

# Statistica applicata al monitoraggio dei dati ambientali: determinazione dei livelli di guardia per parametri chimici significativi

Laura Trada<sup>1</sup>, Stefano Buratto<sup>2</sup>

1 ARPA Piemonte – Dipartimento Provinciale di Vercelli SC13 - SS 13.02 Produzione, via Bruzza 3 – 13100 Vercelli. (l.trada@arpa.piemonte.it)

2 ARPA Piemonte – Area Attività Regionali per l'Indirizzo e il Coordinamento in Materia Ambientale, via Pio VII 9 – 10135 Torino. (s.buratto@arpa.piemonte.it)

## INTRODUZIONE

Obiettivo dello studio è la definizione di una metodologia di analisi statistica per la gestione dei dati analitici delle attività di monitoraggio che risponda a un approccio di prevenzione del danno ambientale. In particolare la procedura proposta consente di determinare livelli di guardia per parametri chimici, ovvero valori limite di concentrazione da intendersi come livelli di allarme che, in assenza di impatto, non dovrebbero essere superati.

La metodologia, adattabile a diversi contesti, in funzione delle pressioni ambientali e dei bersagli sensibili, è stata sperimentata su un corpo idrico artificiale, la Roggia del Re, limitrofo alla Palude di San Genuario (VC), Sito di Importanza Comunitaria (SIC) inserito nell'elenco delle Zone di Protezione Speciale (ZPS).

Il controllo della qualità delle acque della roggia rispetto ai livelli di guardia si inserisce all'interno di un più complesso monitoraggio di sorveglianza previsto per SIC al fine di verificare se, e in quale misura, si assista nel tempo ad una variazione degli impatti cumulativi esercitati dalle fonti di pressione, col rischio di pregiudicare le cenosi del SIC. Il monitoraggio di sorveglianza riguarda diverse componenti ambientali: acque superficiali, falda freatica, atmosfera, al-

cune specie faunistiche, e utilizza metodi e procedure differenti per ciascuna componente, in considerazione delle principali pressioni ritenute dannose per le cenosi presenti nel SIC.

Nello specifico, per quanto riguarda la componente acque superficiali, il monitoraggio di sorveglianza riguarda tre canali artificiali che rappresentano fonti di apporto di acqua esterni al SIC (tra i quali la Roggia del Re), e un fontanile interno ad esso.

Considerato che l'obiettivo del lavoro non è l'individuazione della fonte di pressione responsabile di una variazione di concentrazione dei parametri, bensì la messa a punto di uno strumento che evidenzii le loro eventuali variazioni statisticamente significative rispetto alla serie storica di dati pregressi disponibile, vengono presentati i dati relativi alla sola Roggia del Re.

## MATERIALI E METODI

### L'area di studio

La Palude San Genuario si trova all'interno di una fascia di risorgive che si distribuisce in maniera pressoché continua lungo la Pianura Padana dalle foci dell'Isonzo fino al Cuneese con sviluppo Est-Ovest (MUSCIO, 2001). Il reticolo idrografico interno al SIC è alimentato da fontanili, risorgive e contribuisce ad alimentare il siste-

ma irriguo mescolandosi alla rete di canalizzazioni presente in tutta l'area.

Come ampiamente descritto nel volume "Un piano per la Palude di San Genuario" (ROSSI e MINCIARDI, 2005), la palude costituisce una delle poche interruzioni al continuum agrario della pianura risicola vercellese e rappresenta un fattore di biodiversità ambientale significativo, poiché ospita ambienti di acque correnti e palustri e lembi di bosco planiziale. È uno dei pochi siti a livello nazionale ove nidificano contemporaneamente *Botaurus stellaris* Linnaeus 1758 (il SIC rappresenta l'unico sito di nidificazione regionale), *Ardea purpurea* Linnaeus 1766, *Circus aeruginosus* Linnaeus 1758 e *Ixobrychus minutus* Linnaeus 1766, tutte specie legate ad ambienti di canneto di una certa estensione. È inoltre presente l'habitat "Fiumi delle pianure e montani con vegetazione del *Ranuncion fluitantis* e *Callitricho-Batrachion*" individuato dalla direttiva "Habitat" 92/43/CE, Allegato I "Tipi di habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione".

Le peculiarità del reticolo idrografico e della falda freatica sub superficiale costituiscono elementi di vulnerabilità all'inquinamento degli habitat presenti nel SIC. In

sintesi le principali problematiche sono:

- qualsiasi inquinamento delle acque superficiali influenza anche le acque sotterranee e viceversa, per la stretta connessione tra idrografia superficiale e sotterranea (ROSSI e MINCIARDI, 2005);
- la falda freatica ha una soggiacenza limitata dal piano campagna ed è caratterizzata da una coltre di copertura impermeabile estremamente esigua risultando vulnerabile a sversamenti di sostanze inquinanti sul suolo;
- la prevalente direzione di deflusso dell’acquifero superficiale e dei canali artificiali, Nord/Ovest-Sud/Est, rende il SIC vulnerabile a immissioni di inquinanti effettuate anche dall’esterno, soprattutto nel settore posto a Nord.

La vulnerabilità del sito è accentuata dalla sua collocazione in un territorio fortemente antropizzato: l’uso del suolo è caratterizzato prevalentemente da monocoltura a riso e cereali e da attività zootecniche; nell’estate del 2008, ad 1 Km in direzione Nord, è entrata in funzione una centrale termoelettrica a ciclo combinato alimentata a gas naturale, di 800 MW elettrici di potenza, mentre a circa 3 Km Nord dal SIC è in funzione già da diversi anni una centrale termoelettrica alimentata a gas naturale (Fig. 1).

Gli impianti che utilizzano combustibili fossili generano l’emissione di sostanze inquinanti tra le quali gli ossidi di azoto che, per reazione in atmosfera, originano acido nitrico che può incrementare l’acidificazione delle precipitazioni e delle acque superficiali. Gli ossidi di azoto, in combinazione con l’ammoniaca presente nell’aria (liberata prevalentemente dalle emissioni del comparto zootecnico e dall’utilizzo di fertilizzanti chimici), possono dar luogo

alla formazione di particolato di origine secondaria composto in prevalenza di nitrato d’ammonio, incrementando i carichi di nitrati nel suolo e nei corpi idrici.

Le attività agricole e il comparto zootecnico, attraverso l’uti-

lizzo di fertilizzanti organici e inorganici e le pratiche di concimazione, possono contribuire all’aumento di concentrazione di cloruri, nitrati e solfati nel suolo, in falda (soprattutto se sub-superficiale) e nelle acque superficiali.

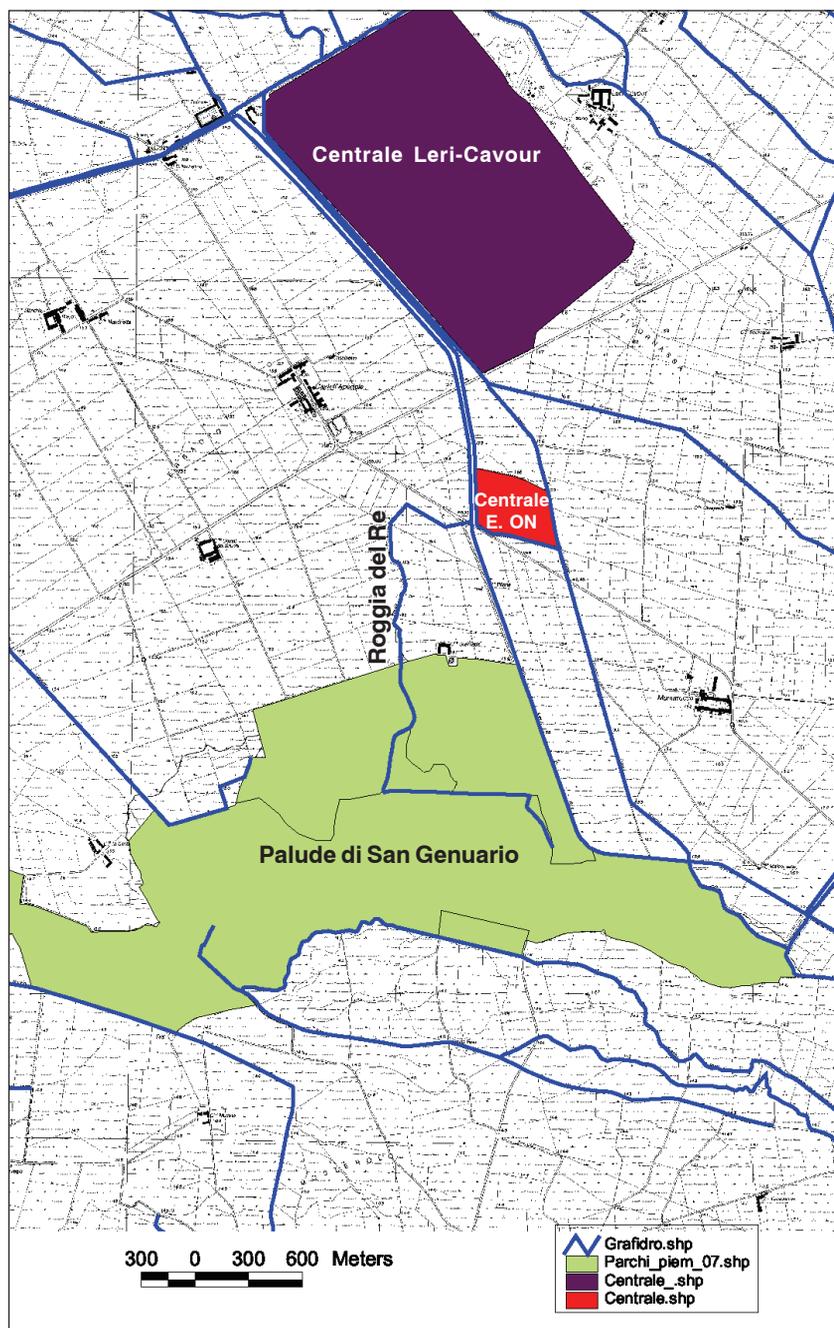


Fig. 1. L’area di interesse (Palude di San Genuario), con la Roggia del Re e il restante reticolo idrografico e l’ubicazione delle centrali termoelettriche.

### Metodologia per il calcolo del livello di guardia

I parametri chimici da ricercare nelle acque superficiali, per i quali calcolare i livelli di guardia, sono stati selezionati in considerazione delle fonti di pressione presenti nell'area di interesse che possono concorrere a determinare una variazione dello stato trofico delle acque. In San Genuario sono presenti infatti cenosi sensibili, come le formazioni a canneto, che risentono di fenomeni di eutrofizzazione delle acque (ROSSI e MINCIARDI, 2005).

Ciò considerato, sono stati selezionati per il calcolo dei livelli di guardia i parametri indicatori dello stato trofico delle acque. Sono perciò stati determinati: concentrazione idrogenionica pH (APAT CNR-IRSA metodo 2060 MAN 29/2003); ossigeno disciolto come  $O_2$  (APAT CNR-IRSA metodo 4120 A1 MAN 29/2003); ammoniaca come ione ammonio (APAT CNR-IRSA metodo 4030 A1 MAN 29/2003); nitrati come ione nitrato (metodo UNI 9813:1991); cloruri come ione cloruro (metodo UNI 9813:1991); solfati come ione solfato (metodo UNI 9813:1991); domanda chimica di ossigeno COD come  $O_2$  (ISO 15705:2002).

I campionamenti e le analisi delle acque, svolti con cadenza trimestrale (febbraio-marzo, maggio, agosto, novembre) dal dipartimento provinciale ARPA di Vercelli negli anni 2002-2008, hanno fornito una serie di dati di ampiezza ed estensione temporale sufficiente, che include nella valutazione preliminare i principali effetti stagionali ed è rappresentativa di una variabilità spesso non prevedibile dovuta anche alla regimazione artificiale del canale.

L'analisi statistica è stata svolta per mezzo del software ProUCL v. 4.0 sviluppato dall'Agenzia per

la Protezione Ambientale Americana (EPA) (SINGH e SINGH, 2007). Tale applicativo, nato inizialmente per supportare le procedure di bonifica di siti contaminati, è riconosciuto da Organismi operanti in campo ambientale, tra i quali APAT e ISS, come software utile per l'elaborazione statistica dei dati (APAT-ISS, 2006a; APAT, 2008).

Le fasi che portano alla definizione del livello di guardia per uno specifico parametro sono:

1. raccolta dati e costituzione del set di dati iniziale;
2. esplorazione (statistica) del set di dati iniziale;
3. individuazione dei dati anomali e loro esclusione, onde ottenere il set di dati rappresentativo;
4. individuazione della distribuzione statistica dei dati rappresentativi e calcolo del livello di guardia.

Di seguito sono brevemente descritte le fasi operative elencate.

#### 1. Costituzione del set di dati iniziale

La prima valutazione riguarda l'ampiezza del set di dati che, per una precisione di stima accettabile, deve comprendere almeno 10 dati (APAT-ISS, 2006b; APAT, 2008; SINGH e SINGH, 2007).

#### 2. Esplorazione del set di dati iniziale

Vengono utilizzati alcuni semplici strumenti grafici e numerici:

- statistiche di base: massimo, minimo, media, mediana, valutazione della dispersione e dell'asimmetria della distribuzione;
- grafico della sequenza temporale (*time plot*), fondamentale per l'interpretazione delle variazioni e per la successiva fase di studio dei valori anomali;
- grafico a scatola (*box plot*), nella versione standard, ovvero in funzione dei percentili caratteristici del set di dati (25° percentile, mediana, 75° percentile). In questa

fase è utile soprattutto per valutare la distribuzione numerica delle misure del parametro.

#### 3. Individuazione dei dati anomali e costituzione del set di dati rappresentativo

L'individuazione dei potenziali valori anomali è basata sul grafico *box plot* implementato dal software ProUCL v. 4.0. In sintesi, sono ritenuti potenzialmente anomali i valori:

- superiori alla soglia superiore = 75° percentile +  $1,5 \cdot (75^\circ \text{percentile} - 25^\circ \text{percentile})$ ;
- inferiori alla soglia inferiore = 25° percentile -  $1,5 \cdot (75^\circ \text{percentile} - 25^\circ \text{percentile})$ .

I dati potenziali anomali vengono successivamente valutati per mezzo del test di Dixon e del test di Rosner, oppure del test di Huber (qualora il set di dati non sia compatibile con una distribuzione normale).

I dati individuati come statisticamente anomali vengono esclusi solo in seguito all'interpretazione coerente e integrata delle rappresentazioni grafiche, dei risultati dei test statistici e delle conoscenze tecnico-scientifiche della situazione ambientale del sito oggetto di studio. L'esclusione degli eventuali dati anomali dal set iniziale fornisce il set di dati rappresentativo.

#### 4. Individuazione della distribuzione statistica e calcolo del livello di guardia

Il livello di guardia viene determinato con i dati del set rappresentativo, calcolando l'estremo superiore dell'intervallo di tolleranza di livello 95%. Tale valore, denominato UTL95%, è l'indicatore statistico che limita superiormente il 95% della popolazione o, in altri termini, quel valore che dovrebbe essere superato con probabilità  $p < 5\%$ . Pertanto svolge il ruolo natura-

le di valore soglia di allarme. È interessante evidenziare che UTL 95% coincide con l'estremo superiore dell'intervallo di confidenza del 95° percentile e quindi il livello di guardia come individuato risulta una stima cautelativa del 95° percentile della popolazione, secondo le regole della statistica inferenziale.

Il valore UTL è fortemente dipendente dal tipo di distribuzione, che deve essere individuata prima di procedere con il calcolo. Il software ProUCL v. 4.0 riconosce la compatibilità con le distribuzioni Normale, Gamma e Log-normale e consente di calcolare lo specifico valore di UTL. Per la Normalità e la Log-normalità sono disponibili i test di Shapiro-Wilk e di Lilliefors, mentre per le distribuzioni Gamma sono applicati i test di Anderson-Darling e di Kolmogorov-Smirnov. L'esecuzione dei test è corredata dalla presentazione del grafico quantile-quantile (*Q-Q plot*) che consente di individuare i dati anomali, "responsabili" di un cattivo adattamento. Nel caso il software non riconosca alcuna distribuzione, il livello di guardia viene definito con tecniche non parametriche.

## RISULTATI

Sono stati individuati i livelli di guardia per i seguenti parametri selezionati come indicatori dello stato trofico delle acque:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , pH, DO, Cl,  $\text{SO}_4^{--}$ , COD. Poiché scopo del lavoro è l'illustrazione della procedura, di seguito si espongono, a titolo di esempio, i risultati dell'applicazione al solo parametro chimico nitrati (dei soli campionamenti effettuati sulla Roggia del Re).

### 1. Costituzione del set di dati iniziale

Il set iniziale, costruito con 4 misurazioni annue (Tab. I), è costi-

tuito da 25 dati poiché questi erano i soli disponibili. Non sono presenti valori espressi come "inferiori al limite di rilevabilità" dello strumento.

### 2. Esplorazione del set di dati iniziale

#### Indicatori statistici

La tabella II mostra i valori calcolati dei seguenti indicatori: minimo, massimo, media, mediana, deviazione standard, coefficiente di variazione. Media e mediana presentano valori simili, ad indicare una distribuzione complessivamente simmetrica dei dati. Il valore del coefficiente di variazione ( $\text{CV} < 0,3$ ) indica una bassa dispersione dei dati attorno al valor medio.

#### Time plot

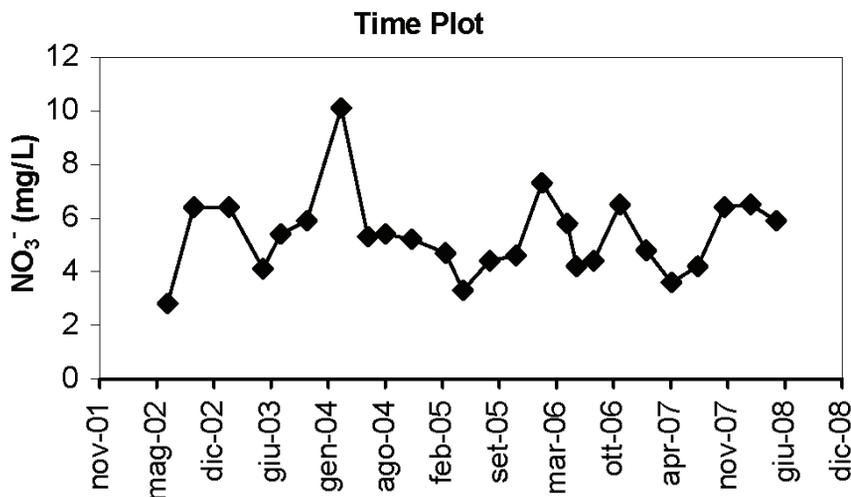
Il *Time plot* (Fig. 2) evidenzia che le concentrazioni maggiori di ione nitrato corrispondono ai campionamenti invernali: poiché il ca-

**Tab. I.** Nitrati: set di dati iniziale con le concentrazioni rilevate nel periodo 2002-2008.

progress.	mese-anno	$\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )
1	lug-02	2,8
2	ott-02	6,4
3	feb-03	6,4
4	giu-03	4,1
5	ago-03	5,4
6	nov-03	5,9
7	mar-04	10,1
8	giu-04	5,3
9	ago-04	5,4
10	nov-04	5,2
11	mar-05	4,7
12	mag-05	3,3
13	ago-05	4,4
14	nov-05	4,6
15	feb-06	7,3
16	mag-06	5,8
17	giu-06	4,2
18	ago-06	4,4
19	nov-06	6,5
20	feb-07	4,8
21	mag-07	3,6
22	ago-07	4,2
23	nov-07	6,4
24	feb-08	6,5
25	mag-08	5,9

**Tab. II.** Nitrati ( $\text{mg L}^{-1} \text{NO}_3^-$ ): principali descrittori statistici calcolati sul set di dati iniziale

Minimo	Massimo	Media	Mediana	Dev.st	CV
2,80	10,10	5,34	5,30	1,50	0,28



**Fig. 2.** Nitrati: il *time plot* evidenzia l'andamento oscillante del parametro e l'assenza di un trend costante.

nale, essendo ad uso agricolo, viene artificialmente regimato, è possibile che le oscillazioni del parametro siano correlate al minore volume di acqua presente durante la stagione invernale.

**Box plot**

Il *box plot* (Fig. 3) evidenzia una distribuzione complessivamente simmetrica dei dati. È presente un valore che, oltrepassando la soglia superiore ( $75^{\circ} p. + 1,5 \cdot IQR$ ), rappresenta un *outlier* (valore raro o potenziale valore anomalo).

**3. Individuazione dei dati anomali e costituzione del set di dati rappresentativo**

La scelta del test statistico con cui valutare il potenziale valore anomalo dipende dalla distribuzione del set di dati ottenuto escludendo l'*outlier* individuato con il *box plot*. Pertanto è stata svolta la verifica di Normalità utilizzando le funzionalità del software ProUCL v. 4.0 (Fig. 4). Il Test di Shapiro-Wilk indica che la distribuzione dei dati non viola l'ipotesi di Normalità con  $\alpha = 5\%$ .

Trattandosi di una distribuzione normale, per la valutazione del potenziale valore anomalo è stato possibile utilizzare il Test di Rosner implementato dal software ProUCL v.4.0: il test è stato applicato sul set di dati completo, incluso l'*outlier*, ed evidenzia che 10,1 mg L<sup>-1</sup> rappresenta un valore anomalo al livello di significatività del 5%. La decisione di escludere tale valore statisticamente anomalo si deve al fatto che, rispetto alle concentrazioni massime rilevate nei mesi invernali, 10,1 mg L<sup>-1</sup> rappresenta l'unica eccezione e può quindi essere ragionevolmente considerato un dato non compatibile. Con l'esclusione del valore anomalo il set di dati rappresentativo risulta costituito da 24 valori.

**4. Individuazione della distribuzione statistica e calcolo del livello di guardia**

Le modalità di calcolo del livello di guardia con il software ProUCL v. 4.0 dipendono dalla distribuzione del set di dati rappresentativo. Poiché il test di Shapiro-

Wilk sul data set rappresentativo evidenzia che l'ipotesi di Normalità non viene violata, il livello di guardia è stato definito con il software ProUCL v. 4.0 calcolando l'UTL95% con livello di significatività del 5% per una distribuzione normale. Ne risulta una stima del

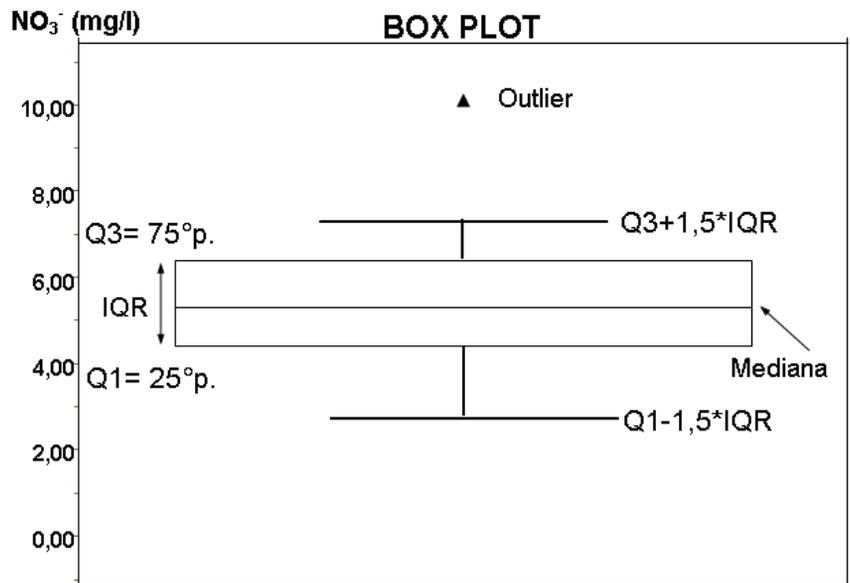


Fig. 3. Nitrati: *box plot* prodotto dal software ProUCL v.4.0. È presente un potenziale valore anomalo (*outlier*) che supera la soglia superiore =  $75^{\circ} p. + 1.5 \cdot (75^{\circ} p. - 25^{\circ} p.)$ .

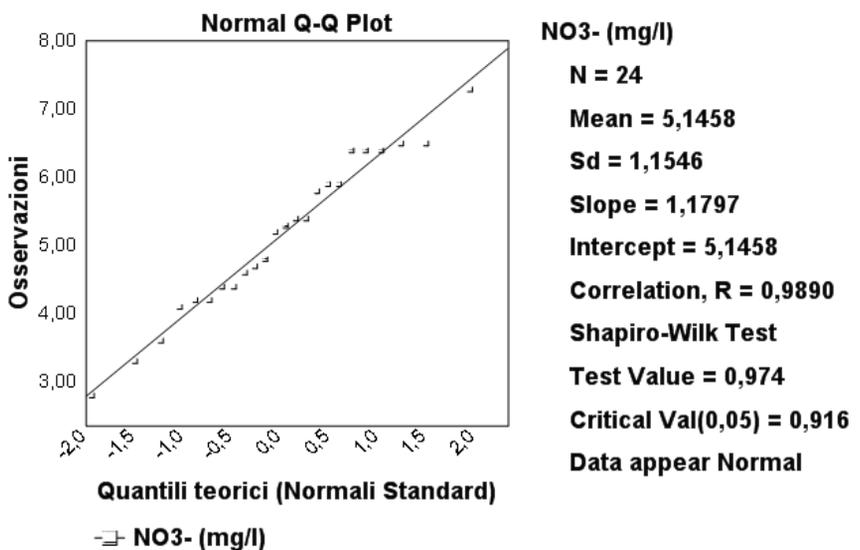


Fig. 4. Nitrati: output del software ProUCL v.4.0. Il Test di Shapiro-Wilk evidenzia che la distribuzione dei dati non viola l'ipotesi di Normalità con  $\alpha = 5\%$ .

livello di guardia di 7,8 mg L<sup>-1</sup>.

Ripercorrendo la stessa procedura per ciascuno degli altri parametri analitici sono stati individuati i rispettivi livelli di guardia (Tab. III).

### DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Il D.Lgs. n.152/06 e s.m.i., Titolo III, Parte Seconda, indica all'articolo 28 che il monitoraggio: "assicura (...) il controllo sugli impatti significativi sull'ambiente provocati dalle opere (...) anche al fine di individuare tempestivamente gli impatti negativi imprevisti e di con-

sentire all'autorità competente di essere in grado di adottare le opportune misure correttive".

Uno degli obiettivi essenziali dell'attività di monitoraggio è dunque quello di segnalare precocemente il manifestarsi di eventuali emergenze, al fine di rendere possibile un intervento tempestivo evitando lo sviluppo di eventi gravemente compromettenti la qualità ambientale.

A partire da tali premesse si è avvertita l'esigenza di definire un criterio di gestione dei dati analitici delle attività di monitoraggio che

rispondesse ad un approccio di prevenzione del danno. A tale scopo, la procedura illustrata e il software impiegato si sono rivelati uno strumento utile; il futuro monitoraggio dei parametri e il confronto dei risultati con i rispettivi livelli di guardia consentirà, infatti, di seguire l'evoluzione dei parametri controllati e di intervenire tempestivamente, prima che si verifichi un superamento dei limiti di legge o, comunque, un danno all'ecosistema.

Per le future campagne di prelievo sulla Roggia del Re, nell'ambito del monitoraggio di sorveglianza, saranno mantenuti gli stessi mesi, oltre che gli stessi punti di campionamento, in coerenza con i campionamenti svolti in precedenza; è prevista inoltre, contemporaneamente al campionamento delle acque, la misurazione della portata che, assieme alle concentrazioni rilevate, consente di valutare il carico di massa complessivo.

Sebbene il software ProUCL v. 4.0 sia stato sviluppato per supportare le procedure di bonifica di siti contaminati, alcune sue funzionalità, quali quelle esplorative e inerenti la definizione del valore di fondo naturale (o, comunque, dei valori normali), possono essere utilmente impiegate anche nel contesto specifico del monitoraggio ambientale.

In merito al set di dati iniziale, va evidenziato che -pur essendo 25 dati più che sufficienti per l'analisi statistica- per accrescere l'accuratezza dei limiti di guardia individuati è raccomandabile una raccolta dati più consistente. Analogamente, per individuare più precocemente eventuali superamenti dei livelli di guardia, è raccomandabile accrescere la frequenza del monitoraggio di sorveglianza.

Considerato che i livelli di guardia sono stabiliti agli estremi

Tab. III. Roggia del Re: set di dati rappresentativo e stima dei livelli di guardia per i parametri analitici "significativi".

Data mese/anno	Parametro					
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> mg L <sup>-1</sup>	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg L <sup>-1</sup>	O <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup> mg L <sup>-1</sup>
lug-02	2,8	17,6	7,48			6,5
ott-02	6,4	40	7,8		9,11	14,4
feb-03	6,4	38	7,86	0,07	12,89	12,5
giu-03	4,1	34	7,97	0,42*	8,68	13,5
ago-03	5,4	31,5	7,94	0,11	10,52	12,5
nov-03	5,9	65,1	7,76	0,07	7,58	20,6
mar-04	10,1*	49,4	8,02	0,08	11,38	18,5
giu-04	5,3	36,7	7,94	0,12	8,46	10,4
ago-04	5,4	33,8	7,96	0,07	8,42	10,6
nov-04	5,2	45	7,83	0,08	8,59	11,1
mar-05	4,7	43,1	7,77	0,108	10,69	11
mag-05	3,3	39,3	7,7	0,28	9,3	12,4
ago-05	4,4	40,3	7,86	0,06	8,09	10,3
nov-05	4,6	60,8	7,64	0,1	7,42	9,2
feb-06	7,3	56,4	7,78	0,18	10,98	17,2
mag-06	5,8	52,2	7,91	0,28	5,74	16,3
giu-06	4,2	40,4	7,65	0,45 *	9,01	11,2
ago-06	4,4	44,4	7,29*	0,07	6,89	13,4
nov-06	6,5	48,2	7,87	0,08	9,91	12,5
feb-07	4,8	41,6	7,9	0,11	8,86	13,6
mag-07	3,6	32,6	8	<0,05	8,22	11,7
ago-07	4,2	39,5	8	<0,05	6,1	13,3
nov-07	6,4	46,4	8	0,12	10,15	12,3
feb-08	6,5	46,5	7,9	0,08	9,8	14,7
mag-08	5,9	46	8,3	0,09	9,24	13,4
<b>Livello guardia superiore</b>	<b>7,8</b>	<b>63,39</b>	<b>8,24</b>	<b>0,28</b>		<b>19,75</b>
<b>Livello guardia inferiore</b>			<b>7,49</b>		<b>5,17</b>	

\* :Valori anomali (esclusi).

dell'intervallo di tolleranza al 95%, di per sé il superamento del livello di guardia di un solo parametro non è necessariamente indice di una contaminazione chimica (dato che il valore istantaneo rilevato potrebbe ricadere nel restante 5%

dell'ambito di variazione normale). Tuttavia il verificarsi del superamento da parte di più parametri contemporaneamente o l'evidenza di un trend rappresenta un campanello d'allarme meritevole di successivi approfondimenti, come l'at-

tivazione di una fase di verifica intensiva con monitoraggi più frequenti congiuntamente ad un monitoraggio biologico delle acque, al fine di accertare l'esistenza e l'entità dell'anomalia e di individuarne le cause.

### Bibliografia

APAT-ISS, 2006a. *Protocollo Operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale*. Rev 0. APAT. pp. 5.  
 APAT-ISS, 2006b. *Protocollo Operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale*. Appendice 1 - Analisi Statistica. Rev 0. APAT. pp. 15.  
 APAT, 2008. *Criteri metodologici per*

*l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati*. Rev 2. APAT. pp. 28.  
 MUSCIO G., 2001. Aspetti geologici e geomorfologici. In: Minelli A. (eds), *Risorgive e fontanili. Acque sorgenti di pianura dell'Italia settentrionale*. Quaderni habitat n. 2. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Museo Friulano di Storia Naturale, Comune

di Udine. pp. 11.  
 ROSSI G.L., MINCIARDI M.R. (eds), 2005. *Un Piano per la Palude di San Genuario. Proposte per la gestione di un Sito Natura 2000*. Diffusioni Grafiche spa, Villanova Monferrato (AL).  
 SINGH A., SINGH A.K., 2007. *ProUCL V.4.0 Technical Guide*. EPA/600/R-07/041. pp. 15.