre le problematiche evidenziate, al fine del raggiungimento degli obiettivi dettati dalla normativa vigente, temi per altro precedentemente affrontati nella "Variante al PTCP in attuazione del PTA".

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. 13B, comma 4, lett.c delle Norme di attuazione del vigente PTCP) avrà il compito specifico di individuare delle azioni specifiche che contrastino la tendenza in atto.