



APAT



Criteria per il rilevamento e la classificazione dello stato di qualità ecologico e chimico delle acque, con particolare riferimento all'applicazione del decreto legislativo 152/99

Sottoprogetto 10

Messa a punto e sperimentazione di nuovi sistemi di monitoraggio delle acque sotterranee rivolti all'implementazione applicativa del D. Lgs. 152/99

Caratterizzazione degli acquiferi alluvionali umbri della Conca Eugubina, Alta e Media Valle del Tevere

Rapporto Tecnico/2

Ottobre 2005

arpa umbria

Pag / indice

03 / Introduzione

03 / Alta Valle del Tevere

03 / Caratteristiche dell'acquifero

05 / Inquadramento idrogeochimico

07 / Andamento dei nitrati nel periodo 1998-2003

08 / Stato quantitativo, Stato chimico e Stato ambientale dell'acquifero dell'Alta Valle del Tevere ai sensi del DLgs 152/99.

12 / Conca Eugubina

12 / Caratteristiche dell'acquifero

14 / Inquadramento idrogeochimico

16 / Andamento dei nitrati nel periodo 1998-2003

17 / Stato quantitativo, Stato chimico e Stato ambientale dell'acquifero della Conca Eugubina ai sensi del DLgs 152/99.

20 / Media Valle del Tevere

20 / Caratteristiche dell'acquifero

22 / Inquadramento idrogeochimico

24 / Andamento dei nitrati nel periodo 1998-2003

26 / Stato quantitativo, Stato chimico e Stato ambientale dell'acquifero della Media Valle del Tevere ai sensi del DLgs 152/99.

32 / Bibliografia

33 / Tavole

Gruppo di Lavoro

Redazione

Dott.ssa Alessandra Santucci
Dott. Nicola Morgantini
Dott.sa Sonia Renzi

Coordinamento

Dott. Angiolo Martinelli

Versione

Rev. 0

Visto

Dott. Giancarlo Marchetti

INTRODUZIONE

Nel presente lavoro vengono forniti tutti gli elementi conoscitivi che hanno permesso di caratterizzare gli acquiferi alluvionali umbri dell'Alta Valle del Tevere, della Media Valle del Tevere e della Conca Eugubina (Tav.1).

Nella prima parte per ognuno dei tre acquiferi vengono descritte le caratteristiche geologiche e litologiche e viene presentato il quadro piezometrico, nonché i rapporti idraulici con il reticolo idrografico e con gli acquiferi contigui, ricostruiti sulla base di vari Studi e Ricerche effettuati in queste aree.

Nella seconda parte viene discusso il quadro idrogeochimico risultante dalla trattazione dei dati acquisiti nel periodo 1998-2003 mediante il monitoraggio periodico di questi corpi idrici, effettuato prima nell'ambito del Progetto Prismas poi ai sensi del DLgs 152/99. In particolare, viene mostrato l'andamento dei nitrati, in quanto principale indicatore di inquinamento diffuso per questi corpi idrici. Nell'ultima parte viene presentata la classificazione dello stato quantitativo, chimico e ambientale determinato per ciascun acquifero, ai sensi del DLgs 152/99. Per la definizione dello stato quantitativo sono stati elaborati i dati del monitoraggio periodico in discreto e in continuo effettuato negli ultimi anni al fine di ricostruire lo stato attuale delle risorse ed individuare le tendenze evolutive. Il confronto con i dati storici di piezometria e di portata delle sorgenti, ha permesso di individuare eventuali effetti dei prelievi sulla disponibilità della risorsa idrica. Per la definizione dello stato chimico sono stati elaborati i dati relativi al monitoraggio nel periodo 2002-2004, messi a confronto con la precedente classificazione effettuata sui dati del 1998-2001. Lo stato ambientale viene definito in base alla sovrapposizione dello stato quantitativo e di quello chimico effettuando tuttavia una "semplificazione" delle "zonazioni", ovvero valutando per ciascun acquifero o settore idrogeologicamente differenziabile di esso, lo stato chimico e lo stato quantitativo prevalente.

1. ALTA VALLE DEL TEVERE

1.1 Caratteristiche dell'acquifero

1.1.1 Geologia e litologia

L'Alta Valle del Tevere è una ampia zona alluvionale che si estende dalla stretta di Montedoglio fino all'altezza di Città di Castello per circa 130 Km². Di questa superficie un 40% ricade al di fuori della Regione Umbria.

I terreni che bordano i depositi alluvionali nel settore orientale sono rappresentati da formazioni flyschoidi della serie Umbro-Marchigiana e di quella Toscana s.l.; nella porzione nord-occidentale sono costituiti da terreni argilloso-calcarei, argillo-scistososi e metamorfici della serie ofiolitifera alloctona ligure formante i Monti Rognosi. Depositi fluvio-lacustri si rinvengono, nel settore occidentale, da Anghiari a Citerna, e, in quello meridionale, all'altezza di Città di Castello.

Per quanto riguarda i depositi alluvionali, si rilevano situazioni differenti all'interno della piana. E' presente una fascia, posta lungo il margine orientale da S.Sepolcro, in Toscana, a Città di Castello, costituita da alluvioni antiche terrazzate giacenti a quote fino a 50 metri al di sopra di quelle attuali; la massima ampiezza del deposito si osserva a partire dalla porzione a sud di S.Giustino. Tra queste alluvioni e l'alveo attuale del Tevere, si interpongono altre alluvioni terrazzate con una elevazione inferiore rispetto al fiume. Situazione analoga si ripete in destra del Tevere ma interessa fasce arealmente ridotte.

La parte centrale della piana è caratterizzata da un materasso alluvionale con spessori massimi superiori a 100 metri, ben sviluppato nel settore centro-settentrionale della valle.

In destra idrografica del Tevere, nella porzione compresa tra l'asta del fiume e il Torrente Cerfone, le alluvioni sono prevalentemente ghiaiose e raggiungono spessori massimi di circa 130 metri nell'area di S.Romano. Spostandosi verso sud si rinvengono ghiaie in matrice argillosa o alternate a livelli argillosi; la componente fine diventa progressivamente più abbondante. Nella zona della confluenza Tevere-Cerfone il materasso ghiaioso si riduce drasticamente a non più di venti metri.

In sinistra idrografica del Tevere, tra Sansepolcro e Selci, i depositi ghiaioso-sabbiosi hanno uno spessore ridotto. Le alluvioni terrazzate costituiscono una esigua copertura dei depositi del precedente ciclo sedimentario continentale (delta fluvio-lacustri) che a sua volta poggia a ridotte

profondità sul substrato costituito dalle formazioni marnose ed arenacee mioceniche. In prossimità del Torrente Afra si hanno i massimi spessori di terreni a granulometria grossolana. Nell'area tra Selci e Città di Castello prevalgono le condizioni erosive e solo in prossimità dei corsi d'acqua si osservano depositi recenti a granulometria variabile e ridotto spessore. Il litotipo principale è un deposito a granulometria grossolana di tipo conglomeratico riconducibile ad ambiente deltizio con spessore massimo di circa 80 m.

Nella zona meridionale della valle, fino alla stretta a sud di Città di Castello, le alluvioni presentano spessori estremamente ridotti e sono prevalentemente fini. I massimi spessori si osservano in prossimità dell'alveo del Tevere e non superano 10 metri. In destra idrografica il fiume scorre a contatto con il substrato conglomeratico. In sinistra idrografica, al margine della valle, si rinviene il deposito deltizio osservato più a nord.

1.1.2 Piezometrie

Il primo quadro piezometrico a disposizione è quello ricostruibile sulla base delle indagini effettuate nel periodo 1975-1982, che fornisce informazioni importanti sul comportamento della falda alluvionale. I principali elementi sono la presenza, nella parte settentrionale, di un asse di deflusso principale parallelo al fiume Tevere a ovest dell'attuale alveo e l'esistenza di gradienti molto diversi tra la parte centro-meridionale, dove i valori sono estremamente bassi, e le porzioni nord occidentale e orientale.

Sulla base degli stessi dati, la soggiacenza nei depositi alluvionali nella fascia centrale della valle risultava in genere inferiore a 10 metri, nell'area ad ovest di Sansepolcro si manteneva più superficiale per la presenza di strati argillosi che determinavano condizioni locali di risalienza, mentre nella zona della conoide del Torrente Lama raggiungeva valori dell'ordine di 20 metri.

Le piezometrie realizzate sui dati del periodo 1990-1992 forniscono ulteriori informazioni.

Si individuano fenomeni locali di risalienza sia a margine della valle, sia nell'area compresa tra le conoidi dei torrenti Afra e Lama.

Il principale asse di deflusso coincide con l'attuale alveo del Tevere esclusivamente nel settore meridionale della valle, mentre nella parte settentrionale si conferma l'andamento già osservato

I dati piezometrici di questo periodo consentono inoltre un confronto tra situazione di morbida e di magra. L'andamento delle isopieze mostra modifiche stagionali significative indotte dalla diversa entità della ricarica da parte del fiume Tevere e degli affluenti laterali. Le oscillazioni del livello di falda si mantengono nell'ordine di 2 metri nella porzione centrale della valle, in prossimità del fiume Tevere, sono più ampie nel settore orientale della piana.

1.1.3 Scambi con il reticolo idrografico e con gli acquiferi contigui

Sulla base dei dati 1975-1982, nella zona compresa tra l'ingresso del Tevere nella piana e la direttrice S.Sepolcro-Gricignano risultava chiara l'alimentazione della falda da parte del fiume Tevere. Tale alimentazione è stata stimata tra 650 e 800 l/s nel tratto compreso tra Anghiari ed Ponte Anghiari. Le misure idrometriche sul Tevere confermavano questa alimentazione che, nel tratto Montedoglio-Ponte Anghiari, veniva stimata in circa 500-1000 l/s, evidenziano l'equilibrio falda-fiume tra Ponte Anghiari e la confluenza con il Torrente Afra, e l'alimentazione del fiume da parte della falda, stimata in circa 600-1800 l/s, più a sud.

I dati del periodo 1990-1992 confermano l'alimentazione dell'acquifero da parte del fiume nell'area nord-occidentale in destra idrografica mentre in sinistra idrografica il rapporto falda-fiume risulta invertito.

In generale i terreni che bordano l'acquifero alluvionale sono caratterizzati da bassa permeabilità e sono sede di acquiferi poco estesi e consistenti. Pertanto l'alimentazione laterale al sistema alluvionale da parte di questi non è significativa. Modeste ricariche si verificano in corrispondenza delle conoidi formate da corsi d'acqua secondari, quali i torrenti Afra e Lama, al loro ingresso in valle.

1.2 Inquadramento idrogeochimico (dati 1998-2003)

In Alta Valle del Tevere sono stati utilizzati 325 dati analitici, ottenuti nel corso delle campagne di campionamento effettuate tra il 1998 e il 2001 (10 campagne) su circa 30 punti di prelievo distribuiti nell'intera valle, mentre nel periodo successivo sui soli 16 punti localizzati nella porzione umbra dell'acquifero.

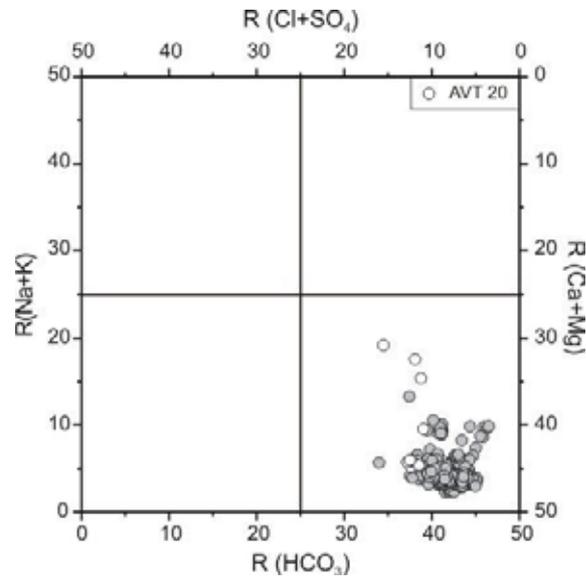


Fig. 1 – Diagramma Langelier-Ludwig: acquifero dell'Alta Valle del Tevere

Dai diagrammi Langelier-Ludwig è possibile classificare le acque come bicarbonato alcalino-terrose, chimismo controllato dagli equilibri della calcite e delle specie carbonatiche in soluzione. Si possono tuttavia notare alcuni trend di dispersione. In particolare i campioni del punto AVT 20, presentano i contenuti in solfati più elevati, per questo punto nelle ultime quattro campagne si osserva un significativo aumento in cloro e nei termini alcalini accompagnati da una riduzione in solfati e magnesio. I punti AVT 4, 8, 30 e 31 presentano una composizione che tende verso termini alcalini. Le salinità per il 92% dei campioni sono comprese tra 0.4 e 0.8 g/l (10-21 meq/l). I campioni con salinità più bassa sono localizzati nella parte settentrionale della valle e in prossimità del fiume Tevere a testimonianza di un processo di interazione falda fiume che produce un effetto di diluizione nelle acque sotterranee.

Nelle zone più marginali e nel settore meridionale della valle, dove non sono evidenti fenomeni di scambio con il fiume, le acque mostrano un incremento in alcalini, in solfati e magnesio.

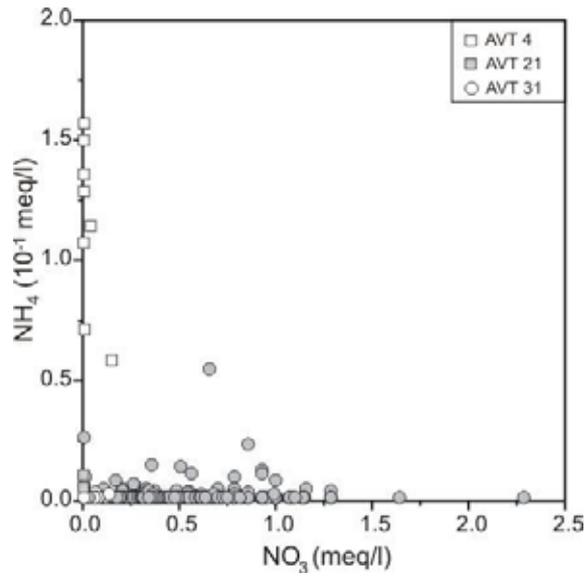


Fig. 2 – Diagramma NO_3 vs NH_4 : acquifero dell'Alta Valle del Tevere

Dal diagramma NO_3 vs NH_4 è evidente come la quasi totalità delle acque campionate presenti valori dello ione ammonio prossimi al limite di sensibilità analitica. Fanno eccezione le acque dei pozzi AVT 4, AVT 21 e AVT 31, per i quali i valori Eh e di NH_4^+ , indicano condizioni prossime alla neutralità o debolmente riducenti. Per questi tre pozzi, che presentano basse concentrazioni in nitrati e salinità elevata, si può ipotizzare che intercettino anche livelli acquiferi in condizioni confinate.

Nel grafico Salinità vs NO_3 , i campioni relativi a questi tre punti individuano un gruppo distinto dal resto del dataset, che presenta un aumento della salinità a nitrati costanti. La correlazione positiva salinità-nitrati è invece ben evidente per tutti gli altri campioni.

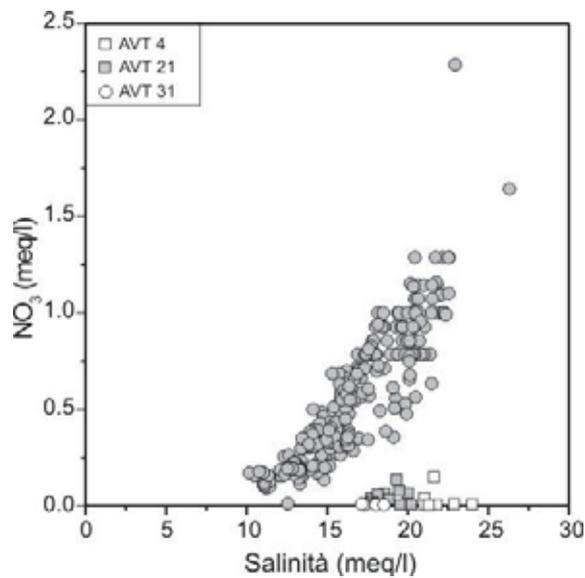


Fig. 3 – Diagramma Salinità vs NO_3 : acquifero dell'Alta Valle del Tevere

1.3 Andamento dei nitrati nel periodo 1998-2003

La mediana delle concentrazioni in nitrati delle acque dell'Alta Valle del Tevere presenta, nel periodo compreso tra la primavera '98 e l'autunno del 2003, un leggero trend di crescita nella concentrazione in nitrati, anche se la variabilità si mantiene bassa.

Il valore della mediana delle concentrazioni di nitrati si attesta intorno a 24 mg/l tra la primavera '98 e l'autunno '99; successivamente, fino alla primavera '01, si ha un leggero aumento, con valori della mediana che oscillano intorno a 25 mg/l. Il valore minimo (20.4 mg/l) si registra nell'autunno '01, ma già dalla campagna successiva si assiste ad un aumento delle concentrazioni di inquinante fino alla primavera '03, quando la mediana raggiunge il valore massimo (30.8 mg/l). Infine, nell'autunno '03, tale valore scende nuovamente sotto i 30 mg/l, raggiungendo un valore poco più elevato rispetto a quello registrato durante la prima campagna (PRI'98 M=21,9; AUT'03 M=27,5).

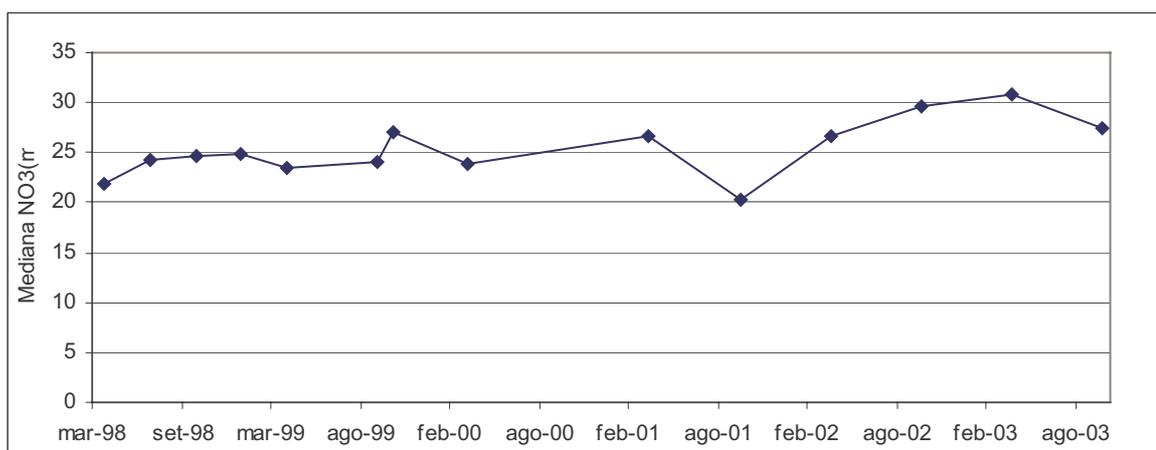


Fig.4 - Andamento della mediana delle concentrazioni di nitrati nel periodo 1998-2003 in Alta Valle del Tevere.

Considerando la bassa variabilità dei valori di concentrazione in nitrati nell'arco di tempo considerato e l'esiguo numero di dati relativi a ciascuna campagna di campionamento, si è deciso di effettuare la suddivisione in diverse popolazioni, considerando i dati nel loro insieme. Sono state individuate due popolazioni, una che rappresenta le concentrazioni più elevate di nitrati ("anomalia") ed una che rappresenta il tenore di fondo in nitrati ("background"), separate da una soglia di circa 4.5 mg/l che è effettivamente compatibile con il passaggio da tenori in nitrati naturali a quelli legati a fenomeni di inquinamento:

- popolazione di background, che costituisce il 9% circa della totalità dei dati, con un valore medio pari a 0.5 mg/l;
- popolazione di anomalia, che comprende il 91% dei dati, con un valore medio di 34.5 mg/l.

Visto l'elevato numero di valori al di sotto del limite di sensibilità strumentale, che rappresenta il 5% del totale dei dati e circa il 50% della popolazione di background, la definizione del valore medio di questa popolazione è incerta, in ogni caso le due popolazioni sono ben distinte.

Dall'andamento della curva di probabilità cumulativa, si nota come una percentuale relativamente bassa dei campioni (circa il 18%), presenta concentrazioni superiori al limite di 50 mg/l.

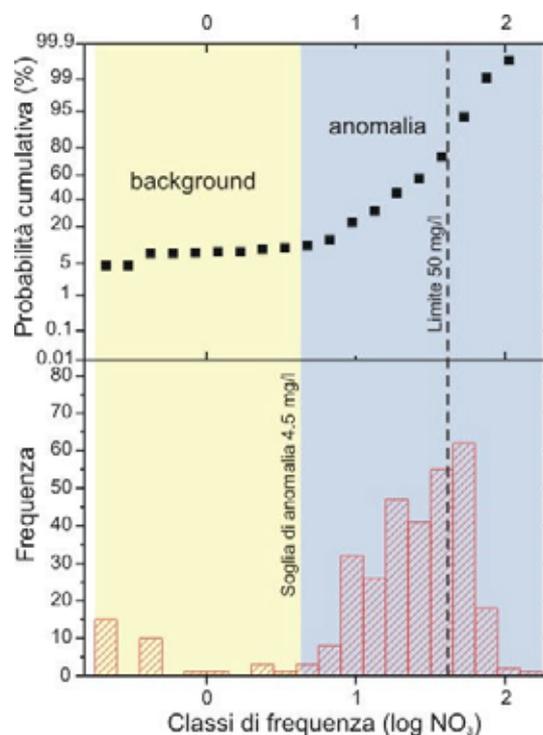


Fig. 5 - Istogramma di distribuzione dei nitrati in Alta Valle del Tevere relativi al periodo 1998-2003.(Elaborazione effettuata con Metodo di Sinclair e t-test di Siechel)

1.4 Stato quantitativo, Stato chimico e Stato ambientale dell'acquifero dell'Alta Valle del Tevere ai sensi del DLgs 152/99.

1.4.1 Stato quantitativo

L'analisi dei dati piezometrici disponibili nell'ultimo trentennio non evidenzia particolari situazioni degenerative.

Dai dati precedenti all'attivazione del monitoraggio periodico (1998) sono evidenti fasi critiche stagionali e pluriennali, che sembrano essersi attenuate da quando è entrata in funzione la Diga di Montedoglio sul Tevere, immediatamente a monte dell'acquifero. Attualmente dalla diga viene rilasciata in alveo una portata mai inferiore a 1000 l/s per tutto l'anno, portata superiore a quella naturale dei mesi di magra. Il valore medio annuo è di quasi 3000 l/s. L'effetto della diga sembra aver comportato una stabilizzazione dei livelli di falda in tutta la fascia centrale dell'acquifero collegata idraulicamente al Fiume Tevere.

Tale effetto è ben evidente dai dati piezometrici in continuo relativi al periodo 2001-2004 (Fig.6). Le due stazioni piezometriche, poste ad ovest (Pistrino) e ad est (Riosecco) del fiume Tevere, mostrano un andamento concordante del livello di falda, e si osserva che le aree monitorate non hanno risentito sensibilmente della siccità che ha colpito l'Umbria nel biennio 2001-2002.

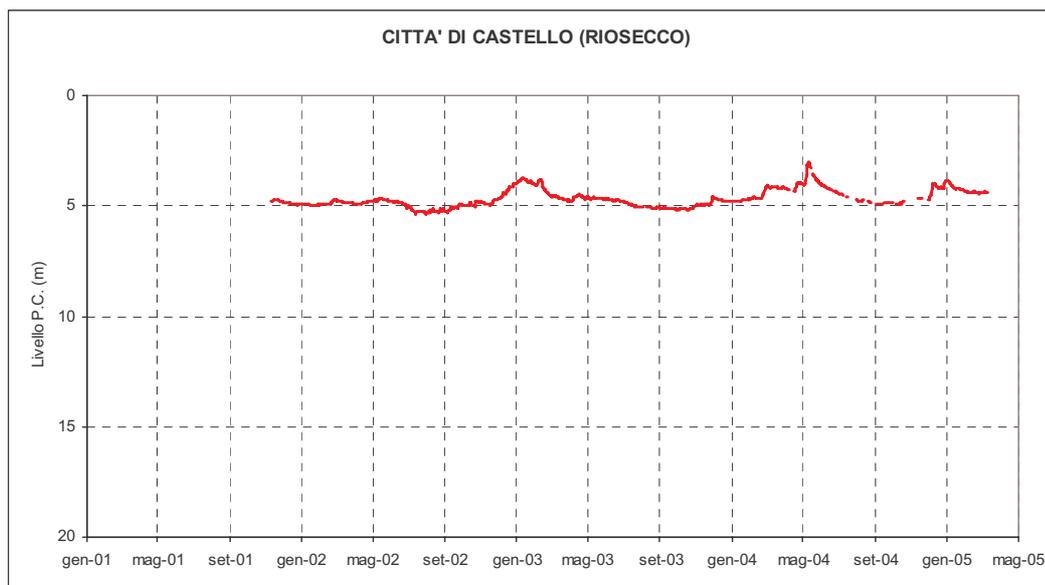
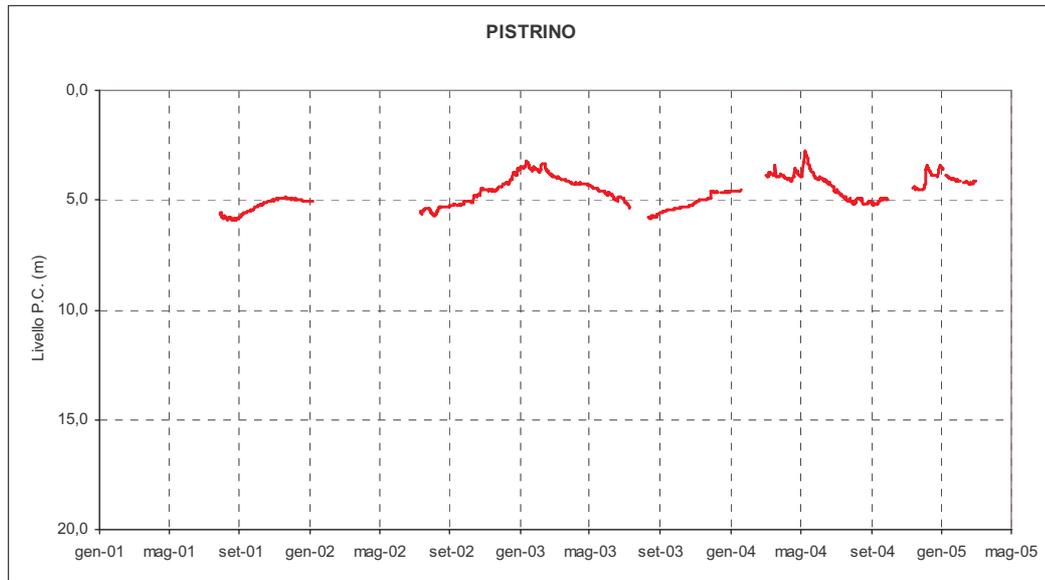


Fig.6 - Andamento dei livelli piezometrici registrati in continuo nell'Alta Valle del Tevere (anni 2001-2004)

L'effetto è evidente anche dai dati del monitoraggio quantitativo discreto (periodo 1998-2003). L'andamento dei livelli piezometrici nei punti della rete di monitoraggio (Fig.7) evidenziano, per la parte umbra dell'acquifero, l'esistenza di condizioni di variabilità stagionale differenziate tra il settore centrale (prossimo al fiume Tevere) e la fascia orientale. Nel primo settore si osserva una sostanziale stabilità della superficie piezometrica mentre nel settore orientale una sensibile suscettività agli eventi climatici meno favorevoli quali la crisi idrica del biennio 2001-2002. I pozzi situati lungo la fascia orientale dell'acquifero, mostrano infatti oscillazioni stagionali dell'ordine di 5 metri, mentre gli altri pozzi, che risentono della alimentazione del fiume Tevere, intorno a 0,5 metri. In sintesi lo stato quantitativo dell'acquifero può essere considerato prossimo a condizioni di equilibrio per tutta la zona centrale che viene inserita in Classe A mentre per il settore orientale, più sensibile ai prelievi, viene proposta la Classe B.

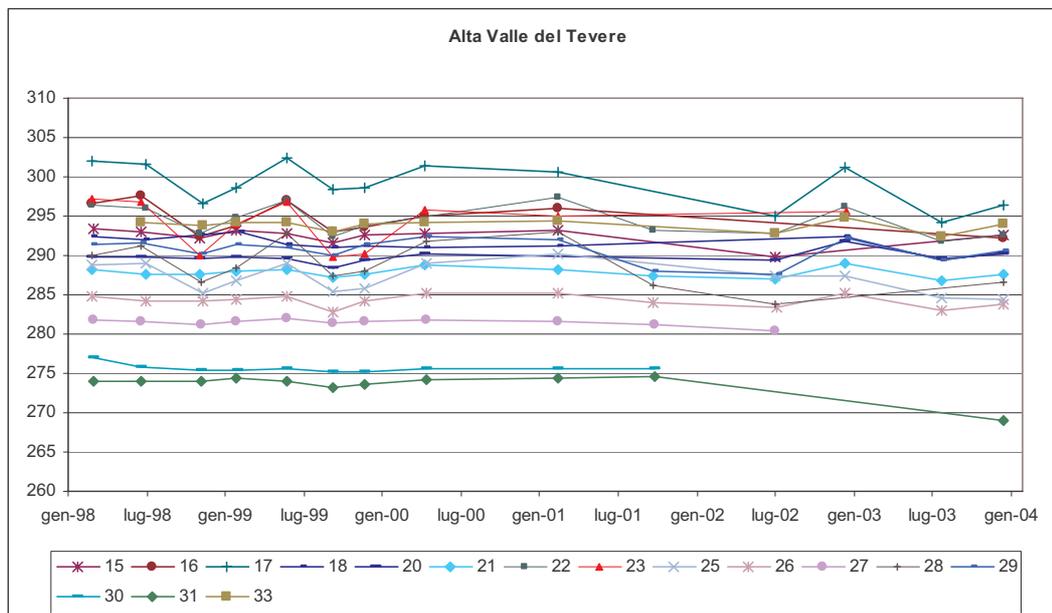


Fig.7 - Livelli di falda nei punti della rete di monitoraggio in Alta Valle del Tevere (anni 1998-2003)

1.4.2 Stato chimico

La classificazione chimica delle acque dell'Alta Valle del Tevere è stata effettuata sulla base dei dati del monitoraggio effettuato solamente sui 16 punti della rete ricadenti in Umbria. Dal confronto tra i dati del 1998-2001 e quelli del 2002-2004, si evidenzia sostanzialmente una conferma della situazione.

In tabella viene presentata la classe di appartenenza delle acque campionate per i due periodi considerati. L'assenza di punti in classe 1 è legata al parametro conducibilità elettrica, sempre superiore, nel suo valore medio, a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Per quanto riguarda i parametri macrodescrittori, in tutti e due i periodi il tenore in nitrati è il parametro che maggiormente determina il decadimento della qualità. Rispetto alla prima classificazione nel periodo 2002-2004 si osservano variazioni solo in un caso legato alla riduzione della concentrazione in questo parametro. Si tratta comunque di un'oscillazione intorno al valore soglia della classe. Lungo l'asse del fiume Tevere la concentrazione in nitrati si mantiene sempre inferiore a 25 mg/l, allontanandosi dal fiume aumenta gradualmente fino a valori superiori a 50 mg/l in tutta la fascia orientale della valle (Tav.2 - Distribuzione delle concentrazioni medie in nitrati nell'acquifero della Alta Valle del Tevere (2002-2004)).

Per quanto riguarda i microinquinanti, nel periodo 1998-2001 due punti superano i limiti di concentrazione previsti dalla norma per i prodotti fitosanitari e uno per i composti organo alogenati volatili. Nel triennio 2002-2004 l'inquinamento da addizionali interessa tre punti diversi dai precedenti dove vengono superati i valori soglia rispettivamente per prodotti fitosanitari, Selenio e Nichel.

Tab.1 – Acquifero dell’Alta Valle del Tevere: Classe chimica per punti di monitoraggio (periodi 1998-2001 e 2002-2004)

	Numero punti per classe periodo 1998-2001			Numero punti per classe periodo 2002-2004		
	Classe Macro descrittori	Classe Parametri Addizionali	Classe chimica	Classe Macro descrittori	Classe Parametri Addizionali	Classe chimica
classe 1	0		0	0		0
classe 2	5		4	6		6
classe 3	5		5	4		2
classe 4	4	2	5	4	3	6
classe 0	2		2	2		2

L’analisi dei valori “positivi” (anche se inferiori al valore soglia) fornisce molte informazioni aggiuntive.

Per quanto riguarda i composti organo alogenati volatili, che nel periodo 1998-2001 risultavano inferiori al limite di rilevabilità analitico, nel periodo 2002-2004 venivano riscontrati in concentrazioni inferiori alla soglia di 10 µg/l, in quasi tutti i punti di monitoraggio.

Significativa è la presenza di tetraclorotilene (Tav.3 – Tetracloroetilene nell’acquifero dell’Alta Valle del Tevere, periodo 2002-2004), sia nel 2003 che nel 2004, nella porzione nord orientale, e di Cloroetano in due punti della fascia nord occidentale a primavera 2004.

Per i prodotti fitosanitari nel periodo 1998-2001 era stata rilevata la presenza di tre principi attivi (esaclorobenzene, terbutilazina, metobromuron) in punti localizzati lungo la fascia orientale. Nel periodo 2002-2004 viene invece rilevata la presenza di “pendimetalin” in un punto in concentrazioni superiori a 0,5 µg/l.

L’elaborazione dei dati relativi al monitoraggio qualitativo nei periodi 1998-2001 e 2002-2004 ha consentito la zonazione chimica della porzione umbra dell’acquifero.

E’ stata individuata una fascia centrale in asse con il fiume Tevere con buone caratteristiche chimiche delle acque (classe 2). Tale zona è caratterizzata dalle migliori caratteristiche idrogeologiche e dal beneficiare della ricarica del fiume.

Allontanandosi dall’asta del fiume la qualità decade. La fascia orientale e la parte meridionale della valle, in cui l’acquifero ha minore consistenza e permeabilità, caratteristiche che favoriscono l’accumulo degli inquinanti, presenta qualità delle acque scadenti (classe 4).

1.4.3 Stato di qualità ambientale

La sovrapposizione dello stato chimico con lo stato quantitativo, porta a individuare nell’acquifero dell’Alta Valle del Tevere due settori a diverso Stato di Qualità Ambientale (Tav.4 – Stato di qualità ambientale dell’acquifero dell’Alta Valle del Tevere).

Al settore centrale, con buona qualità chimica delle acque e assenza di evidenze di impatti quantitativi sulla risorsa, viene attribuito Stato di Qualità Ambientale Buono. Le acque del settore presentano indizi di compromissione della qualità nelle fasce più lontane dall’asse del fiume Tevere. Il settore orientale e meridionale, con acque con caratteristiche idrochimiche scadenti per impatto antropico (classe 4) e moderate condizioni di disequilibrio quantitativo (classe B) viene classificato con Stato di Qualità Ambientale Scadente.

Tab.2 – Acquifero dell’Alta Valle del Tevere: Stato Ambientale

Settore	Superficie (km ²)	Stato quantitativo prevalente	Stato chimico prevalente	Stato Ambientale
Settore centrale	32	A	2	Buono
Settore orientale e meridionale	39	B	4	Scadente

2. CONCA EUGUBINA

2.1 Caratteristiche dell'acquifero

2.1.1 Geologia e litologia

La Conca Eugubina è delimitata a nord ovest dalla struttura dei Monti di Gubbio caratterizzata dalle formazioni calcaree e marnose della Serie Umbro-Marchigiana.

Il resto della Conca è delimitato dalla Formazione della Marnosa Arenacea costituita da marne con intercalazione di orizzonti arenacei e calcarenitici. La formazione della Marnosa Arenacea costituisce il substrato dei depositi continentali che colmano la Conca Eugubina.

A ridosso dei rilievi calcarei i depositi detritico-alluvionali hanno uno spessore superiore ai 200 m che decresce verso valle, dove si intercalano ai depositi fluvio-lacustri più fini; le relazioni tra i due tipi di deposito continentale sono di difficile interpretazione. Nella zona meridionale della Conca, fino all'altezza di Gubbio, la copertura alluvionale dei terreni fluvio-lacustri è esigua ed anzi, a parte i materiali depositi dal F. Chiascio nei pressi di Branca, possiamo parlare più di depositi colluviali che alluvionali; i corpi conglomeratici vengono ricondotti a paleodelta associati ad ambiente lacustre. Nel settore settentrionale i dati a disposizione non consentono di distinguere il passaggio tra i depositi alluvionali e i più antichi depositi fluvio lacustri.

Nell'area di affioramento dei depositi alluvionali sono state distinte tre zone.

La prima, ghiaioso-detritica, corrisponde alla fascia a ridosso delle coltri detritiche dove sono presenti cospicui orizzonti grossolani originatisi dal rimaneggiamento in ambiente fluviale dei detriti di falda, con un elevato contenuto in matrice fine. Lo spessore totale dei depositi va da un minimo di circa 60 metri a valori massimi che superano i 100 metri.

La seconda zona, sabbioso-limoso, si protende verso sud-est lungo il margine orientale della piana in una stretta fascia prossima ai rilievi della Marnosa Arenacea. E' caratterizzata da spessori ridotti (mediamente 20 metri), se si eccettuano delle piccole conoidi a ridosso del pendio.

La terza, infine, situata nella parte meridionale, è rappresentata dalla stretta valle del Chiascio dove si rinvergono depositi alluvionali a granulometria variabile poggianti sul substrato della Marnosa Arenacea ad un massimo di 50 m di profondità.

2.1.2 Piezometrie

Sulla base dei dati piezometrici relativi al periodo 1994-95 è stato ricostruito l'andamento della superficie di falda e la direzione delle principali linee di flusso sia per la fascia detritica che per l'area alluvionale.

Nella porzione ad ovest e nord-ovest di Gubbio, la soggiacenza decresce da nord-est a sud-ovest; le isopieze sono meglio definibili nelle alluvioni (dove presentano un basso gradiente idraulico) che a ridosso del pendio detritico. Indicano che il flusso principale è convergente verso la zona di Raggio. Il limite sudorientale è rappresentato da uno spartiacque sotterraneo che separa questo settore dal resto dell'acquifero.

Nella porzione ad est e sud-est di Gubbio, lo spessore del non saturo decresce verso sud; i gradienti idraulici sono regolari ed il flusso principale è diretto verso sud, dove alimenta il Torrente Saonda. Al contatto con i depositi fluvio-lacustri si ha emergenza della falda.

Nella piana alluvionale del Chiascio lo spessore del non saturo decresce verso sud; il flusso principale è diretto sempre verso sud ed è evidente lo scambio idraulico con il Fiume.

Nelle zone in cui si hanno depositi fluvio-lacustri (porzione sudoccidentale e meridionale della Conca) il non saturo è variabile e localmente mal definibile per la presenza di condizioni risalenti.

Il confronto con le piezometrie pregresse, risalenti al 1974 e al 1986-1987, è difficile a causa della scarsa confrontabilità delle misure dovuta alla incertezza delle quote dei punti di misura e non consente di individuare trend evolutivi chiari della superficie piezometrica.

Sono invece evidenti forti abbassamenti del livello piezometrico in alcune zone interessate da prelievi destinati ad alimentare acquedotti pubblici. Nella zona del campo pozzi di Raggio la piezometrica, nel periodo compreso tra il 1987 ed il 1994-95, ha subito un abbassamento di quasi 10 metri; in questo periodo è stato realizzato un nuovo campo pozzi, ubicato a monte di quello esistente, che ha consentito un incremento dei prelievi. La conseguenza è stata la modifica dell'andamento delle linee di flusso principali del settore settentrionale della conca, che fino al 1974 si dirigevano verso le aste fluviali dei torrenti Saonda e Assino, e la creazione di un flusso

centripeto verso il campo pozzi.

Anche nei pozzi di Mocaiana, nella parte settentrionale della Conca e nel pozzo Branca, al limite meridionale della stessa, le variazioni del livello della falda sono significative (circa 20 metri).

Nel pozzo Casamorcia infine, che attinge la falda dei calcari, il livello di falda nel 1996 è risultato 12 metri inferiore a quello rilevato nel 1975, anno di costruzione del pozzo.

2.1.3 Scambi con il reticolo idrografico e con gli acquiferi contigui

Alcuni dati rilevati nel 1975 (Idrotecneco, RPA, 1975) sul torrente Assino, sul Canale di Raggio e sul Fosso della Contessa indicavano che il T. Assino riceveva una ricarica dalla falda nel primo tratto di attraversamento della valle (lungo circa 1,5 km), che il Canale di Raggio riceveva una alimentazione mediamente di 110-140 l/s, che il Fosso Contessa, all'ingresso nella piana, alimentava la falda detritica ed alluvionale.

Nel periodo 1994-1995, nell'ambito degli Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, è stata effettuata un'indagine idrochimica delle acque di alcuni corsi d'acqua che costituiscono il reticolo idrografico dell'area.

Sono stati considerati tre sistemi: il sistema settentrionale della Conca, con i Torrenti Assino, Saonda "nord", S. Donato e Canale di Raggio, la zona centro meridionale relativa al bacino del Saonda "sud", con gli affluenti Bottaccione e Rio Acquina, la piana del Chiascio.

Il chimismo delle acque superficiali è stato messo a confronto con quello delle acque sotterranee dello stesso sistema al fine di individuare evidenze di interazione falda-fiume.

Nel primo sistema, il chimismo delle acque dei torrenti Assino allo sbocco nella valle e S. Donato non indicava processi di interazione con le acque sotterranee né dell'acquifero alluvionale né di quello calcareo; indizi di scambio idraulico con le acque dell'acquifero alluvionale, invece, si avevano per il torrente Assino nel tratto più a valle e per il torrente Saonda "nord" per i quali nel periodo di magra veniva ipotizzata una alimentazione falda-fiume di alcuni litri al secondo; per il Canale di Raggio, infine, si avevano indizi di scambio idraulico con le acque dell'acquifero contenuto nei depositi fluvio lacustri.

Per il secondo sistema si avevano evidenze di una generale alimentazione al reticolo idrografico dalla falda. In particolare, per il T. Saonda "sud", è stata messa in evidenza, mediante bilanci di massa, l'alimentazione da parte della falda con caratteristiche intermedie tra l'idrotipo alluvionale e quello fluvio-lacustre. L'entità di tale ricarica viene stimata in circa 100 l/s in periodo di magra nel tratto a monte di Ponte d'Assi e aumenta nel tratto di valle.

Per quanto concerne lo scambio con le falde acquifere contigue al sistema alluvionale, molto importante è l'alimentazione del sistema da parte dell'acquifero calcareo della struttura dei monti di Gubbio. Tale alimentazione si verifica attraverso la fascia detritica pedemontana, ed è ben visibile dall'andamento delle piezometrie realizzate nei vari studi esaminati.

In questi studi viene ipotizzato che i travasi dai calcari siano di tipo localizzato e che la faglia marginale, che delimita la struttura dei monti di Gubbio a sud ovest, abbia il ruolo di tamponare la falda calcarea; le zone dove si verificano i travasi sarebbero caratterizzate dalla presenza di piani di taglio attivi trasversali alla faglia principale.

Non significativa è invece l'alimentazione da parte delle aree di affioramento della formazione della Marnoso Arenacea. Questa, infatti, ha scarse caratteristiche idrogeologiche in quanto la frazione marnosa blocca la circuitazione idrica. Ospita modeste falde, localizzate negli strati arenacei e calcarenitici, che alimentano numerose sorgenti con modesta portata.

2.2 Inquadramento idrogeochimico (dati 1998-2003)

L'elaborazione idrogeochimica delle acque sotterranee della Conca Eugubina è stata eseguita sulla base di 251 campioni prelevati tra il 1998 ed il 2003.

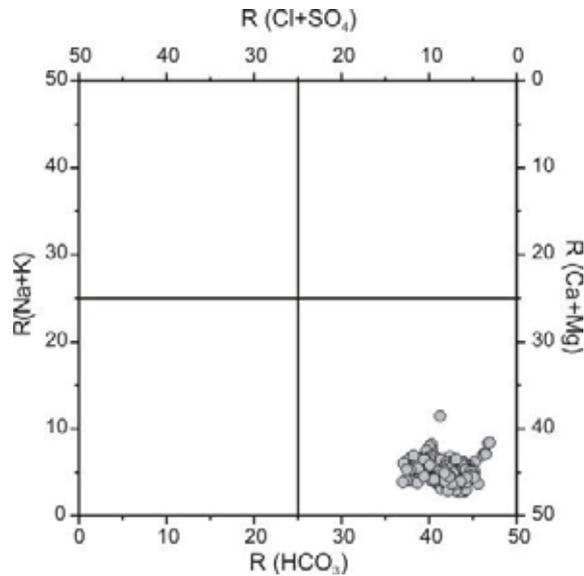


Fig. 8 – Diagramma Langelier-Ludwig: acquifero della Conca Eugubina

Il diagramma classificativo Langelier-Ludwig (Fig.8) evidenzia come tutte le acque campionate appartengano ad un idrotipo bicarbonato alcalino-terroso (Ca(Mg)-HCO₃), con valori di salinità piuttosto dispersi, per cui è stato possibile riconoscere due gruppi che si differenziano sulla base di questo parametro.

I punti a salinità più bassa, con valori tra 6 e 13 meq/l, sono disposti lungo la fascia pedemontana orientale della valle (CEU 8, 9, 10, 19). Per questi risulta probabile una diretta alimentazione dagli acquiferi carbonatici. In base al diagramma Ca vs Mg (Fig.9) si può fare un'ulteriore suddivisione in due sottogruppi con diversi rapporti Ca/Mg, che si mantengono sostanzialmente stabili nel tempo e che riflettono probabilmente sistemi di alimentazione con profondità diverse.

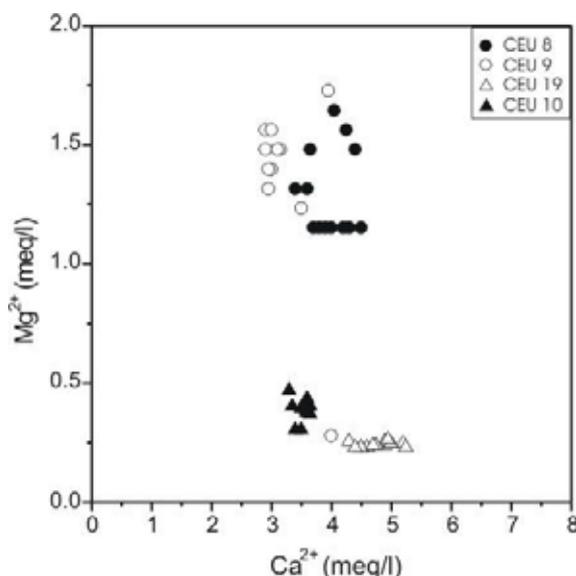


Fig. 9 – Acquifero della Conca Eugubina: Diagramma Ca vs Mg per il gruppo a bassa salinità (< 13 meq/l).

La maggior parte delle acque campionate, relative alla piana alluvionale, appartengono al secondo gruppo con valori di salinità compresi tra 13 e 19 meq/l. La salinità maggiore è dovuta probabilmente a circolazione lenta delle acque nei depositi alluvionali e fluvio-lacustri, in alcuni casi anche in condizioni tendenzialmente riducenti.

Solamente le acque del punto CEU 22 presentano valori di salinità superiori ai 20 meq/l, riconducibili oltre che a processi di interazione acqua-roccia, anche ad inquinamento di probabile origine agricola, come fa supporre la presenza di elevate concentrazioni in NO_3 .

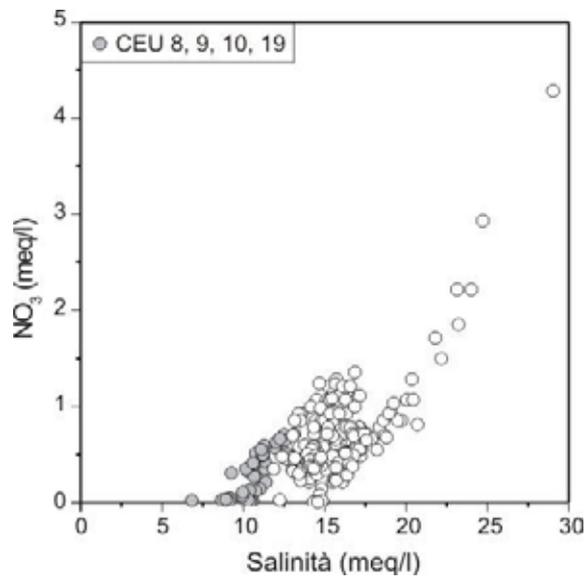


Fig. 10 – Diagramma Salinità vs NO_3 : acquifero della Conca Eugubina

Dal diagramma Salinità vs NO_3 si nota che, sull'intero dataset, la concentrazione in nitrati aumenta all'aumentare della salinità. Inoltre si osserva come le acque circolanti sulla fascia detritica della Conca e caratterizzate da minore salinità, presentino le più basse concentrazioni in NO_3 . Allontanandosi da questa area lungo le linee di flusso principali aumenta sia il tenore in nitrati che la salinità indicando il peggioramento di qualità delle acque con l'aumentare dei tempi di circolazione.

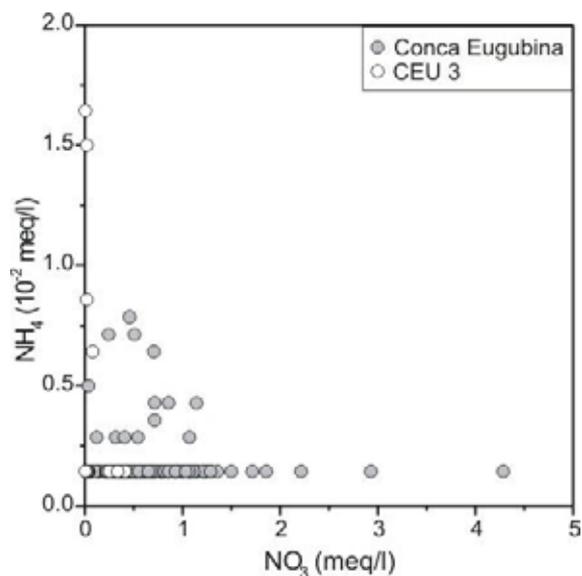


Fig. 11 – Diagramma NO_3 vs NH_4 : acquifero della Conca Eugubina

Dal diagramma NO_3 vs NH_4 si vede che tutte le acque campionate presentano bassi valori di ammoniaca, con concentrazioni prossime alla soglia analitica (circa il 93% dei campioni presenta concentrazioni in NH_4 inferiore alla soglia analitica di 0.00286 meq/l), ad eccezione delle acque del

pozzo CEU 3, che presentano una certa variabilità stagionale nel contenuto in NH_4 . Questo può essere dovuto alla presenza di un piccolo orizzonte acquifero che risente molto della stagionalità della ricarica meteorica, oppure alla presenza di livelli torbosi che producono un inquinamento organico locale.

2.3 Andamento dei nitrati nel periodo 1998-2003

Il valore della mediana oscilla tra 35 e 30 mg/l per tutto il periodo di osservazione con un lieve trend decrescente. Fanno eccezione due minimi, il primo nell'autunno del '99 (26.6 mg/l), il secondo nell'autunno '01 (23.9 mg/l). Anche nell'autunno '98 si osserva un minimo relativo. Questo andamento suggerisce la presenza di una ciclicità stagionale delle concentrazioni in nitrati. L'assenza del dato relativo all'autunno 2000 e l'anomalo andamento delle precipitazioni nell'ultimo biennio (siccità), non consente di confermare per ora tale ipotesi.

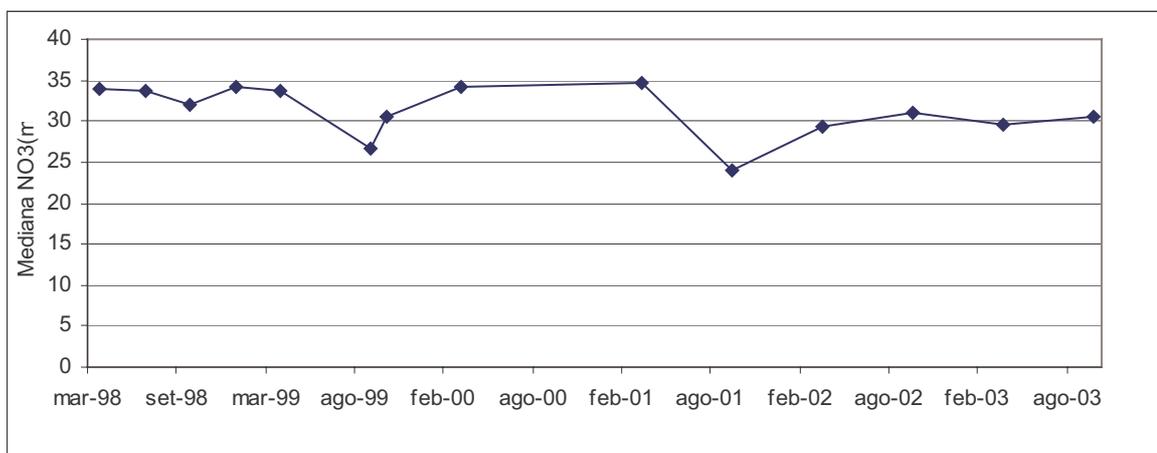


Fig.12 - Andamento della mediana delle concentrazioni di nitrati nel periodo 1998-2003 in Conca Eugubina.

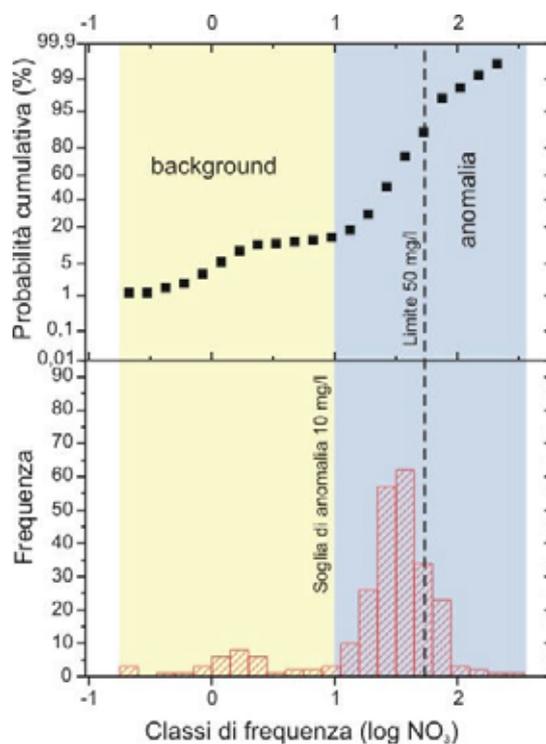


Fig. 13 - Istogramma di distribuzione dei nitrati in Conca Eugubina relativi al periodo 1998-2003. (Elaborazione effettuata con Metodo di Sinclair e t-test di Siechel)

L'esiguo numero di dati riferiti a ciascuna campagna di misure, non consente di effettuare la trattazione statistica sui dati per singola campagna.

Considerando quindi il dataset nel suo insieme, vengono individuate due diverse popolazioni, separate da un valore di soglia pari a circa 10 mg/l:

- popolazione di background, a cui appartiene circa il 13% dei campioni, aventi valore medio pari a 1.8 mg/l;
- popolazione anomala, che comprende l'87% dei campioni con media pari a circa 40 mg/l.

I campioni aventi una concentrazione in nitrati superiore al limite di 50 mg/l, rappresentano il 20% del totale.

In questo caso il numero di valori inferiori al limite di sensibilità strumentale è basso e non interferisce sulla interpretazione dei dati.

Il valore soglia è più elevato di quello osservato per l'Alta valle del Tevere, tuttavia, è ancora compatibile con concentrazioni naturali.

2.4 Stato quantitativo, Stato chimico e Stato ambientale dell'acquifero della Conca Eugubina ai sensi del DLgs 152/99.

2.4.1 Stato quantitativo

L'analisi dello stato quantitativo si basa su dati piezometrici storici (anni 1974, 1986, 1994-95), sui dati del monitoraggio periodico attivato dal 1998 e sui dati della stazione piezometrica in continuo situata nell'area pedemontana dei monti di Gubbio.

Il confronto tra l'andamento delle piezometria del 1974 con quella ricostruita sui dati del 1999 (piezometria media su quattro misure trimestrali) non evidenziano trend evolutivi chiari della superficie piezometrica, ad eccezione di situazioni locali in aree interessate da prelievi per uso idropotabile pubblico. Ne è un esempio la zona del campo pozzi di Raggio dove l'incremento dei prelievi ha determinato una modifica dell'andamento delle linee di flusso principali nel settore settentrionale della conca, che fino al 1974 si dirigevano verso le aste fluviali dei torrenti Saonda e Assino, e la creazione di un flusso centripeto verso il campo pozzi.

Dati recenti del monitoraggio mostrano un diverso comportamento tra la fascia orientale prospiciente il rilievo calcareo e la parte centrale della piana: nel primo caso si hanno forti escursioni stagionali ed un trend ben evidente nella crisi idrica del 2001-2002, nella restante parte della valle i livelli di falda sono molto più stabili.

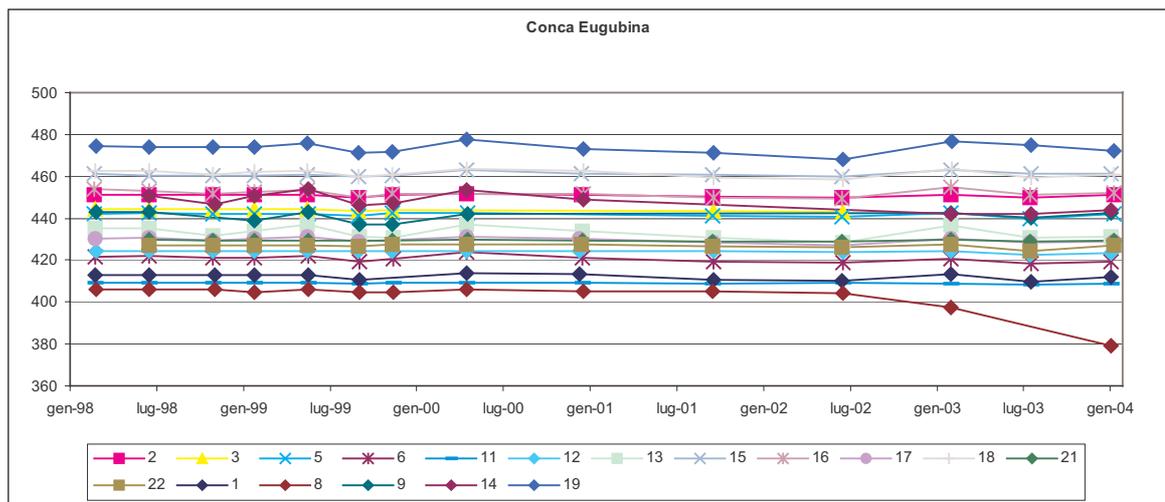


Fig. 14 - Livelli di falda nei punti della rete di monitoraggio in Conca Eugubina (1998-2003).

Il comportamento della fascia orientale dell'acquifero viene ben evidenziato dai dati del monitoraggio in continuo. I dati piezometrici della stazione Raggio (Fig.15), situata nella fascia pedemontana dei Monti di Gubbio a nord dell'abitato, mostrano un andamento pesantemente influenzato dai forti prelievi per uso idropotabile che, associati alle scarse precipitazioni nel periodo della crisi idrica, hanno portato ad abbassamenti molto accentuati del livello di falda (oltre 20 metri).

A fine 2002, a seguito delle abbondanti piogge autunnali, si è avuta un'inversione nell'andamento del livello di falda. Nei due anni successivi si osserva un andamento stagionale con minimi tardo autunnali e massimi primaverile-estivi che tuttavia non raggiungono il livello piezometrico osservato a inizio monitoraggio. Tale andamento è analogo a quello evidenziato nella stazione di monitoraggio posta nell'acquifero calcareo dei Monti di Gubbio in località Mocaiana. I consistenti abbassamenti e la difficoltà di recupero del livello mostrano il forte grado di sfruttamento delle risorse idropotabili subito dalla zona pedemontana.

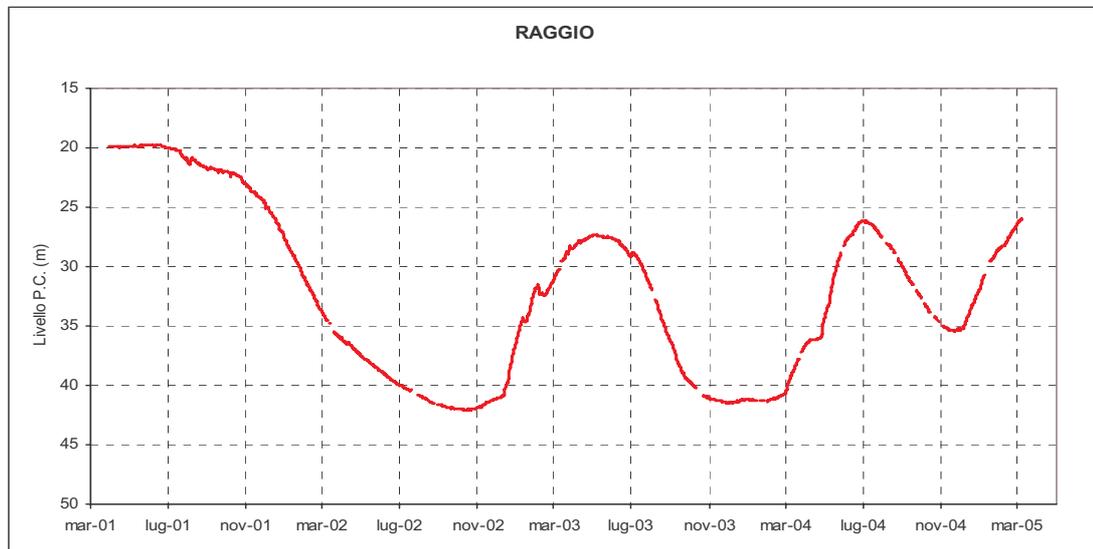


Fig. 15: Andamento dei livelli piezometrici registrati in continuo nella Conca Eugubina.

In base all'analisi dei dati, la fascia pedemontana della Conca Eugubina a nord di Gubbio viene inserita in Classe C, mentre al resto della valle viene attribuita la Classe B.

2.4.2 Stato chimico.

La classificazione chimica delle acque della Conca Eugubina è stata effettuata sulla base dei dati del monitoraggio effettuato su 18 punti della rete.

In Tab.3 viene presentata la classe di appartenenza delle acque campionate per i due periodi considerati. Dal confronto tra la classificazione relativa al 1998-2001 e quella al 2002-2004, si evidenziano alcune differenze legate prevalentemente alla presenza di microinquinanti. Nessun punto ricade in classe 1.

Per quanto riguarda i macrodescrittori, il tenore in nitrati è il parametro che determina la classe di qualità per quasi tutti i punti (Tav.5 - Distribuzione delle concentrazioni medie in nitrati nell'acquifero della Conca Eugubina (2002-2004)). Rispetto al periodo 1998-2001, nel triennio 2002-2004 si osserva una generale diminuzione della concentrazione in nitrati che in quattro casi determina un miglioramento della classificazione in base ai macrodescrittori. Valori medi superiori a 50 mg/l vengono riscontrati solo in tre punti posti lungo il bordo occidentale della piana.

Per quanto riguarda i microinquinanti, nel periodo 1998-2001 quattro punti nel settore meridionale dell'area superavano i limiti di concentrazione previsti dalla norma per prodotti fitosanitari e per composti organo alogenati volatili (tetracloroetilene). Nel triennio 2002-2004 l'inquinamento da addizionali viene confermato in un solo punto dove vengono superati i valori soglia per i composti organo alogenati volatili quali tetracloroetilene e dicloroetilene (Tav.6 - Tetracloroetilene nell'acquifero della Conca Eugubina, periodo 2002-2004).

Tab.3 – Acquifero della Conca Eugubina: Classe chimica per punti di monitoraggio (periodi 1998-2001 e 2002-2004)

	Numero punti per classe periodo 1998-2001			Numero punti per classe periodo 2002-2004		
	Classe Macro descrittori	Classe Parametri Addizionali	Classe chimica	Classe Macro descrittori	Classe Parametri Addizionali	Classe chimica
classe 1	0		0	0		0
classe 2	2		2	4		3
classe 3	11		8	10		10
classe 4	5	4	8	4	1	5
classe 0	0		0	0		0

Se andiamo a vedere la distribuzione dei valori positivi in composti organo alogenati volatili, anche se inferiori al limite di legge, l'evidenza è di una contaminazione bassa ma diffusa.

Anche in Conca Eugubina si evidenzia, nel 2003, una presenza diffusa in cloroformio e carbonio tetracloruro, confermata nel 2004 in 4 punti solo per il cloroformio.

Il tetracloroetilene viene rilevato in quasi tutti i punti nel settore a sud di Gubbio, confermando la contaminazione in questo composto osservata sui dati 1998-2001.

La presenza dei prodotti fitosanitari è rara in ambedue i periodi di monitoraggio. Nel periodo 1998-2001 era stata rilevata la presenza di due principi attivi (esaclorobenzene, metobromuron) in singoli punti nell'area a sud di Gubbio, nel periodo 2002-2004 viene rilevata la presenza di esaclorobenzene in un solo punto della stessa area.

I dati sopra discussi, relativi ai periodi 1998-2001 e 2002-2004, hanno consentito la zonazione chimica dell'acquifero.

La fascia prospiciente i monti di Gubbio a nord dell'abitato presenta qualità delle acque sotterranee buona (classe 2). Questa porzione dell'acquifero risente della ricarica laterale dalla struttura carbonatica le cui acque sotterranee hanno buone caratteristiche qualitative.

Allontanandosi dalla struttura carbonatica si ha un peggioramento delle acque per lo più legato all'aumento della concentrazione dei nitrati.

Tutta la porzione di piana viene classificata in classe 3. Al suo interno si evidenziano però delle situazioni di criticità legate ai nitrati che localmente superano i 50 mg/l e alla presenza dei composti organo alogenati volatili, in particolare il tetracloroetilene, nella porzione a sud di Gubbio.

2.4.3 Stato di qualità ambientale

Dalla sovrapposizione dello stato chimico e dello stato quantitativo si individuano due settori (Tav.7 - Stato di qualità ambientale dell'acquifero della Conca Eugubina). Il primo, che interessa la fascia pedemontana dei Monti di Gubbio a nord dell'abitato, è caratterizzato da buone caratteristiche idrochimiche delle acque ma da forte grado di sfruttamento della risorsa per cui gli viene attribuito Stato di qualità ambientale Scadente. Il secondo, che interessa il resto della piana, è caratterizzato da segnali di compromissione delle caratteristiche idrochimiche e da moderato sfruttamento della risorsa, per cui gli viene assegnato Stato di qualità ambientale Sufficiente.

Tab.4 – Acquifero della Conca Eugubina: Stato Ambientale

Settore	Superficie (km ²)	Stato quantitativo prevalente	Stato chimico prevalente	Stato Ambientale
Fascia pedemontana dei Monti di Gubbio	4	C	2	Scadente
Area valliva	34	B	3	Sufficiente

3. MEDIA VALLE DEL TEVERE

3.1 Caratteristiche dell'acquifero

3.1.1 Geologia e litologia

La struttura valliva in esame si estende longitudinalmente per circa 85 km con un'ampiezza media piuttosto ridotta; questa, infatti, è inferiore a 3 km tra Città di Castello e Ponte S.Giovanni e pari a circa 4 km tra Ponte S.Giovanni e Todi.

Il fiume Tevere rappresenta l'asta fluviale principale della valle. Scorre lungo il suo margine destro, tra Umbertide e Ponte Valleceppi e si sposta lungo quello sinistro tra Torgiano e Pantalla. In posizione contrapposta al Tevere si trovano depositi alluvionali terrazzati disposti su almeno due diversi ordini.

I depositi alluvionali del Tevere si ritrovano lungo tutta la valle ma la loro estensione ed il loro spessore varia nei diversi settori. Procedendo da nord verso sud, fino all'altezza di Umbertide si rinvencono depositi dallo spessore piuttosto esiguo, limitato a poche decine di metri.

Nel tratto di valle compreso tra Umbertide e Ponte Felcino, i depositi sabbiosi e ghiaiosi si alternano a banchi argillosi e limo-argillosi difficilmente correlabili. I primi sono percentualmente inferiori agli altri ma si ritrovano, con spessori superiori a 10 m, anche ad oltre 100 m di profondità.

Il settore della valle compreso tra P.Felcino e P.S.Giovanni è colmato da una scarsa copertura alluvionale in genere terrazzata.

Da P.S.Giovanni fino a Deruta la coltre alluvionale è caratterizzata da spessori piuttosto consistenti (superiori a 100 m) che, procedendo verso sud, si riducono fino a 25-30 m. All'interno delle alluvioni recenti, che in quest'area poggiano sui depositi villafranchiani, sono presenti paleoalvei e estesi depositi terrazzati.

Tra Marsciano e Todi-Ponte Rio, infine, i depositi alluvionali risultano poco consistenti.

Le alluvioni del Tevere sono bordate da terreni costituiti in prevalenza da depositi fluvio-lacustri plio-pleistocenici a granulometria prevalentemente fine (limi ed argille). Sono frequenti anche le paleostrutture deltizie a conglomerati e sabbie: le principali costituiscono il colle di Perugia e quello di Montemigiano a NW di Umbertide. Nei pressi di Pierantonio si ritrovano facies a travertini e a ligniti intercalate ai litotipi prevalenti.

Consistente risulta anche la presenza dei terreni flyschoidi miocenici, in particolar modo lungo il margine destro prospiciente la struttura anticlinale calcarea di M.Acuto-M.Tezio, fino all'altezza di Ponte S.Giovanni. Tale formazione è in genere scarsamente permeabile. Tuttavia, la presenza di strati arenacei può determinare locali condizioni di maggiore permeabilità. Queste situazioni, assieme alle porzioni più grossolane dei depositi fluvio lacustri, sono sede di limitati circuiti idrici che forniscono una modesta alimentazione agli acquiferi alluvionali.

La circolazione idrica all'interno dei depositi alluvionali è condizionata dalla presenza dei terreni flyschoidi che fungono da barriere impermeabili, suddividendo la Media Valle del Tevere in settori idrogeologici autonomi. La soglia in corrispondenza di Ponte S.Giovanni, all'altezza di Perugia in particolare, divide la valle in due settori idrogeologici praticamente indipendenti: la Media Valle del Tevere Nord e la Media Valle del Tevere Sud.

Nella Media Valle del Tevere Nord, il tratto compreso tra Città di Castello ed Umbertide è caratterizzato dalla presenza di piccole falde circolanti all'interno dell'esiguo acquifero alluvionale.

Tra Umbertide e Ponte Felcino sono presenti localmente acquiferi multifalda; in particolare, nei pressi di Pierantonio si ritrovano falde confinate a profondità superiori a 100 m, a causa dell'alternanza di depositi ghiaiosi con consistenti banchi argillosi e limosi.

Nella Media Valle del Tevere Sud la presenza di acquiferi piuttosto consistenti si rileva solamente nella porzione di valle compresa tra Ponte S.Giovanni e Deruta; procedendo verso sud, infatti, si incontrano solamente modeste falde. All'altezza di Montemolino un'altra soglia separa la porzione Pian di Porto – Todi dall'acquifero principale.

3.1.2 Piezometrie

Le curve isopieze e le linee di flusso principali relative al 1974, indicano che l'asse di drenaggio principale coincide in genere con l'asse del Tevere, sia nella Media Valle del Tevere nord che in quella sud. Si delineano, inoltre, linee di flusso secondarie trasversali all'asse della valle: nella zona a nord di Perugia, in prossimità degli affluenti orientali, nella zona a sud, all'altezza di Torgiano e all'altezza di Marsciano dove è visibile una direttrice molto netta legata all'ingresso nella valle del F. Nestore.

Le indagini effettuate tra il 1987 ed il 1989 dal Comune di Perugia hanno interessato l'area valliva tra Pierantonio e Pontevalleceppi, ovvero la porzione centrale e meridionale della Media Valle del Tevere nord, evidenziando l'alimentazione della falda al fiume lungo l'intero tratto.

Le indagini idrogeologiche effettuate nel 1992-93 in un'area a sud di P.S.Giovanni contigua ad un tratto di fiume Tevere di soli 4 km, hanno consentito una ricostruzione della piezometria della zona più settentrionale della Media Valle del Tevere sud. Le isopieze all'interno delle alluvioni terrazzate mostrano in quest'area un deflusso verso sud, parallelo all'asse del Tevere. All'interno delle alluvioni recenti l'andamento delle isofreatiche mostra, all'altezza di S. Martino in Campo, un drenaggio della falda da parte del fiume Tevere e, nei pressi di S. Maria Rossa, un alto piezometrico. Nella piana alluvionale la profondità della falda dal piano campagna è in genere compresa tra 6 e 7 metri e si riduce a circa 2 m nei pressi di S. Maria Rossa. Nei terreni fluvio-lacustri, invece, lo spessore del non saturo oscilla tra 10 e 30 m.

La campagna piezometrica effettuata nel 1997 sull'intera valle è rappresentativa di una condizione di magra. La ricostruzione delle curve isopiezometriche conferma un generale deflusso dai margini della valle verso il Fiume. Nel solo settore di S. Martino in Campo si sono evidenziate linee di flusso parallele al Tevere che interessavano anche le alluvioni terrazzate. Già in passato era stato ipotizzato in questa zona la presenza di paleoalvei sepolti. Nella zona di S. Maria Rossa i pozzi mostrano locali condizioni di risalienza. La profondità della falda dal piano campagna è generalmente compresa tra 2 e 10 metri, con un valore medio di 5-6 metri. La falda principale è pertanto superficiale ospitata nei depositi grossolani sia recenti che terrazzati del Tevere, con spessori produttivi dell'ordine dei 10 metri. A maggiore profondità, a partire da 15-20 metri dal piano campagna, sono stati rinvenuti altri livelli acquiferi.

3.1.3 Scambi con il reticolo idrografico e con gli acquiferi contigui

L'insufficienza e la frammentarietà dei dati non permettono di definire in modo dettagliato le relazioni esistenti tra l'acquifero alluvionale e quelli contigui, così come delle relazioni con il reticolo idrografico del Tevere. Con i dati a disposizione si possono trarre delle indicazioni.

In generale i terreni che bordano i due acquiferi sono caratterizzati da bassa permeabilità e sono sede di falde acquifere limitate e poco consistenti.

Nella Media Valle del Tevere Nord, la geochimica indica una possibile alimentazione alla falda alluvionale da parte del Torrente Assino al suo ingresso nella valle e, più a sud, in corrispondenza della struttura calcarea di Monte Tezio, l'ingresso in falda di acque a bassa salinità. I rapporti falda-fiume Tevere sembrano indicare un drenaggio della falda da parte del fiume per l'intero tratto.

Nella Media Valle del Tevere Sud è evidente l'alimentazione laterale all'ingresso del fiume Nestore nella valle.

All'interno delle alluvioni terrazzate il deflusso della falda è normalmente orientato dai margini verso il centro della valle indicando una possibile continuità idraulica con le alluvioni recenti.

La fascia di alluvioni recenti, di ridotta ampiezza e spessore, è in relazione con il F. Tevere. In generale il rapporto falda-fiume è variabile.

3.2 Inquadramento idrogeochimico (dati 1998-2003)

La trattazione idrogeochimica della Media Valle del Tevere è stata effettuata sulla base di 538 dati analitici, di cui 430 rappresentativi della Media Valle del Tevere sud e 108 della porzione settentrionale della valle.

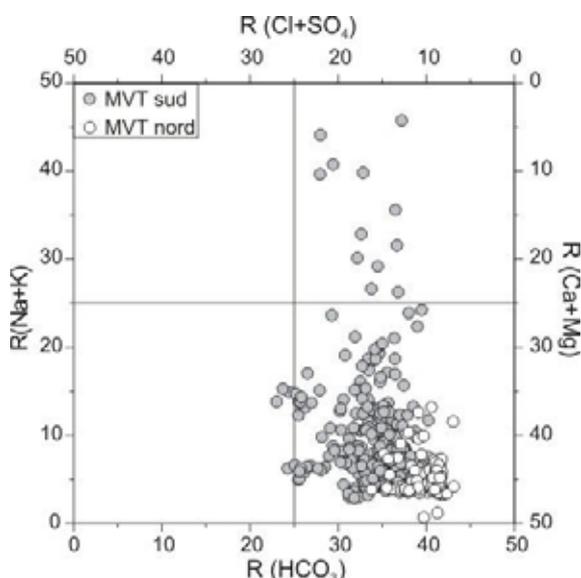


Fig. 15 – Diagramma Langelier-Ludwig: acquifero della Media Valle del Tevere

Nel diagramma classificativo Langelier-Ludwig si vede come la totalità dei campioni della Media Valle del Tevere nord ricada nel campo delle acque bicarbonato alcalino-terrose. Per i punti della Media Valle del Tevere sud, invece, si individua un gruppo principale nel campo bicarbonato alcalino-terroso ed alcuni trend di dispersione verso gli altri idrotipi.

Il trend principale si registra verso i termini bicarbonato-alcalini ed è dovuto ai pozzi MVT 17, 37, 40 e 41, che presentano i maggiori rapporti Na/Ca del dataset (diagramma Na vs Ca). La dispersione verso composizione bicarbonato alcalina può essere ricondotta a processi di scambio ionico per la presenza di matrice argillosa nel corpo acquifero.

Per il pozzo MVT 17, situato a sud di Perugia, la composizione chimica risulta stabile durante tutto il periodo considerato, mentre per gli altri, localizzati a sud di Marsciano, si registra una forte dispersione della composizione, tra i campi bicarbonato alcalino-terroso e bicarbonato alcalino. Inoltre, per gli stessi punti si registrano variazioni del potenziale redox, che, nel caso di MVT 37, indicano ripetute oscillazioni tra condizioni ossidanti e riducenti (cronogramma redox), nel caso di MVT 40 e 41, indicano una progressiva riduzione del potenziale redox con passaggio da condizioni ossidanti a riducenti nel periodo di osservazione. L'andamento delle concentrazioni del sodio, calcio e magnesio, è ben correlato a quello del potenziale redox: alla diminuzione del potenziale redox si associa un aumento della concentrazione in sodio ed una diminuzione delle concentrazioni di calcio e magnesio e viceversa.

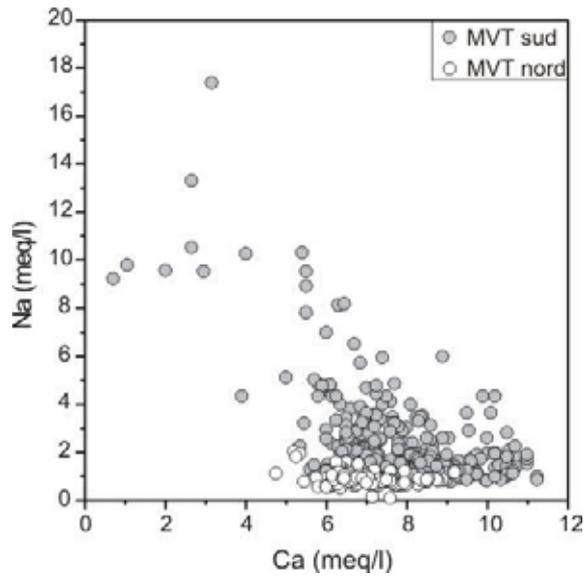


Fig. 16 – Diagramma Ca vs Na: acquifero della Media Valle del Tevere

Composizione intermedia tra solfato calcica e bicarbonato alcalina-terrosa è presentata dalle acque dei pozzi MVT 32 e MVT 34, localizzati lungo il fiume Tevere pochi chilometri a sud di Deruta, che hanno le maggiori concentrazioni in solfati. Composizione simile è presentata dal pozzo MVT 39, a sud di Marsciano, che però è spostato verso termini più clorurati.

Dal grafico NO_3 vs NH_4 si osserva che la quasi totalità dei campioni presenta concentrazioni dello ione ammonio molto basse. Fanno eccezione i pozzi MVT 23 e 41 in Media Valle del Tevere sud, per i quali i campioni delle ultime quattro campagne mostrano un aumento della concentrazione.

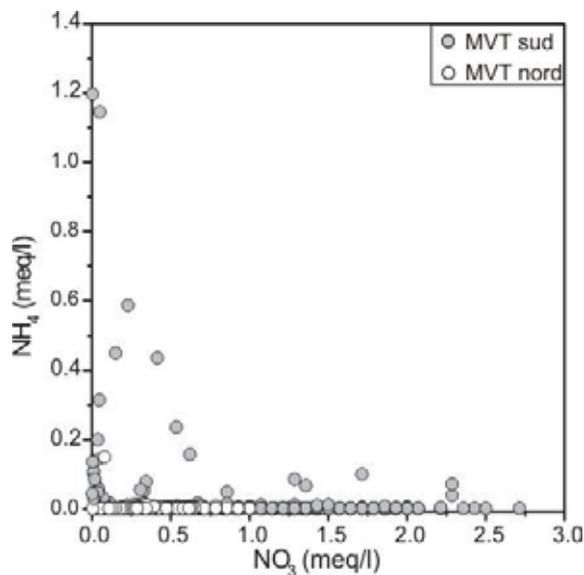


Fig. 17 – Diagramma NO_3 vs NH_4 : acquifero della Media Valle del Tevere

3.3 Andamento dei nitrati nel periodo 1998-2003

L'andamento della mediana delle concentrazioni in nitrati della Media Valle del Tevere nord, presenta un generale trend decrescente ed è caratterizzata da una marcata variabilità.

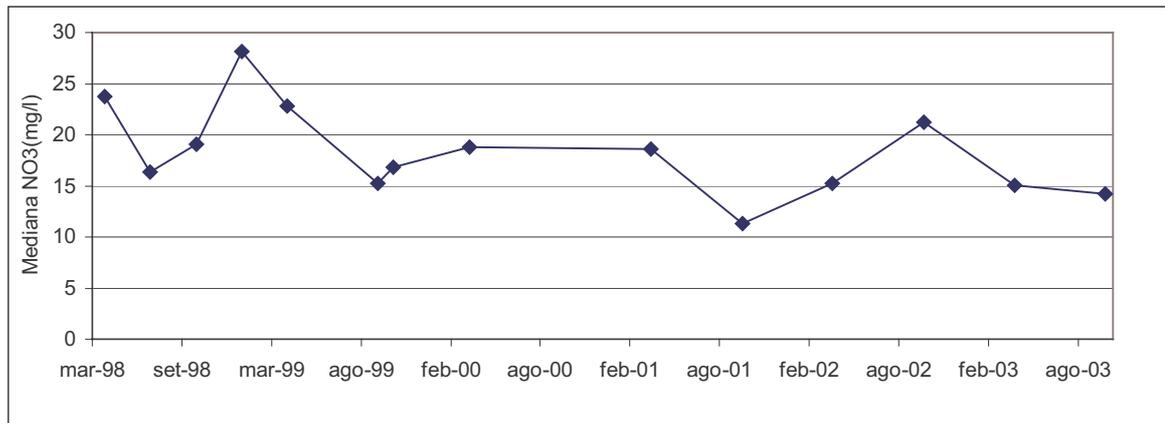


Fig.18 - Andamento della mediana delle concentrazioni di nitrati nel periodo 1998-2003 in Media Valle del Tevere nord

Fino all'autunno '01, la variabilità ha un evidente andamento stagionale con minimi nel periodo autunnale e massimi in quello primaverile.

Nel 2002, invece, caratterizzato da un andamento delle precipitazioni fortemente anomalo, in autunno si osservano valori di concentrazioni di nitrati maggiori rispetto a quelli in primavera.

Circa il 10% dei dati presenta concentrazioni superiori al limite di 50 mg/l.

Si è scelto di non effettuare una trattazione statistica dei dati, vista l'esiguità del loro numero, che risulta inferiore a 10 per ogni singola campagna.

Nell'acquifero alluvionale della Media Valle del Tevere Sud il tenore in nitrati è notevolmente diminuito dal 1998 al 2003, infatti il valore della mediana delle concentrazioni è passato da 70.9 mg/l della prima campagna a 26.1 mg/l dell'ultima (Fig 19).

Questa diminuzione, comunque, non è regolare. Infatti, nei primi due anni di monitoraggio il trend decrescente è ben evidente, segue un periodo, tra la primavera '00 e quella del '01, in cui il valore della mediana si mantiene sostanzialmente stabile (compreso tra 46 e 48.7 mg/l) mentre nel successivo biennio riprende il trend decrescente, fino a portare la mediana, nell'ottobre '03, ad un valore di concentrazione pari a 26 mg/l.

Inoltre si osserva come le concentrazioni in nitrati sono generalmente più alte nella campagna primaverile rispetto a quella autunnale. Nell'arco di un anno diminuiscono in modo consistente, passando, ad esempio, da 70.8 mg/l nella primavera '98 a 53.1 mg/l nell'autunno'98, o da 57.6 mg/l nell'inverno'99 a 41.6 mg/l nel Novembre'99. Nel 2001, all'opposto, in autunno le concentrazioni in nitrati risultano maggiori rispetto a quelle misurate in primavera.

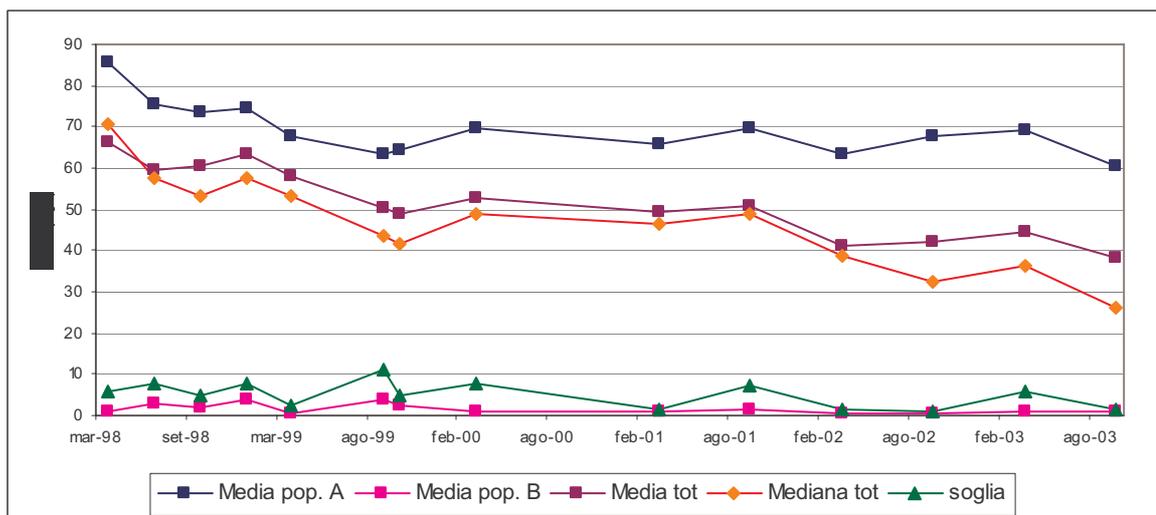


Fig. 19 - Andamento dei valori medi stimati per le due popolazioni, della media aritmetica e della mediana dei nitrati nel periodo 1998-2003 in Media Valle del Tevere sud.

La presenza di un trend decrescente e di una marcata variabilità del valore della mediana delle concentrazioni, ha reso necessaria una trattazione statistica dei dati per singole campagne.

Per ciascuna campagna sono state individuate una popolazione di background ed una che rappresenta i valori più elevati di concentrazione di nitrati, separate da una soglia compresa tra 1 (Ott.'02) e 11 mg/l (Ott. '99):

- background naturale, comprendente dal 10% (Apr.'99) al 25% (Ott.'03) dei campioni e con un valore medio di concentrazione compreso tra 0.31 mg/l (Apr.'02) e 4 mg/l (Gen.'99);
- anomalia, comprendente dal 75% (Ott.'03) al 90% (Apr.'99) dei campioni e caratterizzata da un valore medio compreso tra 60.4 mg/l (Ott.'03) e 85.6 mg/l (Apr.'98).

Il valore medio della popolazione di background si mantiene molto basso, compatibile con concentrazioni in nitrati di origine naturale.

Nei cronogrammi dei valori medi delle due popolazioni e dell'intero dataset, riportati in figura 19, è evidente come l'andamento dei valori della media della popolazione A (anomalia), sia ben correlato a quello della media aritmetica calcolata sull'intero dataset di ogni campagna. Questo conferma il fatto che la maggior parte dei nitrati presenti nell'acquifero, sia di origine esterna ad esso.

Il valore della media della popolazione di background invece, presenta una bassa variabilità. Tuttavia si osserva un leggero trend decrescente anche per questo parametro. Questo potrebbe indicare una, seppur minima, sovrapposizione delle due popolazioni che comporta che anche questo dato, che dovrebbe rappresentare solo il tenore di fondo in nitrati naturalmente presente nell'acquifero, risente della variazione nel tempo dell'apporto esterno dei nitrati (inquinamento).

Circa il 50% dell'intero dataset presenta concentrazioni in nitrati superiori a 50 mg/l; tale percentuale risulta essere la più elevata rispetto a quella stimata negli altri acquiferi studiati, a conferma dell'entità del fenomeno di inquinamento della falda acquifera.

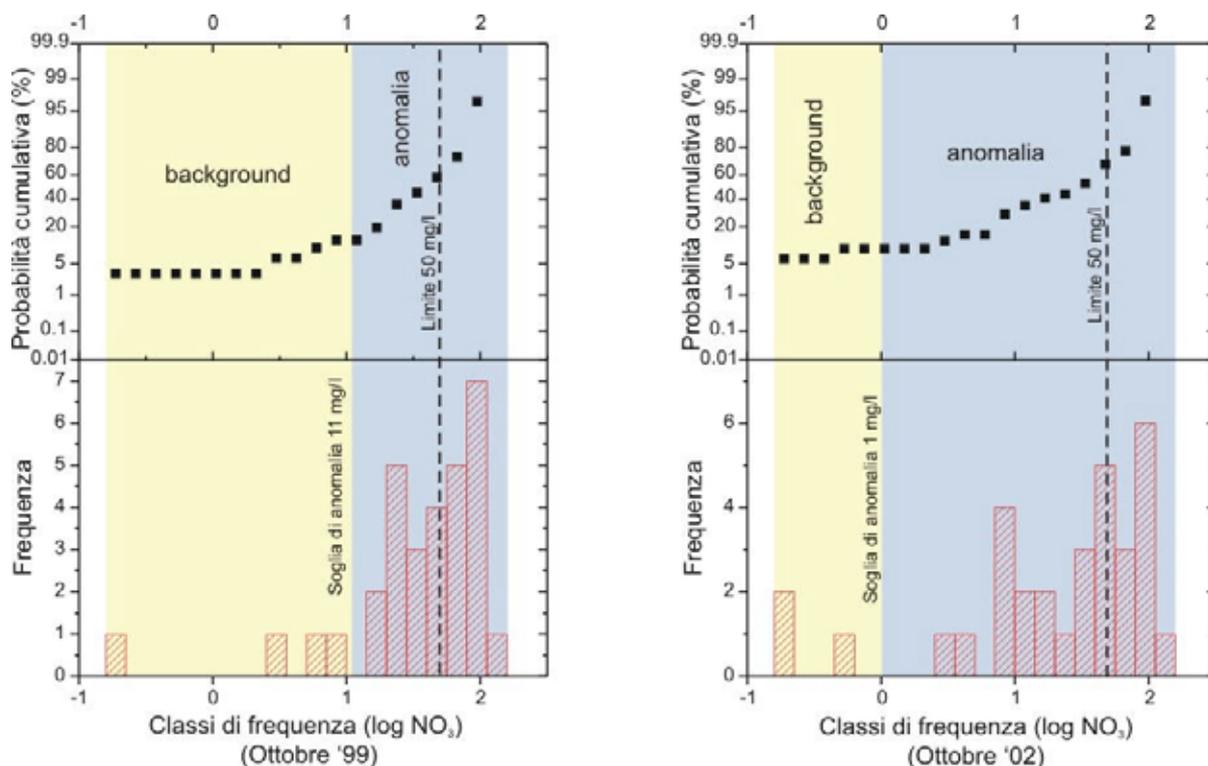


Fig.20 - Istogrammi di distribuzione dei nitrati campagne ottobre 1999 e ottobre 2002 in Media Valle del Tevere sud (Elaborazione effettuata con Metodo di Sinclair e t-test di Siechel).

3.4 Stato quantitativo, Stato chimico e Stato ambientale dell'acquifero della Media Valle del Tevere ai sensi del DLgs 152/99.

3.4.1 Stato quantitativo

La Media Valle del Tevere è caratterizzata da acquiferi di ridotto spessore con rapporti idraulici con il fiume Tevere limitati ad aree ristrette. I due tratti di valle (a nord e a sud di Perugia), separati dalla soglia morfologica a nord di Ponte San Giovanni, possono considerarsi idrogeologicamente indipendenti.

Dati piezometrici storici sono relativi agli anni 1974, per il settore compreso tra Perugia e Marsciano, 1975 per i settori a nord di Perugia e a sud di Marsciano, e all'anno 1997 per l'intera valle.

La piezometria realizzata con i dati del 1974 e del 1975 è stata messa a confronto con la piezometria media dell'anno 1999.

Nella Media Valle del Tevere Nord la distribuzione dei punti della rete di monitoraggio consente la ricostruzione della piezometrica media dell'anno 1999 solo per alcune zone della valle, rendendo difficile il confronto con il periodo precedente. Si può osservare solo un abbassamento della piezometrica nel tratto medio tra Pierantonio e Solfignano.

Nella media Valle del Tevere Sud il confronto tra le piezometrie dei due periodi non mostra evidenti modifiche.

L'andamento dei livelli piezometrici nei punti della rete di monitoraggio nel periodo 1998-2003 mostrano in generale oscillazioni ridotte, che si mantengono entro il valore di 2 metri (Fig.22).

Fanno eccezione situazioni locali in corrispondenza di aree soggette a prelievi particolarmente intensi. E' il caso dell'area industriale di Ponte S. Giovanni e di aree in prossimità di pozzi ad uso idropotabile pubblico.

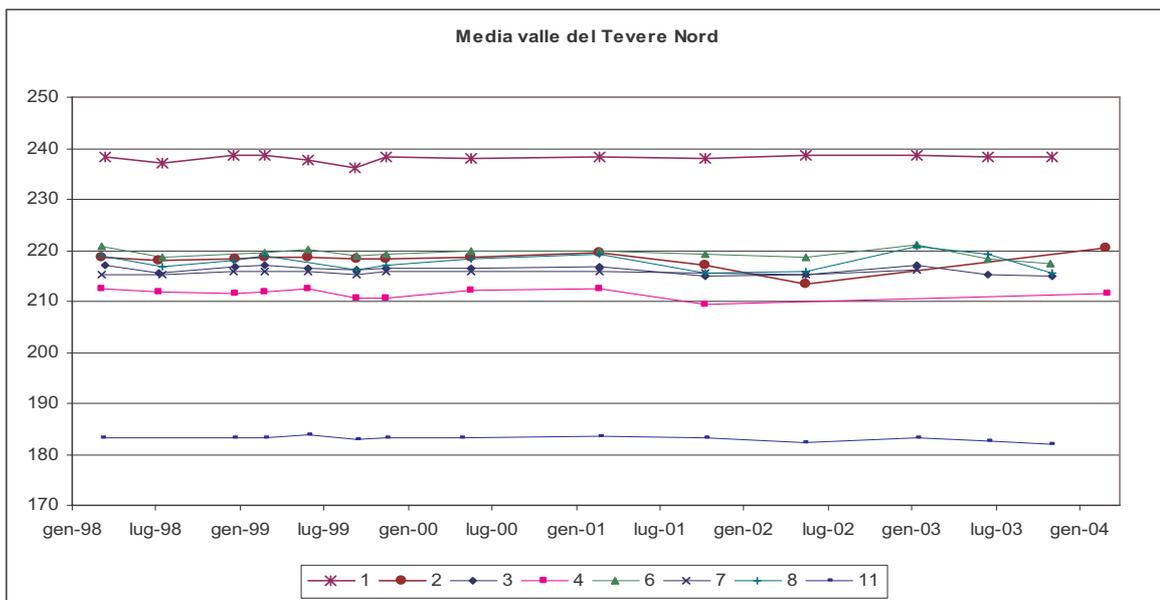


Fig.21: Livelli di falda nei punti della rete di monitoraggio in Media Valle del Tevere Nord (1998-2003).

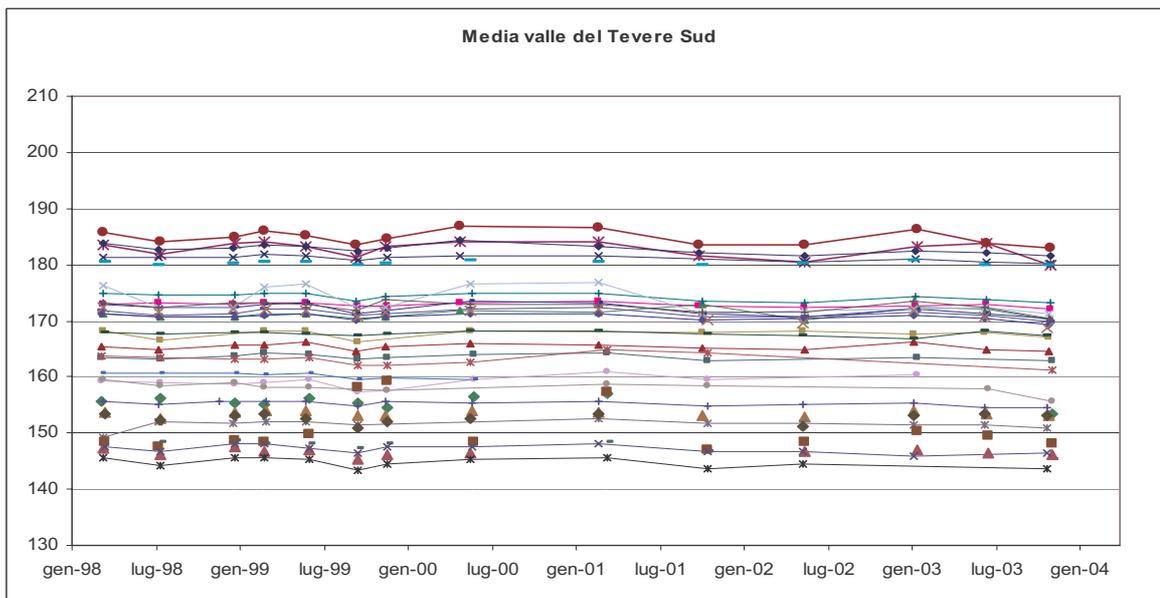


Fig.22: Livelli di falda nei punti della rete di monitoraggio in Media Valle del Tevere Sud (1998-2003).

Nell'area di Deruta in prossimità del fiume Tevere si trovano due stazioni piezometriche in continuo. Anche questi dati mostrano oscillazioni del livello contenute, inferiori a due metri (Fig.23). Abbassamenti repentini, registrati dalla stazione Barche nel periodo luglio-agosto 2002 e nell'autunno 2003, sono presumibilmente indotti dalla temporanea riattivazione del vicino campo pozzi ad uso potabile. I prelievi a questo uso sono comunque destinati a ridursi drasticamente in quanto è previsto l'abbandono di tutte le captazioni per uso potabile pubblico che attualmente sfruttano la porzione di acquifero a sud di Perugia. Il nuovo sistema acquedottistico dell'area, di recente realizzazione, viene infatti alimentato da un campo pozzi che capta l'acquifero dei Monti di Narni e di Amelia in località Pasquarella.

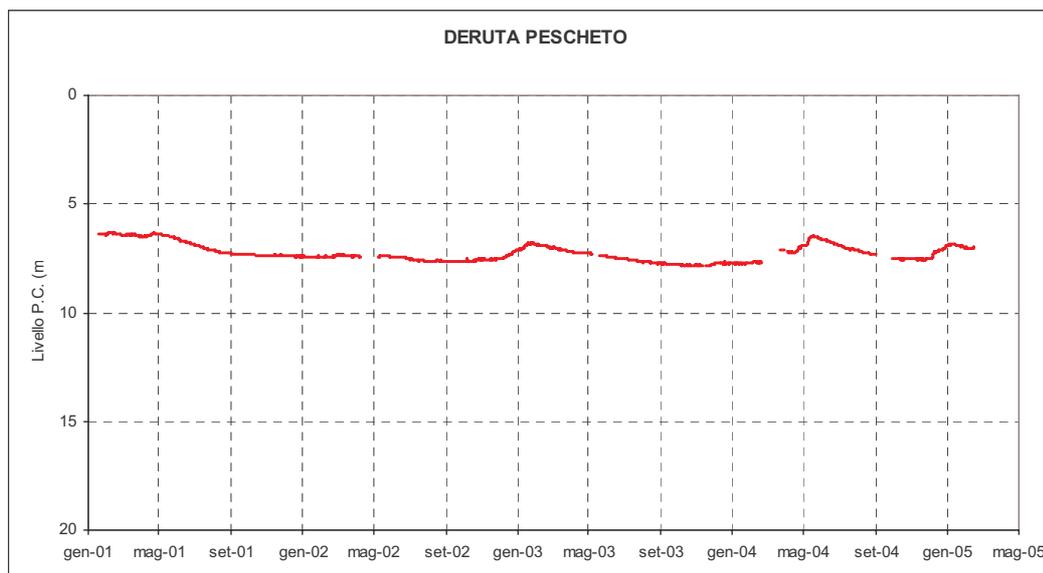
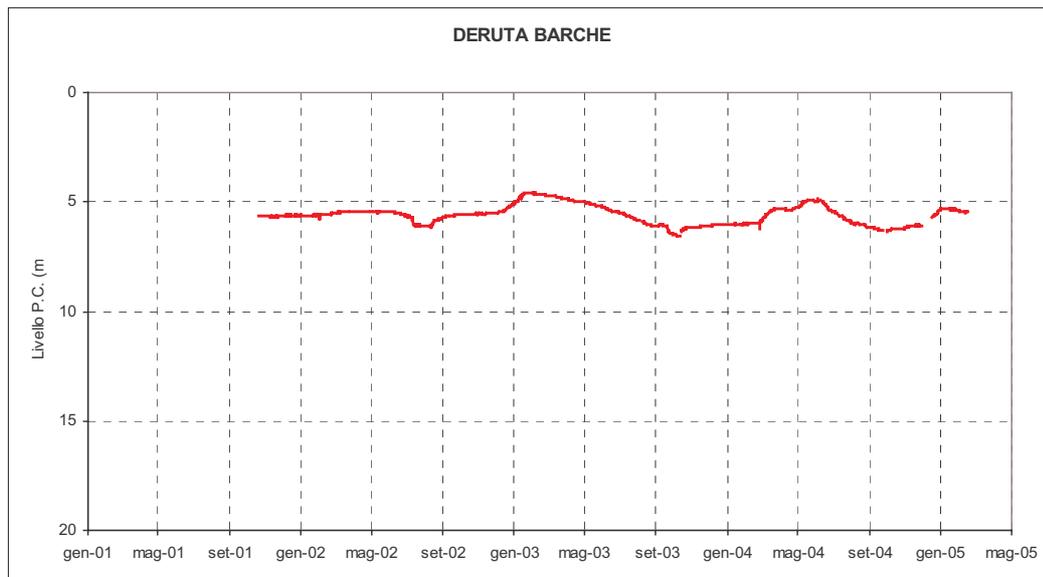


Fig.23: Andamento dei livelli piezometrici registrati in continuo nella media valle del Tevere.

In base allo stato attuale delle conoscenze si deduce che l'acquifero in genere non presenta particolari segni di compromissione della naturale disponibilità della risorsa idrica da imputarsi ai prelievi. Tenendo conto anche della prevista diminuzione dei prelievi a scopi idropotabili, l'acquifero può essere inserito in classe B. Va tuttavia sottolineato che le potenzialità idrogeologiche naturali dello stesso non sono elevate.

3.4.2 Stato chimico

La classificazione chimica delle acque dell'acquifero della Media Valle del Tevere viene effettuata dalla elaborazione dei dati del monitoraggio su una rete costituita di 8 stazioni nell'acquifero a nord di Perugia e 32 nell'acquifero a sud.

Gran parte dei punti della rete di monitoraggio della Media Valle del Tevere Nord, valle stretta e allungata, sono localizzati lungo il corso del fiume Tevere. Fanno eccezione i punti "6" e "8", nel tratto medio della valle, che sono localizzati lungo il suo bordo orientale.

In Tab.5 viene presentata la classe di appartenenza delle acque campionate per i due periodi considerati. Nel periodo 1998-2001 nessun punto entrava in classe 4 per i parametri macrodescrittori, nel periodo più recente due punti entrano in classe 4 per aumento rispettivamente del ferro e dello ione ammonio. L'unico punto di monitoraggio localizzato nel tratto finale della valle, dove lo spessore della falda è esiguo, presenta qualità delle acque naturalmente scadente (classe 0).

La concentrazione in nitrati delle acque è piuttosto bassa (Tav.8 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Media Valle del Tevere a nord di Perugia) e non supera mai il valore di 50 mg/l. Tutti i punti localizzati in prossimità dell'alveo del Tevere presentano tenori medi in nitrati sempre inferiori a 25 mg/l e nella maggior parte dei casi inferiori a 10 mg/l. Valori più alti caratterizzano i due punti posti lungo il bordo orientale della valle che vengono inseriti in classe 3.

Per quanto riguarda i microinquinanti nel periodo 1998-2001 erano stati rilevati prodotti fitosanitari (metobromuron) in concentrazioni superiori al limite di legge in un punto del tratto medio della valle. Nel periodo di monitoraggio successivo non vengono mai superati i limiti di legge.

Si osserva comunque presenza in basse concentrazioni di alcuni composti organo alogenati volatili. Oltre alla diffusa presenza di carbonio tetracloruro si riscontra il tetracloroetilene in tre punti associato in un caso a triclorobenzene.

In sintesi la qualità chimica delle acque di questo acquifero è generalmente buona con indizi di moderata compromissione per impatto antropico. Gli unici problemi riscontrati sono legati a locali concentrazioni elevate di ioni quali Ferro, manganese e ammonio la cui origine è molto probabilmente naturale

Alla luce dei dati discussi, al tratto settentrionale e medio dell'acquifero viene attribuita classe chimica 2, fa eccezione nel tratto medio la zona orientale cui viene attribuita classe 3 per il tenore in nitrati. La porzione più a sud, all'altezza di Perugia, non viene classificata. Infatti, allo stato attuale delle conoscenze, non si può considerare l'unica stazione di monitoraggio rappresentativa del settore.

Tab.5 – Acquifero della Media Valle del Tevere Nord: Classe chimica per punti di monitoraggio (periodi 1998-2001 e 2002-2004)

	Numero punti per classe periodo 1998-2001			Numero punti per classe periodo 2002-2004		
	Classe Macro descrittori	Classe Parametri Addizionali	Classe chimica	Classe Macro descrittori	Classe Parametri Addizionali	Classe chimica
classe 1	0		0	0		0
classe 2	4		3	3		3
classe 3	3		3	2		2
classe 4	0	1	1	2		2
classe 0	1		1	1		1

L'acquifero a valle di Perugia presenta uno stato chimico delle acque ben peggiore di quello descritto per l'acquifero a nord. Come si può osservare nella tabella, che riporta la classe di appartenenza delle acque campionate per i due periodi considerati, più della metà dei punti (56% nel 2002-2004 e 65% nel periodo precedente) presenta acque con qualità chimica scadente per impatto antropico, e il 25% acque scadenti per cause naturali.

Per quanto riguarda i macrodescrittori il problema di contaminazione più diffuso è quello dei nitrati (Tav. 9 Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Media Valle del Tevere a sud di Perugia). Nel periodo 2002-2004, nella porzione di acquifero in destra idrografica del Tevere compresa tra Ponte San Giovanni e Marsciano, la concentrazione media è sempre superiore a 50 mg/l con massimi superiori a 100 mg/l nell'area denominata S.Martino. In sinistra idrografica del fiume nella zona tra Ponte San Giovanni e Torgiano, invece, le concentrazioni medie sono comprese tra 25 e 50 mg/l. Le minori concentrazioni vengono rilevate, infine, lungo il fiume Tevere nel tratto centro meridionale della valle.

Nel periodo precedente (1998-2001), le concentrazioni erano ancora più elevate. Nel biennio 2002-2004, infatti, si osserva in quasi tutto l'acquifero una generale riduzione dei valori in nitrati fatta eccezione per un'area al centro della valle a sud di Deruta dove si registra un incremento.

Un altro problema è legato a elevati valori in ione ammonio, ferro e manganese che si evidenziano in alcuni punti in sinistra idrografica del Tevere e nella porzione più meridionale della valle. Allo stato attuale delle conoscenze tale fenomeno viene legato a cause naturali, ovvero alla scarsa permeabilità delle porzioni di acquifero intercettate dai pozzi, all'instaurarsi di condizioni riducenti con arricchimento in questi ioni. A queste acque viene pertanto assegnata la classe 0. Nel caso di presenza di microinquinanti negli stessi punti, questi vengono inseriti in classe 4.

Per quanto riguarda i microinquinanti, nel periodo 1998-2001 quattro punti, prevalentemente concentrati nella area più critica per il tenore in nitrati, superano i limiti di concentrazione previsti dalla norma per i prodotti fitosanitari (metobromuron e terbutilazina), due punti a sud di Ponte San Giovanni per i composti organo alogenati volatili e quattro per altri microinquinanti (Nichel, Selenio e Antimonio).

Nel triennio 2002-2004 viene confermato l'inquinamento da fitosanitari in un punto all'altezza di Torgiano, già risultato inquinante in precedenza, ma in questo caso i principi attivi ritrovati sono metolaclor e terbutrina. Più a sud in altri due casi vengono superati i limiti per la presenza di lindano, principio attivo non monitorato nel periodo precedente (Tav.10 - Tetracloroetilene nell'acquifero della Media Valle del Tevere a sud di Perugia, periodo 2002-2004).

Composti organo alogenati volatili sono presenti in concentrazioni superiori ai limiti in quattro punti di cui due coincidono con quelli già risultati inquinati nel 1998-2001.

Inquinamento da metalli pesanti Nichel e Antimonio interessa due punti, diversi da quelli del periodo precedente.

Tab.6 – Acquifero della Media Valle del Tevere Sud: Classe chimica per punti di monitoraggio (periodi 1998-2001 e 2002-2004)

	Numero punti per classe periodo 1998-2001			Numero punti per classe periodo 2002-2004		
	Classe Macro descrittori	Classe Parametri Addizionali	Classe chimica	Classe Macro descrittori	Classe Parametri Addizionali	Classe chimica
classe 1	0		0	0		0
classe 2	3		1	4		3
classe 3	6		4	3		3
classe 4	17	9	21	17	9	21
classe 0	7		7	8		5

Informazioni importanti vengono fornite dalla distribuzione delle “presenze” di composti organo alogenati volatili anche in concentrazioni inferiori ai limiti. Nel periodo di monitoraggio 1998-2001 venivano individuate due aree dove veniva riscontrata una presenza diffusa di questi composti (prevalentemente tetracloroetilene e tricloroetilene): l'area a sud di Perugia (Ponte S.Giovanni) e quella di Marsciano.

Nel triennio 2002-2004 si osserva presenza diffusa in tutto l'acquifero di carbonio tetracloruro, in qualche caso associato a bromodichlorometano o a cloroetano, e presenza di tetracloroetilene e triclorobenzene in vari punti prevalentemente localizzati nelle due aree già individuate come critiche. In sintesi l'acquifero della Media Valle del Tevere Sud è caratterizzato da una diffusa contaminazione che ne determina la classificazione come acque scadenti per impatto antropico (classe 4). Al suo interno sono state individuate situazioni locali di acque scadenti per cause naturali e tuttavia con segnali evidenti di inquinamento da microinquinanti. In questo acquifero si sommano infatti due fattori negativi: caratteristiche idrogeologiche che favoriscono l'accumulo in falda degli inquinanti ed elevato carico antropico.

Fa eccezione, nella porzione settentrionale, l'area in sinistra del fiume Tevere a cui viene assegnata classe chimica 3.

3.4.3 Stato di qualità ambientale

L'acquifero della Media Valle del Tevere nord è in generale caratterizzato da assenza di evidenze di impatto quantitativo sulla risorsa idrica e da qualità chimica delle acque generalmente buona con indizi di moderata compromissione per impatto antropico.

Al tratto settentrionale e medio dell'acquifero viene attribuito Stato di qualità ambientale Buono (Tav.11- Stato di qualità ambientale negli acquiferi della Media Valle del Tevere Nord). Nel tratto medio della valle si segnala la zona orientale con classe chimica 3 per il tenore in nitrati.

La porzione più a sud, all'altezza di Perugia, non viene classificata in quanto l'assenza di punti di osservazione rappresentativi di questo settore non ha consentito l'assegnazione di una classe chimica.

Tab.7 – Acquifero della Media Valle del Tevere Nord: Stato Ambientale

Settore	Superficie (km²)	Stato quantitativo prevalente	Stato chimico prevalente	Stato Ambientale
Settore settentrionale e medio	43	B	2 (classe 3 ...%)	Buono
Settore meridionale	12	Non conosciuto	Non conosciuto	Non definito

Anche l'acquifero della Media Valle del Tevere Sud non presenta particolari segni di compromissione della naturale disponibilità della risorsa idrica da imputarsi ai prelievi, l'aspetto qualitativo però presenta forti criticità. Di conseguenza all'acquifero viene assegnato Stato di qualità ambientale Scadente (Tav.12- Stato di qualità ambientale negli acquiferi della Media Valle del Tevere Sud).

Tab.8 – Acquifero della Media Valle del Tevere Sud: Stato Ambientale

Settore	Superficie (km²)	Stato quantitativo prevalente	Stato chimico prevalente	Stato Ambientale
Intero acquifero	137	B	4	Scadente

Bibliografia

ARPA Umbria, AUR. Relazione sullo Stato dell'Ambiente in Umbria. Edito da Arpa Umbria, 2004.

BERETTA G.P., FRONDINI F., GIULIANO G., MARCHETTI G., MARTINELLI A. AND PERUZZI L. – Design of a regional groundwater monitoring network: the PRISMAS project experience. Monitoring Taylor- Made III international workshop on information for sustainable water management. Nunspeet, the Netherlands, 25-28 September 2000.

BERETTA G.P., MARCHETTI G., MARTINELLI A., CREA R., FABIANI C., GIULIANO G., NUCCI M., PAGGI G., PERUZZI L. – Il monitoraggio delle acque a scala regionale: approccio tradizionale ed innovazione tecnologica applicata agli acquiferi dell'Umbria – IGEA n° 16 anno 2001.

CALANDRA R., *I paesaggi pedologici e la carta dei suoli dell'Umbria*. Quaderni della Camera di Commercio industria artigianato e agricoltura di Perugia, 2004.

CARDELLINI C., CHIODINI G. AND FRONDINI F. Application of stochastic simulation to CO₂ flux from soil: Mapping and quantification of gas release. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, 108(B9), 2003.

DAVID M. - *Geostatistical ore reserve estimation*, 364 pp., Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1977.

DEUTSCH C.V.ANDA.G. JOURNAL – GSLIB: *Geostatistical Software Library and Users Guide*, 369 pp., Oxford Univ. Press, New York, 1998.

FRONDINI F., MARCHETTI G., MARTINELLI A. & PERUZZI L. – Monitoring of groundwater quality in Umbria (Central Italy). *In Water Rock Interaction Vol 1 Tenth International Symposium WRI 10, Villasimius Italy 10-15- Giugno 2001*. Swets & Zeitlinger B.V.Ed. Olanda.

GIAQUINTO S., MARCHETTI G., MARTINELLI A., MARTINI E., *Le acque sotterranee in Umbria*. 21 pp., Protagon Ed., Perugia, 1991.

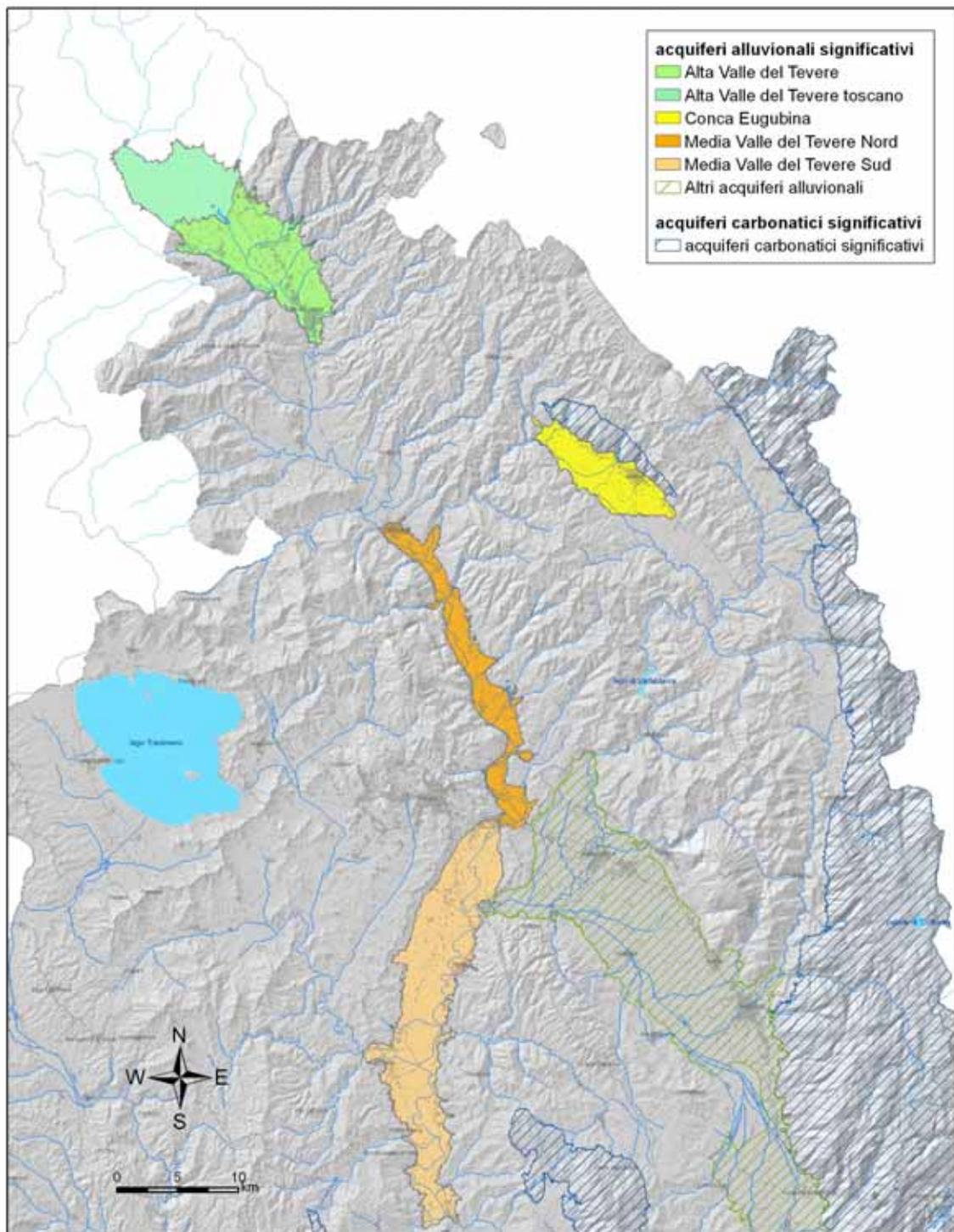
Regione dell'Umbria – GNR GNDCI – Carta delle Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi della Valle Umbra nord. Pubbl. n° 256 del GNDCI-CNR, 1990.

Regione dell'Umbria – GNR GNDCI – Carta delle Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi della Valle Umbra sud. Pubbl. n° 468 del GNDCI-CNR, 1992.

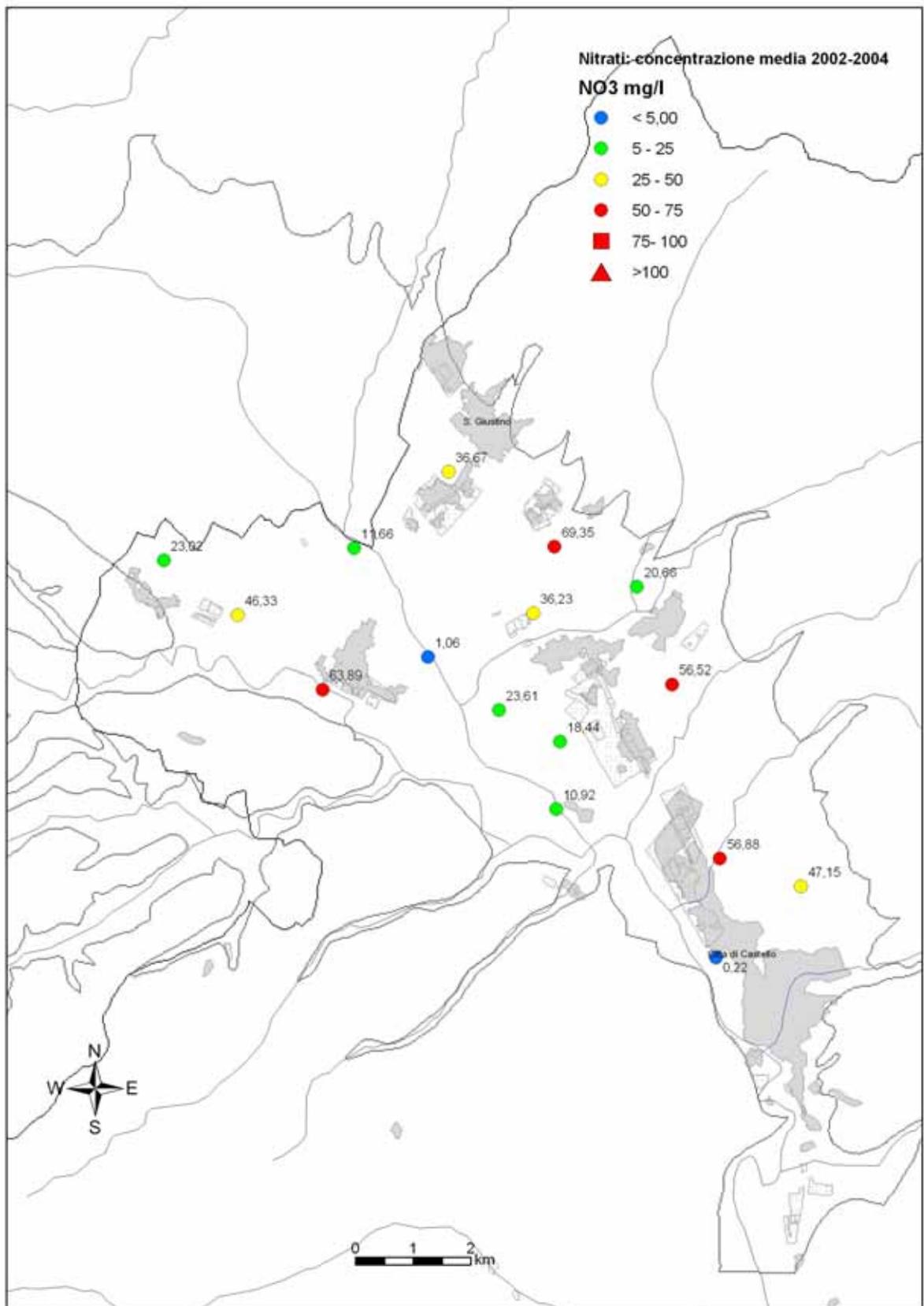
RAUTMAN C.A., AND J.D. ISTOK – Probabilistic assessment of groundwater contamination. 1. Geostatistical framework, *Ground Water*, 34 (5), 899-909, 1996.

SINCLAIR A.J. - Selection of threshold values in geochemical data using probability graphs, *J. Geochem. Explor.*, 3, 129 -149, 1974.

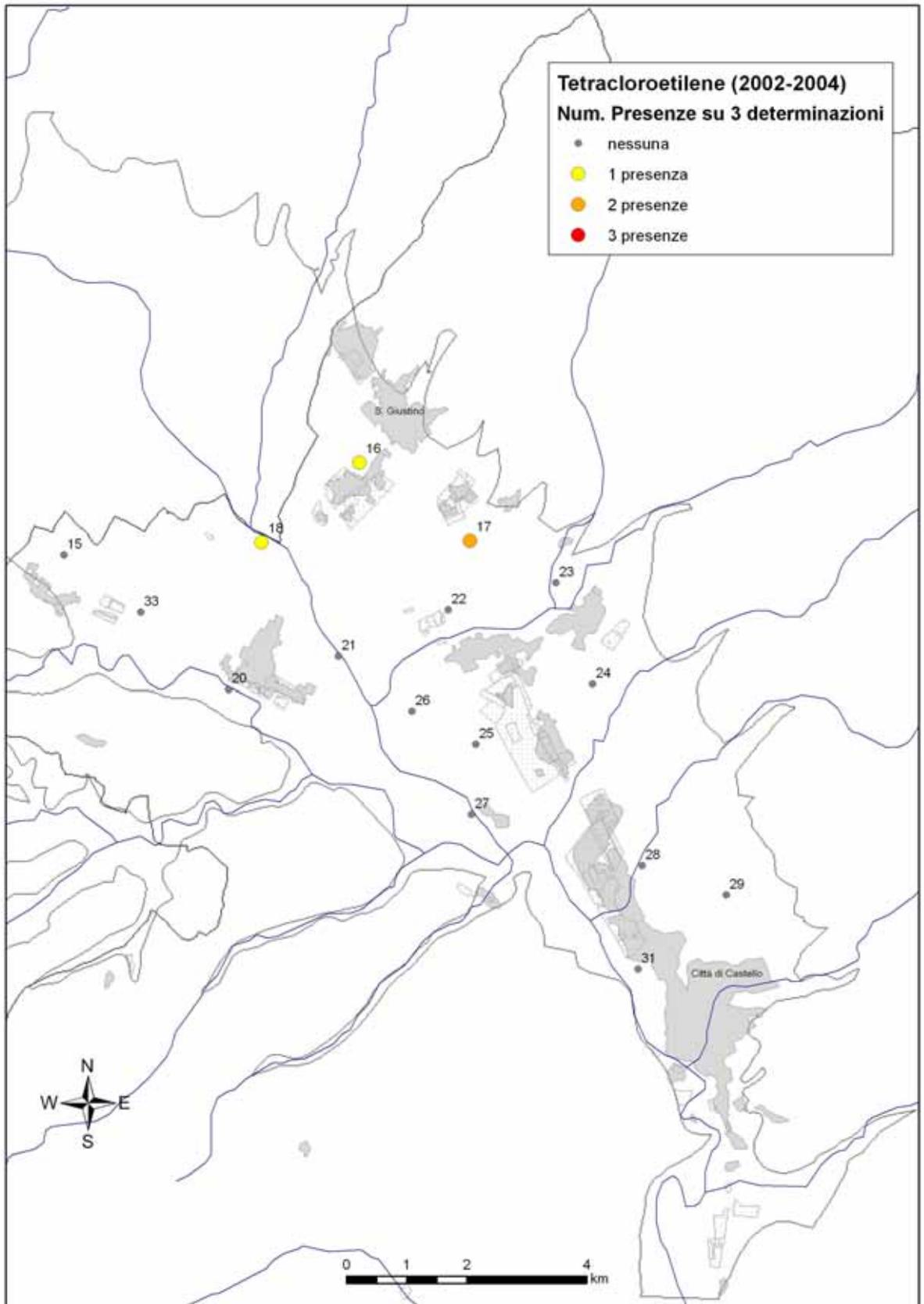
TAV.1 – Inquadramento geografico.



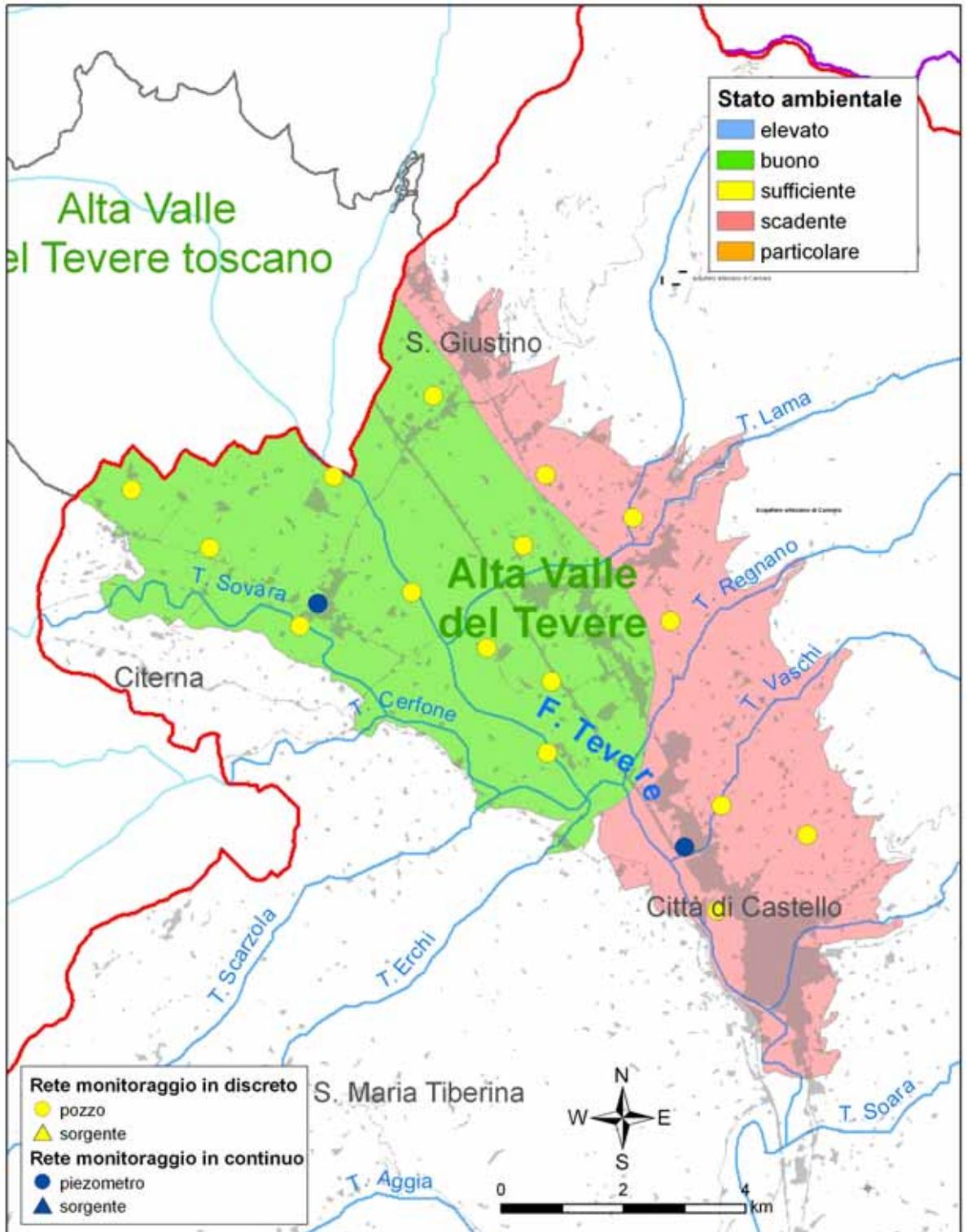
TAV.2 – Distribuzione delle concentrazioni medie in nitrati nell'acquifero dell'Alta Valle del Tevere.



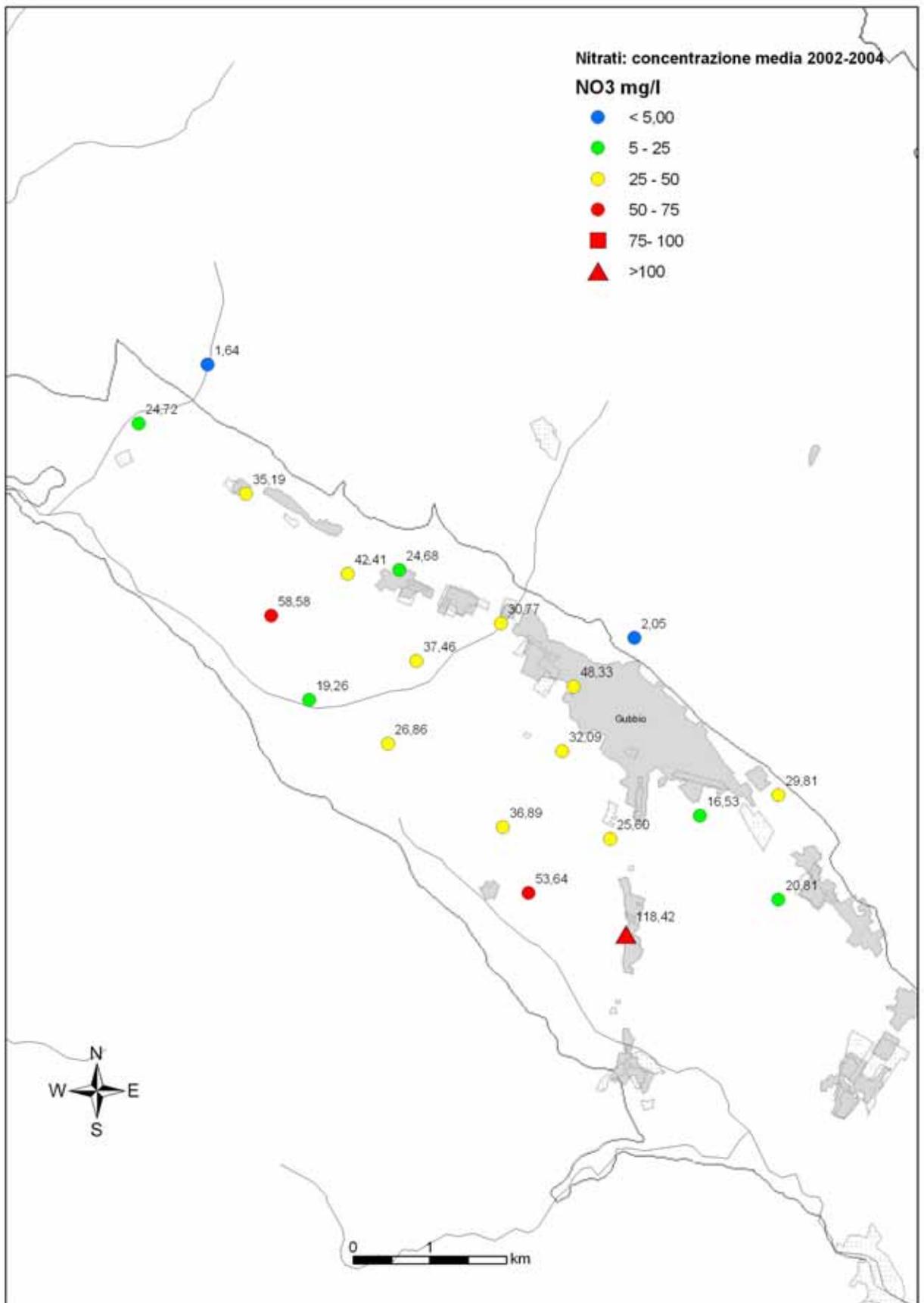
TAV.3 – Tetracloroetilene nell'acquifero dell'Alta Valle del Tevere, periodo 2002-2004



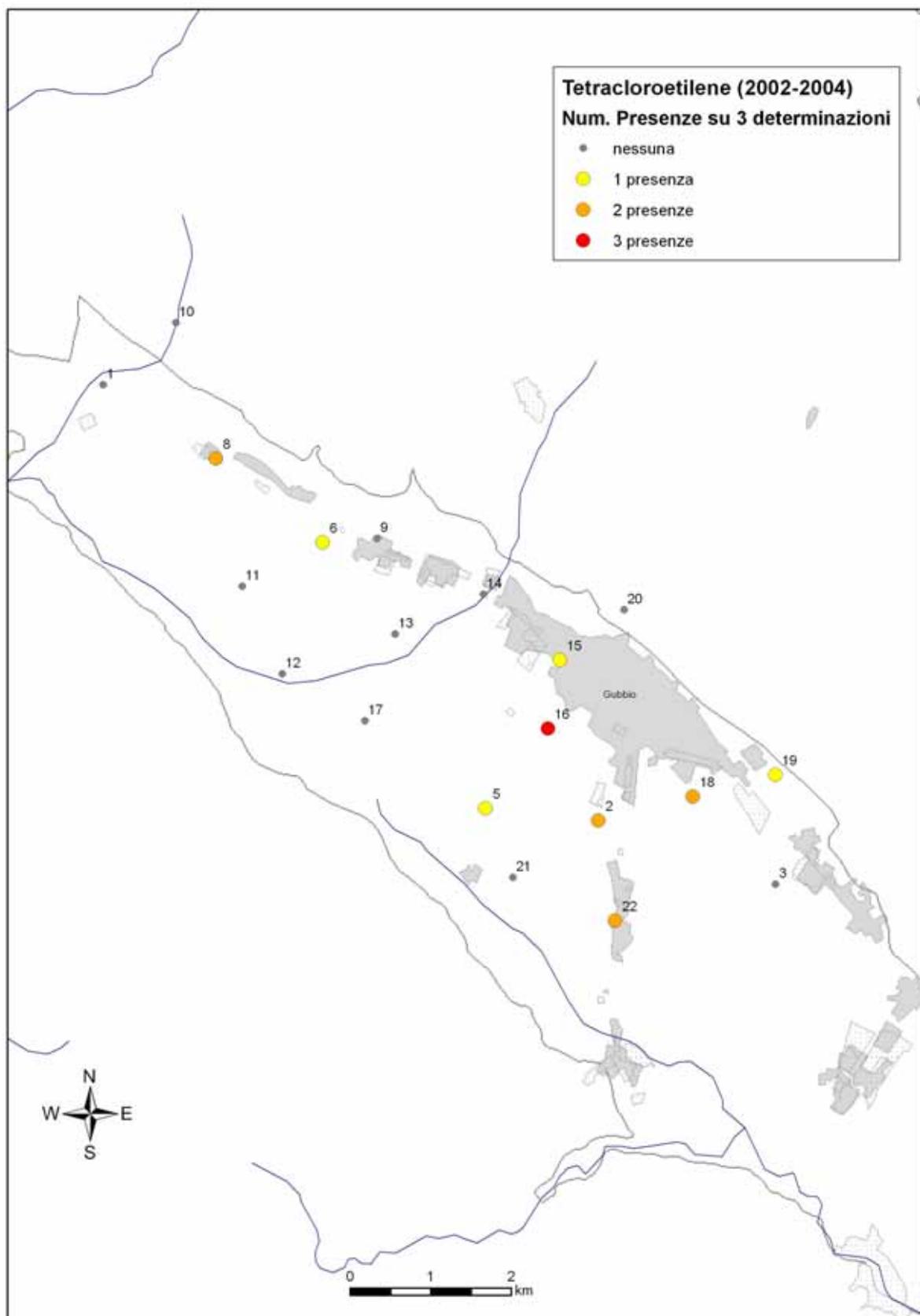
TAV.4 – Stato di qualità ambientale dell'acquifero dell'Alta Valle del Tevere.



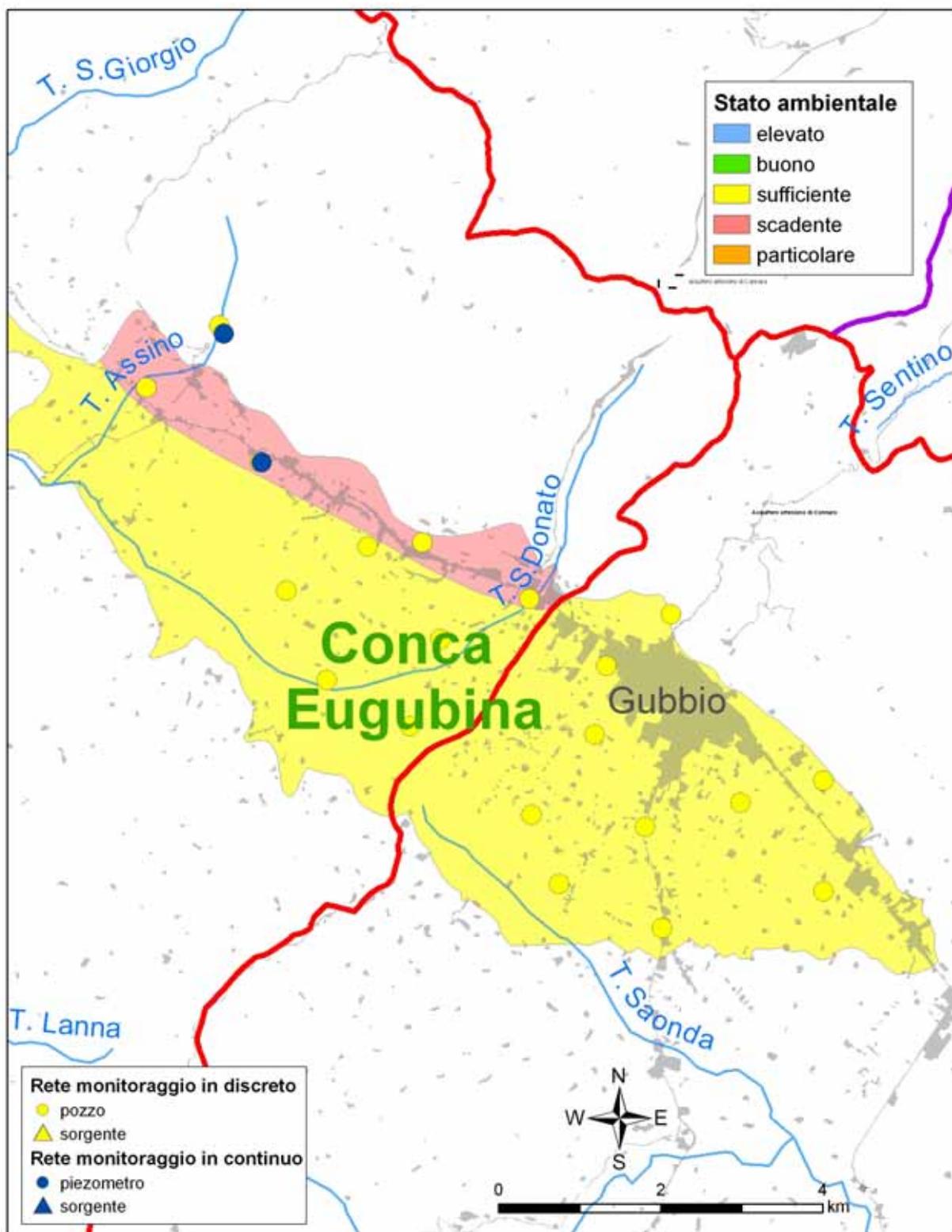
TAV.5 - Distribuzione delle concentrazioni medie in nitrati nell'acquifero della Conca Eugubina.



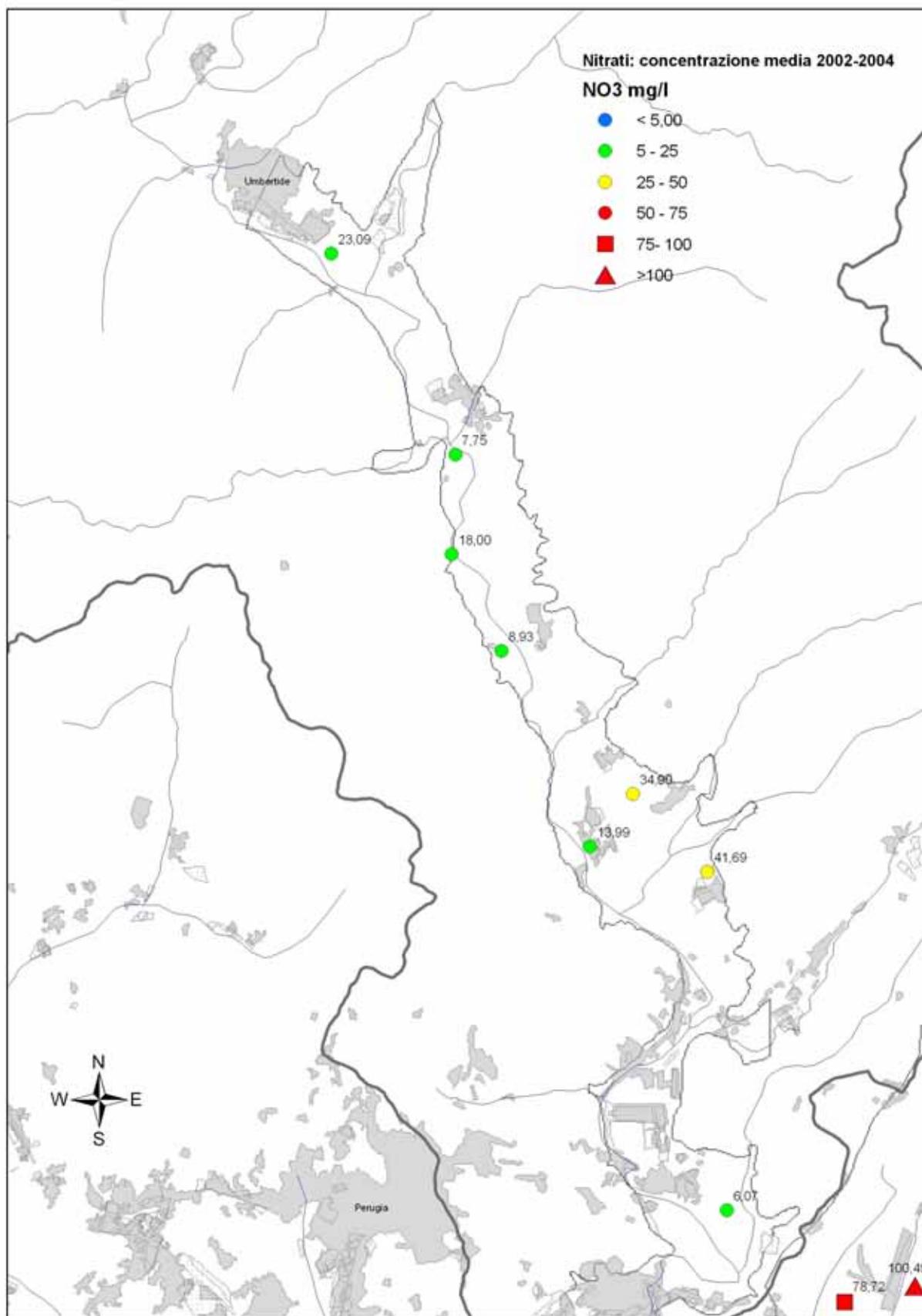
Tav.6 - Tetracloroetilene nell'acquifero della Conca Eugubina, periodo 2002-2004.



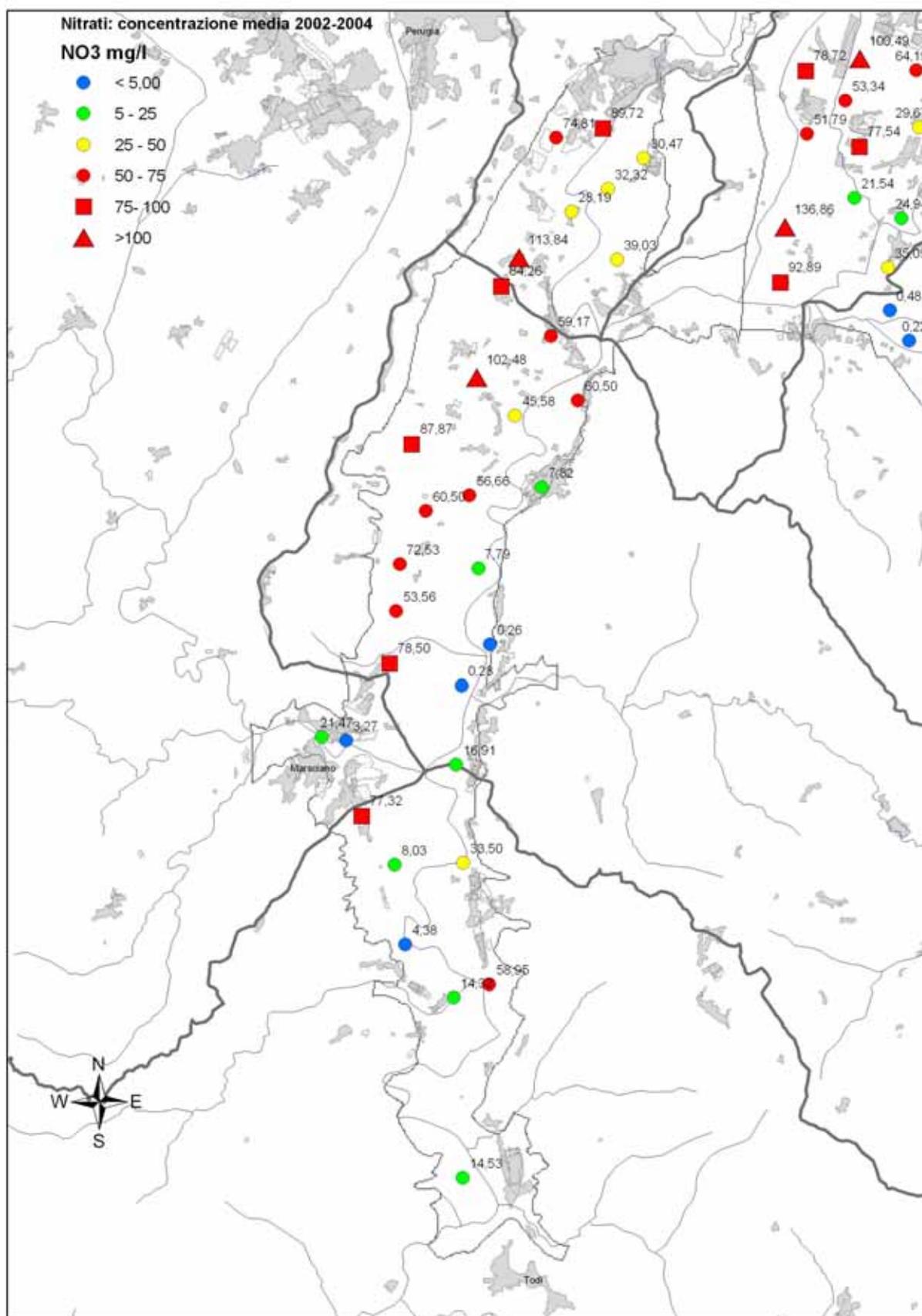
TAV.7 - Stato di qualità ambientale dell'acquifero della Conca Eugubina.



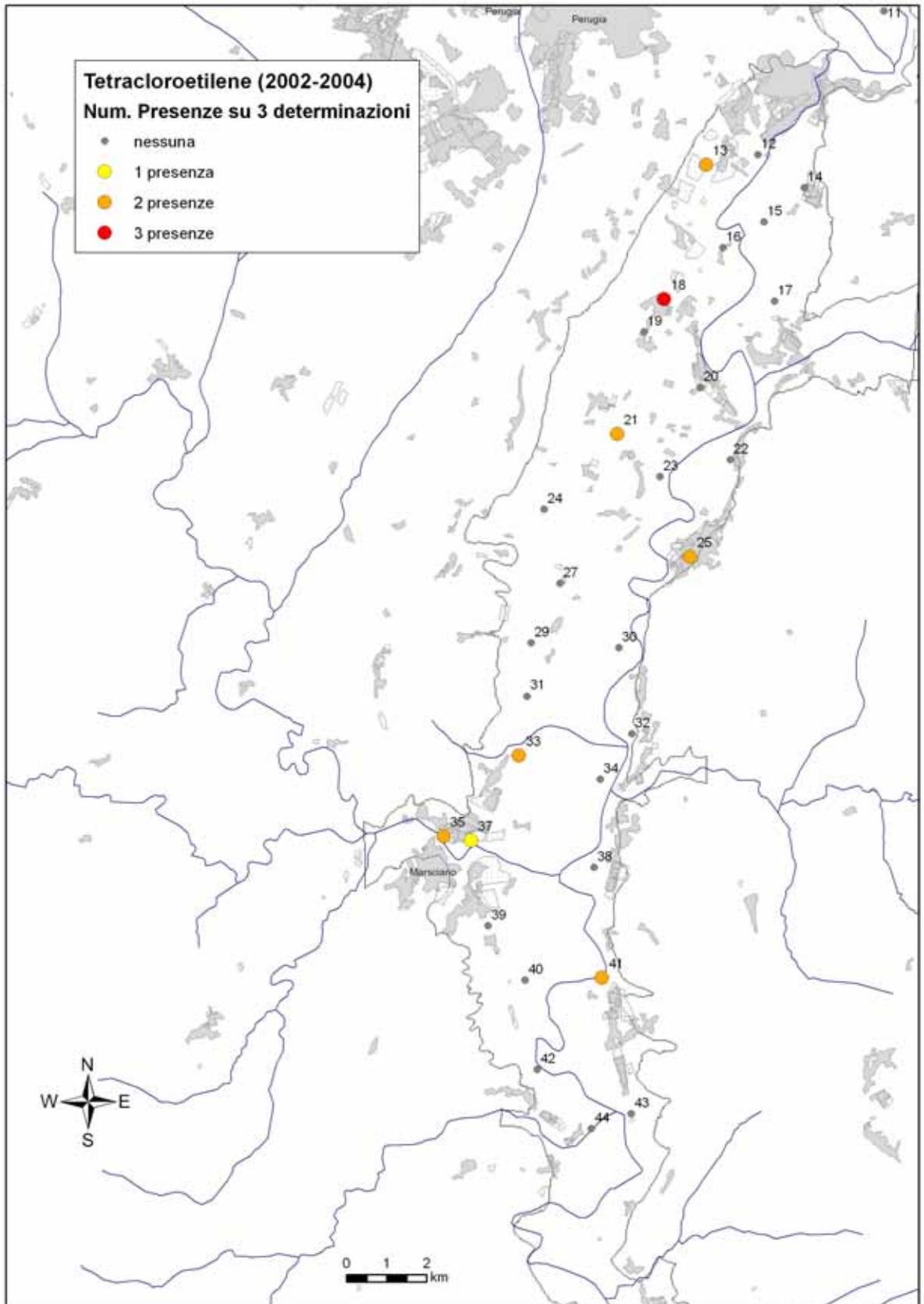
TAV.8 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Media Valle del Tevere a nord di Perugia.



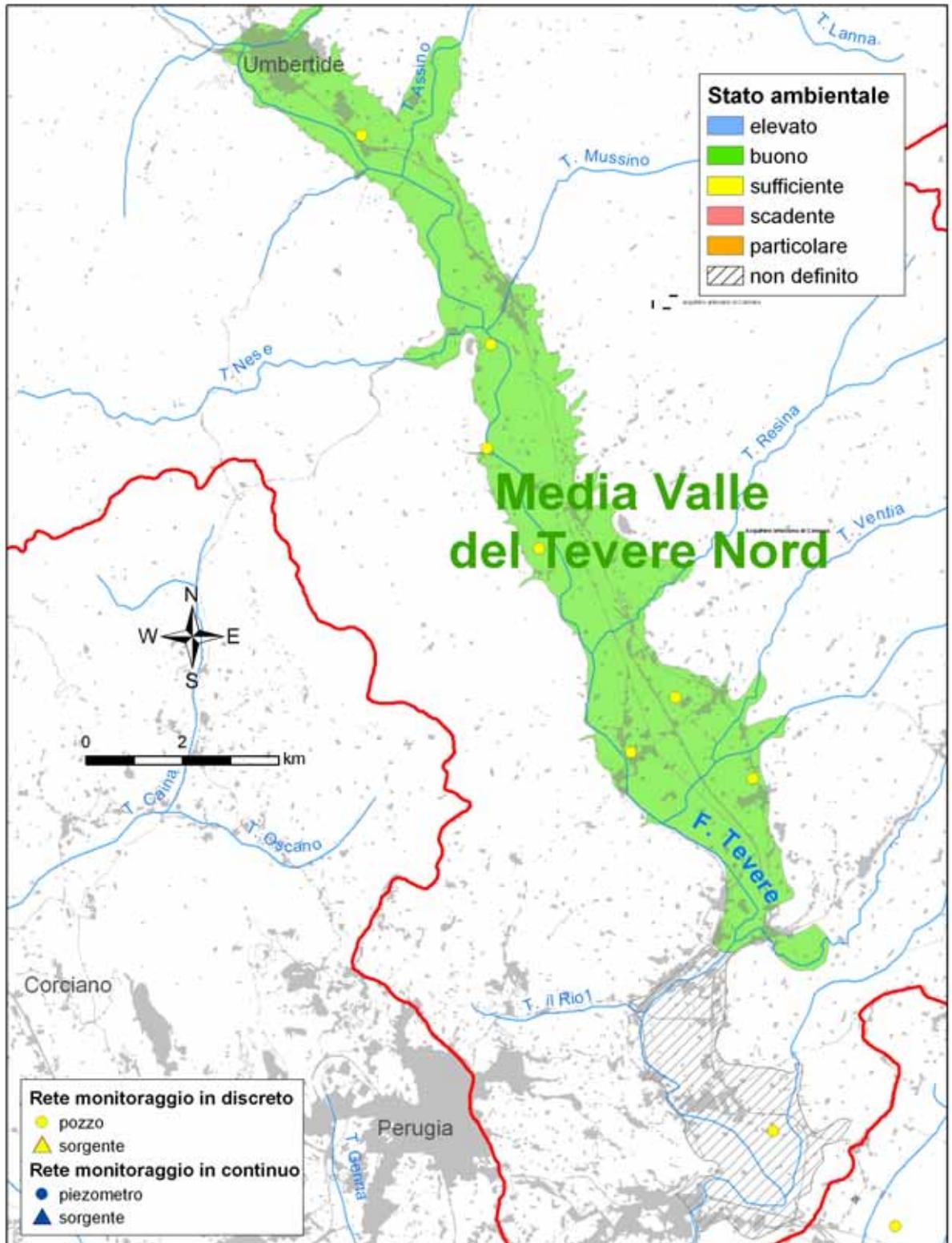
TAV.9 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Media Valle del Tevere a sud di Perugia.



TAV.10 - Tetracloroetilene nell'acquifero della Media Valle del Tevere a sud di Perugia, periodo 2002-2004).



TAV.11 - Stato di qualità ambientale negli acquiferi della Media Valle del Tevere Nord.



TAV.12 - Stato di qualità ambientale negli acquiferi della Media Valle del Tevere Sud

