



Agenzia Regionale per la Prevenzione  
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

# ALiNa

**Analisi dei livelli di fondo naturale per alcune sostanze presenti nelle acque sotterranee della falda superficiale dell'acquifero differenziato del bacino scolante in laguna di Venezia (bacino deposizionale del Brenta)**

**Presentazione dati e determinazione dei livelli di fondo**

**ARPAV**

**Direttore Generale**

Carlo Emanuele Pepe

**Direzione Tecnica**

Paolo Rocca

**Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio**

Alberto Luchetta

**Progetto e realizzazione**

Servizio Osservatorio Acque Interne

*Italo Saccardo* (Responsabile della struttura)

*Cinzia Boscolo e Filippo Mion* (Autori)

**Analisi chimiche**

Dipartimento Regionale Laboratori

**Hanno collaborato**

Servizio Osservatorio Suolo e Bonifiche

Dipartimento Provinciale di Venezia

ottobre 2014

# Indice

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | Introduzione .....  | 1  |
| 1.1     | Il progetto .....   | 1  |
| 1.2     | Scopo del rapporto .....  | 3  |
| 2       | I punti di campionamento .....  | 4  |
| 3       | Elaborazioni .....  | 5  |
| 3.1     | Software utilizzato.....  | 5  |
| 3.2     | Tattamento dei valori non detect .....                                  | 5  |
| 3.3     | Calcolo statistiche descrittive .....                                   | 5  |
| 3.4     | Matrici di correlazione .....   | 6  |
| 3.5     | Mappe di distribuzione .....  | 6  |
| 4       | Suoli .....   | 7  |
| 4.1     | Analisi diffrattometriche ai Raggi X (XRD) .....                        | 7  |
| 4.2     | Analisi granulometrica.....   | 8  |
| 4.2.1   | Correlazioni analisi diffrattometrica ai raggi X e granulometrica ..... | 11 |
| 4.3     | Analisi chimiche .....  | 12 |
| 4.3.1   | Tessitura del suolo .....   | 12 |
| 4.3.1.1 | Correlazioni tra variabili .....  | 17 |
| 5       | Acque sotterranee .....   | 19 |
| 5.1     | Le campagne di monitoraggio.....  | 19 |
| 5.1.1   | Il campionamento .....  | 19 |
| 5.2     | I parametri misurati .....  | 20 |
| 5.3     | Il dataset completo .....   | 20 |
| 5.3.1   | Correlazione tra variabili.....   | 24 |
| 5.3.2   | Mappe di distribuzione.....   | 24 |
| 5.4     | Relazione tra le concentrazione misurate nel suolo e nelle acque.....   | 25 |
| 5.5     | Determinazione dei valori di fondo .....                                | 27 |
| 5.5.1   | Dataset per la determinazione dei valori di fondo .....                 | 27 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.5.2 | Valutazione dati potenzialmente anomali .....  | 27  |
| 5.5.3 | Definizione della distribuzione dei dati .....   | 28  |
| 5.5.4 | Calcolo dei valori di fondo .....  | 29  |
| 5.5.5 | Proposta di valori di fondo .....  | 29  |
| 6     | Bibliografia .....   | 30  |
|       | Appendice A – Elenco piezometri.....   | A-1 |
|       | Appendice B – Dati suoli.....  | B-1 |
|       | Appendice C – Dati acque .....   | C-1 |
|       | Appendice D – Confronto valori misurati nelle diverse matrici: suolo, eluato e acque sotterranee | D-1 |
|       | Appendice E – Distribuzione spaziale parametri suoli .....                                       | E-1 |
|       | Appendice F – Distribuzione spaziale parametri acque .....                                       | F-1 |
|       | Appendice G – Distribuzione spaziale Al, As, Fe e Mn nelle diverse matrici .....                 | G-1 |
|       | Appendice H – Outlier, tipo di distribuzione e calcolo percentili.....                           | H-1 |

## Indice delle tabelle

|   |     |
|---|-----|
| Tabella 1. Risultati analisi diffrattometrica ai raggi X per il riconoscimento delle fasi cristalline secondo UNI EN 13925-2:2006. Legenda: +++=componente principale, ++=componente presente in quantità media, +=componente presente in piccola quantità. ....  | 8   |
| Tabella 2. Rapporti granulometrici dei campioni superficiali secondo il sistema di classificazione USCS e gruppo di appartenenza secondo l'analisi dei cluster. ....  | 10  |
| Tabella 3. Numero di campioni per classe di tessitura USDA. Legenda: Sa (sand ): sabbiosa, LoSa (loamy sand): sabbioso franco, SaLo (sandy loam): franco sabbiosa, Lo (loam): franca, SiLo (silty loam): franco limosa, Si (silt): limosa, SiClLo (silty clay loam): franco limoso argillosa, SiCl (silty clay): argilloso limosa. ....   | 13  |
| Tabella 4. Calendario campagne di monitoraggio .....  | 19  |
| Tabella 5. Parametri misurati nei campioni di acque sotterranee. In grassetto il parametro oggetto della definizione dei valori di fondo. ....  | 20  |
| Tabella 6. a) Risultati del test di Peto-Prentice per singolo parametro. b) Risultati del test di Peto-Prentice per il confronto multiplo per il ferro. ....  | 21  |
| Tabella 7. Statistiche di sintesi per parametro e campagna di monitoraggio. Legenda: nobs=numero dati; ncen=numero dati inferiori al limite di quantificazione; sd=deviazione standard; mad= deviazione assoluta dalla mediana; cv=coefficiente di variazione; sk=indice di asimmetria; kur=indice di curtosi. Le statistiche sono calcolate sostituendo a <LOQ il valore LOQ. ....   | 23  |
| Tabella 8. Statistiche descrittive delle concentrazioni misurate nelle'eluato per Al, As, Fe e Mn Tutte le concentrazioni sono espresse in µg/l. I valori sono stati calcolati ponendo <LOQ pari a LOQ. ....  | 25  |
| Tabella 9. Numero di dati censored e numero di superamenti del valore soglia o della concentrazione soglia di contaminazione (CSC) per i parametri oggetto dello studio. ....   | 27  |
| Tabella 10. Statistiche descrittive dei dataset con outliers a) e senza outliers b). ....   | 28  |
| Tabella 11. Calcolo del 90° e 95° percentile sul dataset con gli outliers a) e senza outliers b). ....  | 29  |
| Tabella 12. Valori di fondo basati sul 90° percentile dei dataset comprensivi di outliers. ....   | 29  |
| Tabella B-1. Determinazioni analitiche sui campioni di suolo: calcare totale, carbonio organico totale, capacità di scambio cationico (C.S.C), pH e tessitura. ....   | B-1 |
| Tabella B-2. Analisi suolo: metalli. ....   | B-3 |
| Tabella B-3. La combinazione quantitativa specifica di sabbia, limo e argilla espressa nelle classi tessiture USDA per i campioni prelevati dall'orizzonte superficiale e profondo. Legenda: Sa (sand ): sabbiosa, LoSa (loamy sand): sabbioso franco, SaLo (sandy loam): franco sabbiosa, Lo (loam): franca, SiLo (silty loam): franco limosa, Si (silt): limosa, SiClLo (silty clay loam): franco limoso argillosa, SiCl (silty clay): argilloso limosa. .... | B-5 |
| Tabella B-4. Risultati test di cessione. ....   | B-6 |
| Tabella C-1. Parametri determinati in campo sui campioni di acque sotterranee. ....   | C-1 |

|   |      |
|---|------|
| Tabella C-2. Determinazioni analitiche sui campioni di acque sotterranee. ....  | C-5  |
| Tabella D-1. Concentrazione di alluminio misurate nel campione di suolo prelevato nell'orizzonte profondo, nell'eluato e nei quattro campioni di acque sotterranee.....   | D-1  |
| Tabella D-2. Concentrazione di arsenico misurate nel campione di suolo prelevato nell'orizzonte profondo, nell'eluato e nei quattro campioni di acque sotterranee.....  | D-2  |
| Tabella D-3. Concentrazione di ferro misurate nel campione di suolo prelevato nell'orizzonte profondo, nell'eluato e nei quattro campioni di acque sotterranee.....   | D-3  |
| Tabella D-4. Concentrazione di manganese misurate nel campione di suolo prelevato nell'orizzonte profondo, nell'eluato e nei quattro campioni di acque sotterranee.....   | D-4  |
| Tabella G-1. Distribuzione spaziale dell'alluminio nelle diverse matrici: acque, eluato e suolo. ....   | G-1  |
| Tabella G-2. Distribuzione spaziale dell'arsenico nelle diverse matrici: acque, eluato e suolo. ....  | G-2  |
| Tabella G-3. Distribuzione spaziale del ferro nelle diverse matrici: acque, eluato e suolo. ....  | G-3  |
| Tabella G-4. Distribuzione spaziale del manganese nelle diverse matrici: acque, eluato e suolo. ..  | G-4  |
| Tabella H-1. Risultati del test di Walsh per l'individuazione degli outlier ( $\alpha=0.10$ ). ....   | H-1  |
| Tabella H-2. Risultati dei test per la selezione del tipo di distribuzione sul dataset di 169 osservazioni. Legenda: mvue=minimum variance unbiased estimator; mle=maximum likelihood estimates; nobs=numero di osservazioni; %cen=percentuale dati censored. ....              | H-10 |
| Tabella H-3. Risultati dei test per la selezione del tipo di distribuzione sul dataset eliminati gli outlier statistici. Legenda: mvue=minimum variance unbiased estimator; mle=maximum likelihood estimates; nobs=numero di osservazioni; %cen=percentuale dati censored. .... | H-11 |

## Indice delle figure

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Ubicazione dei piezometri per il prelievo dei campioni di acque sotterranee. I punti di nuova perforazione individuano anche i siti di prelievo per i campioni di suolo. ....   | 4  |
| Figura 2. Risultati dell'analisi diffrattometrica ai raggi X per punto di campionamento. ....   | 7  |
| Figura 3. Distribuzione geografica dei rapporti granulometrici. Gruppo 1 è costituito dai due campioni caratterizzati da sabbia con una percentuale di ghiaia oltre il 15%, il gruppo 2 dai campioni sabbiosi con limo, il gruppo 3 dai campioni limosi sabbiosi, il gruppo 4 da quelli limosi con argilla e il gruppo 5 da quelli limosi con sabbia. ....                                    | 9  |
| Figura 4. Ellissi di correlazione e coefficiente di correlazione di Spearman tra i risultati dell'analisi diffrattometrica ai raggi X e quella granulometrica. ....   | 11 |
| Figura 5. Triangolo USDA per la classificazione dei campioni superficiali e profondi in base alla tessitura. ....   | 13 |
| Figura 6. Distribuzione geografica della tessitura dei campioni prelevati dall'orizzonte superficiale e profondo. Legenda: Sa (sand ): sabbiosa, LoSa (loamy sand): sabbioso franco, SaLo (sandy loam): franco sabbiosa, Lo (loam): franca, SiLo (silty loam): franco limosa, Si (silt): limosa, SiClLo (silty clay loam): franco limoso argillosa, SiCl (silty clay): argilloso limosa. .... | 14 |
| Figura 7. pH e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti. ....   | 14 |
| Figura 8. Calcare totale e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.....  | 15 |
| Figura 9. CSC e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.....   | 15 |
| Figura 10. Carbonio organico e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.....  | 15 |
| Figura 11. Concentrazione di alluminio e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti. ....   | 16 |
| Figura 12. Concentrazione di arsenico e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti. ....  | 16 |
| Figura 13. Concentrazione di ferro e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti. ....   | 16 |
| Figura 14. Concentrazione di manganese e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti. ....   | 17 |
| Figura 15. Ellissi di correlazione e coefficiente di correlazione di Spearman per i campioni di suolo prelevati dall'orizzonte superficiale e profondo. La x sopra l'ellisse indica che la correlazione non è statisticamente significativa ( $p>0.05$ ). ....  | 18 |
| Figura 16. Ellissi di correlazione e coefficiente di correlazione di Spearman tra i metalli dei campioni di suolo prelevati dall'orizzonte superficiale e i risultati dell'analisi diffrattometrica ai raggi X. ....  | 18 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 17. Boxplot dei valori dei diversi parametri rilevati nelle quattro campagne di monitoraggio. Se sono presenti valori undetected è presente una linea orizzontale uguale al limite di quantificazione che separa il grafico in due regioni, la parte di grafico sotto tale linea deve essere ignorata. .... | 22  |
| Figura 18. Ellissi di correlazione e coefficiente di correlazione di Spearman per i campioni di acque sotterranee prelevati nelle quattro campagne di monitoraggio. La x sopra l'ellisse indica che la correlazione non è statisticamente significativa ( $p>0.05$ ). ....   | 24  |
| Figura 19. Concentrazioni misurate nella fase solida (campioni di suolo) e nella fase acquosa (eluato e acque sotterranee). ....   | 26  |
| Figura E-1. Distribuzione spaziale della % di calcare totale nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....  | E-1 |
| Figura E-2. Distribuzione spaziale della % carbonio organico nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....  | E-1 |
| Figura E-3. Distribuzione spaziale della capacità di scambio cationico (meq/100g) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....   | E-2 |
| Figura E-4. Distribuzione spaziale del pH nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....   | E-2 |
| Figura E-5. Distribuzione spaziale della % di argilla nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....   | E-3 |
| Figura E-6. Distribuzione spaziale della % di limo fine nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....   | E-3 |
| Figura E-7. Distribuzione spaziale della % di limo grosso nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....   | E-4 |
| Figura E-8. Distribuzione spaziale della % di limo nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....  | E-4 |
| Figura E-9. Distribuzione spaziale della % di sabbia nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....  | E-5 |
| Figura E-10. Distribuzione spaziale dell'alluminio (g/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....   | E-5 |
| Figura E-11. Distribuzione spaziale dell'arsenico (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....   | E-6 |
| Figura E-12. Distribuzione spaziale del berillio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....  | E-6 |
| Figura E-13. Distribuzione spaziale del cadmio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....  | E-7 |
| Figura E-14. Distribuzione spaziale del cobalto (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ....   | E-7 |



|  |      |
|--|------|
| Figura E-15. Distribuzione spaziale del cromo (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....      | E-8  |
| Figura E-16. Distribuzione spaziale del rame (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....       | E-8  |
| Figura E-17. Distribuzione spaziale del ferro (g/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....       | E-9  |
| Figura E-18. Distribuzione spaziale del mercurio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....   | E-9  |
| Figura E-19. Distribuzione spaziale del manganese (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....  | E-10 |
| Figura E-20. Distribuzione spaziale del nichel (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....     | E-10 |
| Figura E-21. Distribuzione spaziale del piombo (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....     | E-11 |
| Figura E-22. Distribuzione spaziale dell'antimonio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). ..... | E-11 |
| Figura E-23. Distribuzione spaziale del selenio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....    | E-12 |
| Figura E-24. Distribuzione spaziale dello stagno (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....   | E-12 |
| Figura E-25. Distribuzione spaziale del vanadio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....    | E-13 |
| Figura E-26. Distribuzione spaziale dello zinco (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2). .....    | E-13 |
| Figura F-1. Distribuzione spaziale del pH nei campioni di acque sotterranee.....   | F-1  |
| Figura F-2. Distribuzione spaziale della conducibilità elettrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nei campioni di acque sotterranee.....                | F-2  |
| Figura F-3. Distribuzione spaziale del carbonio organico totale (mg/l) nei campioni di acque sotterranee.....                                      | F-3  |
| Figura F-4. Distribuzione spaziale dei cloruri (mg/l) nei campioni di acque sotterranee. ....  | F-4  |
| Figura F-5. Distribuzione spaziale dei solfati (mg/l) nei campioni di acque sotterranee. ....  | F-5  |
| Figura F-6. Distribuzione spaziale dei nitrati (mg/l $\text{NO}_3$ ) nei campioni di acque sotterranee. ....                                       | F-6  |
| Figura F-7. Distribuzione spaziale dell'ammoniaca (mg/l $\text{NH}_4$ ) nei campioni di acque sotterranee.....                                     | F-7  |
| Figura F-8. Distribuzione spaziale dell'alluminio ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) nei campioni di acque sotterranee. ....                               | F-8  |

|   |      |
|---|------|
| Figura F-9. Distribuzione spaziale dell'arsenico ( $\mu\text{g/l}$ ) nei campioni di acque sotterranee. ....  | F-9  |
| Figura F-10. Distribuzione spaziale del ferro ( $\mu\text{g/l}$ ) nei campioni di acque sotterranee. ....   | F-10 |
| Figura F-11. Distribuzione spaziale del manganese ( $\mu\text{g/l}$ ) nei campioni acque sotterranee. ....  | F-11 |
| Figura H-1. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo dell'arsenico. ....  | H-2  |
| Figura H-2. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo dell'arsenico dopo la rimozione del valore estremo di $420 \mu\text{g/l}$ . .... | H-3  |
| Figura H-3. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo del ferro. ....  | H-4  |
| Figura H-4. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo del ferro dopo la rimozione dei tre valori estremi di 10347, 10799, 22077. ....  | H-5  |
| Figura H-5. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo del manganese. ....  | H-6  |
| Figura H-6. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo del manganese dopo la rimozione dei due valori estremi di 905, 937. ....         | H-7  |
| Figura H-7. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo dell'ammoniaca. ....   | H-8  |
| Figura H-8. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo dell'ammoniaca dopo la rimozione del valore di $40.5 \text{ mg/l}$ . ....        | H-9  |

## Abbreviazioni

|                 |  |
|-----------------|--|
| %cen            | percentuale osservazioni censored (inferiori al limite di quantificazione) |
| Al              | alluminio  |
| As              | arsenico   |
| CE              | conducibilità elettrica  |
| Cl              | cloruri  |
| CSC             | concentrazione soglia di contaminazione                                    |
| cv              | coefficiente di variazione   |
| ecdf            | empirical cumulative distribution function                                 |
| Fe              | ferro  |
| GOF             | goodness-of-fit  |
| kur             | kurtosis   |
| mad             | deviazione assoluta dalla mediana (median absolute deviation)              |
| mle             | stima della massima verosimiglianza (maximum likelihood estimates)         |
| Mn              | manganese  |
| mvue            | minimum variance unbiased estimator;                                       |
| ncen            | numero di osservazioni censored (inferiori al limite di quantificazione)   |
| NDs             | non-detect   |
| NH <sub>4</sub> | ione ammonio   |
| nobs            | numero di osservazioni   |
| ppcc            | Probability Plot Correlation Coefficient                                   |
| QQ              | quantile-quantile  |
| ROS             | regression on order statistics   |
| sd              | deviazione standard (standard deviation)                                   |
| sk              | skewness   |
| SO <sub>4</sub> | solforati  |

# 1 Introduzione

## 1.1 Il progetto

Nel corso delle Conferenze di Servizi, convocate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per l'esame dei progetti di bonifica delle acque di falda che interessano l'area del Sito di Interesse Nazionale di Venezia - Porto Marghera, è emersa più volte la necessità di avviare uno studio che definisca le concentrazioni di alcuni parametri chimici naturalmente presenti nell'area, in quanto le analisi chimiche effettuate sulle acque di falda evidenziano sistematicamente il superamento dei valori di accettabilità stabiliti dalla tab. 2 all. 5 al titolo IV del D.Lgs 152/06 per i parametri alluminio, arsenico, ferro e manganese.

La necessità di individuare i valori di fondo naturale per i parametri sopra indicati è riferibile anche al territorio del bacino scolante in laguna di Venezia; in più occasioni infatti, i Comuni compresi in tale ambito hanno segnalato per gli impianti di depurazione, il cui recapito è in acque superficiali, la difficoltà di rispettare i limiti imposti dal D.M. Ambiente e LL.PP. del 30 luglio 1999, in quanto le acque che pervengono a tali impianti hanno concentrazioni di arsenico superiori al limite di scarico imposto e tali concentrazioni potrebbero essere riferite al fondo naturale.

Con Deliberazione n. 45 del 27.07.2011 il Consiglio Regionale ha approvato il programma degli interventi di monitoraggio ambientale per la salvaguardia della Laguna di Venezia e del suo Bacino Scolante, approvando anche la Scheda A3 "Piano per l'analisi dei livelli di fondo naturale per alcune sostanze presenti nelle acque sotterranee della falda superficiale dell'acquifero differenziato del bacino scolante in laguna di Venezia".

Successivamente con DGRV n. 162 del 07.02.2012 la Giunta regionale del Veneto ha adottato la scheda A3 - "Piano per l'analisi dei livelli di fondo naturale per alcune sostanze presenti nelle acque sotterranee della falda superficiale dell'acquifero differenziato del bacino scolante in laguna di Venezia", incaricando ed autorizzando ARPAV all'attuazione di detto progetto.

Con la medesima DGRV la Giunta regionale ha anche adottato il relativo Schema di Convenzione e ARPAV con DDG 76 del 19/03/2012 ha preso atto dello stesso. La convenzione è stata sottoscritta dai rappresentanti di entrambi gli enti in data 28 marzo 2012.

Il progetto, denominato ALiNa (Analisi dei livelli di fondo naturale per alcune sostanze presenti nelle acque sotterranee della falda superficiale dell'acquifero differenziato del bacino scolante in laguna di Venezia - bacino deposizionale del Brenta) ha tra gli obiettivi la definizione di un valore di fondo naturale per arsenico, ferro, manganese, alluminio, solfati, cloruri e ione ammonio nelle acque sotterranee della falda superficiale dell'acquifero differenziato del bacino scolante in laguna di Venezia per quanto riguarda il "bacino deposizionale del Brenta".

Le attività previste dal progetto sono:

1. raccolta di tutte le fonti bibliografiche e delle informazioni ottenuti da ricerche e studi recenti o in corso ;
2. raccolta, revisione e organizzazione, all'interno di un database, dei dati esistenti;
3. elaborazione dei dati e costruzione del modello concettuale geologico ed idrogeologico;
4. individuazione delle aree rappresentative;

5. analisi dei punti di prelievo esistenti e funzionali compresi nelle aree rappresentative;
6. ubicazione e intensificazione dei punti di prelievo attraverso la realizzazione di 34 nuovi piezometri;
7. campionamento e monitoraggio su 50 punti di controllo (16 esistenti e 34 di nuova perforazione) nell'arco di 4 campagne;
8. analisi chimiche di laboratorio sulla matrice acqua;
9. elaborazione dei dati e redazione del rapporto conclusivo.

Per le attività di cui ai punti 1, 2, 3, 4 e 5, con DDG n. 194 del 05.07.2012, è stata affidata alla ditta SINERGEO srl il servizio di consulenza geologica per la raccolta e l'organizzazione dei dati esistenti e per l'individuazione del posizionamento di 34 nuovi piezometri intercettanti la falda superficiale. Sulla base del modello concettuale ed idrogeologico realizzato da SINERGEO, tenendo in considerazione la presenza di siti contaminati, aree di discarica, aree industriali e cuneo salino, sono state individuate le 34 posizioni in cui realizzare i sondaggi ed installare i piezometri.

Con DDG n. 238 del 06.09.2012, l'attività di esecuzione sondaggi ed installazione piezometri è stata affidata alla ditta Geolavori srl.

In ognuno dei 34 siti sono state effettuate le seguenti attività:

- sondaggio a carotaggio continuo;
- campionamento per analisi granulometrica;
- stratigrafia di dettaglio;
- campionamento per analisi diffrattometriche;
- campionamenti per analisi chimiche;
- campionamenti per test di cessione;
- installazione di tubo piezometrico da 4'' in HDPE;
- installazione di chiusino metallico carrabile;
- spurgo del piezometro.

Con nota n 89989 del 26.08.2013 ARPAV ha trasmesso alla Regione Veneto la relazione conclusiva delle attività svolte dalla ditta SINERGEO srl e gli elaborati tecnici relativi alle indagini in sito ed in laboratorio elaborate dalla ditta Geolavori srl.

## **1.2 Scopo del rapporto**

Scopo del presente documento è presentare i dati raccolti nell'ambito del progetto e stabilire un valore di fondo per alluminio, arsenico, ferro, manganese, ione ammonio, cloruri e solfati, su base statistica.

Il documento di riferimento è il "Protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche nelle Acque Sotterranee" elaborato da ISPRA nell'aprile del 2009. Tale protocollo è stato concepito per rispondere alle esigenze di determinazione del fondo naturale, con particolare riferimento a metalli e metalloidi, nelle acque di falda di *Siti Contaminati di Interesse Nazionale*, quindi delle entità abbastanza limitate dal punto di vista spaziale e con una certa omogeneità per quanto concerne le caratteristiche fisiche delle matrici ambientali coinvolte e con pressioni perlopiù uniformi.

Nel documento si evidenzia l'assenza di un criterio condiviso sulle modalità di determinazione della concentrazione del valore di fondo in una determinata area.

La recente direttiva europea 2014/80/UE del 20 giugno 2014, che apporta alcune modifiche all'allegato II della Direttiva 2006/118/CE sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento, sottolinea proprio la necessità di applicare principi comuni per la determinazione dei livelli di fondo.

## 2 I punti di campionamento

In Figura 1 è riportata l'ubicazione dei 50 piezometri utilizzati per il prelievo dei campioni di acque sotterranee, distinti tra esistenti e di nuova perforazione. In Appendice A sono riassunte le principali caratteristiche dei 50 piezometri.

Le schede monografiche e le stratigrafie dei 34 piezometri di nuova perforazione sono riportate nella "Relazione descrittiva delle indagini in sito ed in laboratorio" redatta da Geolavori srl.

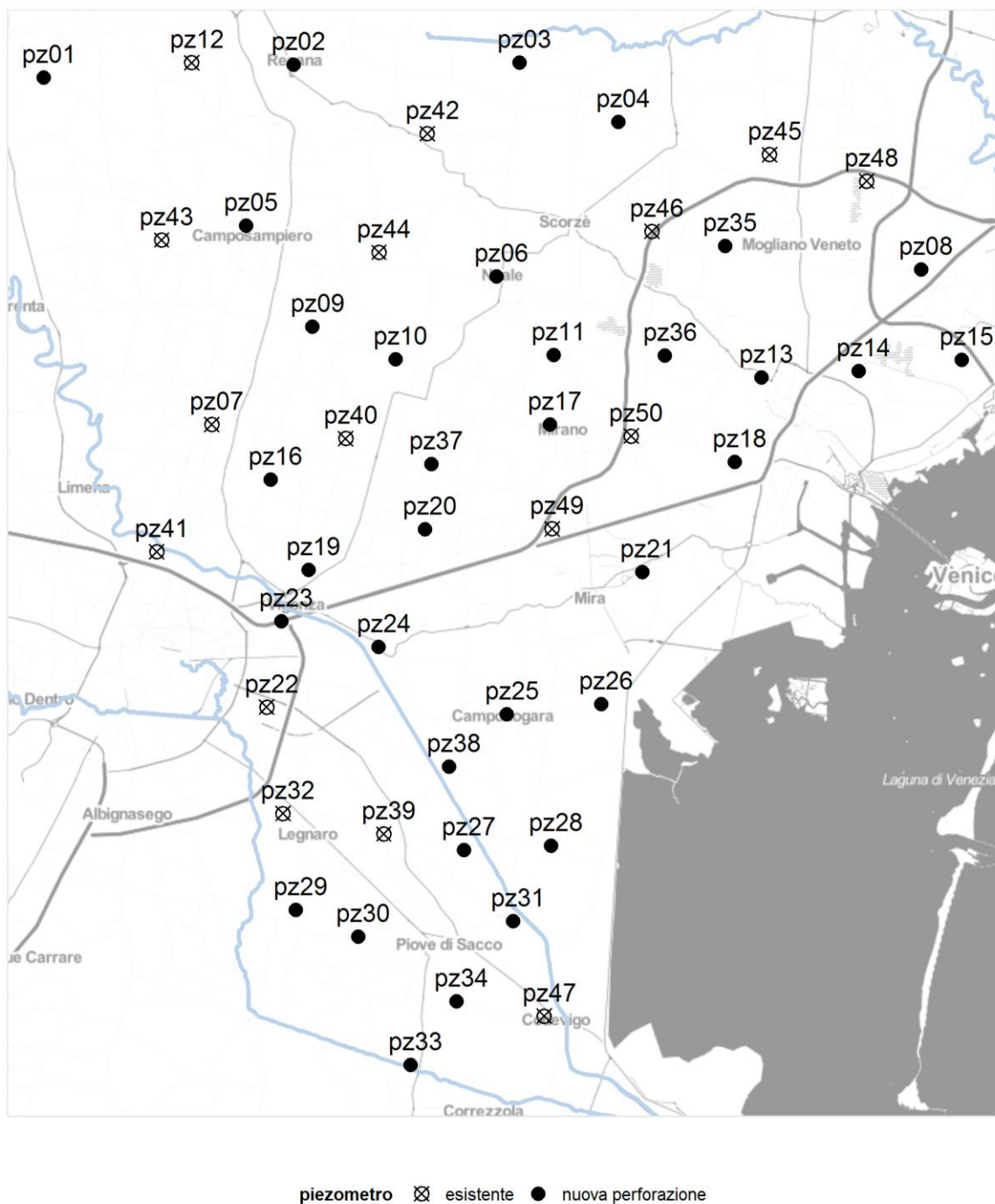


Figura 1. Ubicazione dei piezometri per il prelievo dei campioni di acque sotterranee. I punti di nuova perforazione individuano anche i siti di prelievo per i campioni di suolo.

## 3 Elaborazioni

### 3.1 Software utilizzato

Per le elaborazioni, l'analisi e le rappresentazioni grafiche è stato utilizzato l'ambiente statistico open source R ([www.r-project.com](http://www.r-project.com)).

I principali pacchetti utilizzati sono:

- *RODBC* per la connessione al database [Brian Ripley and Michael Lapsley (2013)];
- *Soilttexture* per i grafici della tessitura del suolo [Julien MOEYS and Wei Shangguan. (2014)];
- *ggplot2* per i grafici e le mappe [Wickham (2009)];
- *ggtern* estensione di *ggplot2* per la creazione di diagrammi ternari [Nicholas Hamilton (2014)];
- *Corrplot* per le matrici di correlazione [Wei (2013)];
- *NADA* e *Envstats* per l'analisi di dati con nondetects [Lopaka (2013), Millard (2013)].

È stato scelto di utilizzare R per una serie di motivi, oltre al fatto che è open source. Innanzitutto R può facilmente importare ed elaborare dati dal database (o da fogli di calcolo) e produrre grafici di elevata qualità grafica. Inoltre è possibile scegliere tra una numerosa serie di pacchetti, quelli più adatti al tipo di dati da elaborare ed all'analisi che si intende sviluppare. Infine, le elaborazioni possono essere facilmente eseguite su dataset sia di piccole che di grandi dimensioni ed una volta che gli script sono stati sviluppati, l'aggiunta di dati al database non richiede di riscrivere il codice.

### 3.2 Trattamento dei valori non detect

Con *non detect* si indicano i valori al di sotto del limite di quantificazione, che è la quantità più bassa che un metodo, un laboratorio oppure uno strumento possono quantificare con una incertezza ragionevole.

Un campione di dati con presenza di valori *non detect* è chiamato *censored* o meglio *left-censored* oppure *truncated* per indicare la sua incompletezza nei valori inferiori [Soliani (2010)].

Le modalità statistiche per analizzare i campioni con valori *non detect* sono numerose, ma nessuna è applicabile in tutte le situazioni. Secondo quanto riportato nelle linee guida ISPRA, si ritiene opportuno porre, in ogni caso e per qualsiasi distribuzione dell'insieme dei dati, i valori inferiori al limite di quantificazione pari al limite di quantificazione.

### 3.3 Calcolo statistiche descrittive

Nelle tabelle che riportano le statistiche descrittive sono riportati: il numero di osservazioni (*nobs*), il numero di dati *censored* (*ncen*), il valore minimo (*min*) e massimo (*max*), la media, la mediana, il range (definito come la differenza tra il valore massimo e minimo), la deviazione standard (*sd*) e la deviazione assoluta dalla mediana (*mad*), il coefficiente di variazione (*cv*), l'indice di asimmetria (*skewness*) e di curtosi (*kurtosis*).



### **3.4 Matrici di correlazione**

Considerata la presenza di dati "censored" con un solo limite di quantificazione per parametro, per misurare il grado di relazione tra due variabili è stato utilizzato il coefficiente di correlazione rho di Spearman [Helsel (2012)].

Il metodo valuta l'esistenza della monotonicità, che è una condizione più generale rispetto a quella di linearità valutata col metodo parametrico di Pearson. In altri termini, la correlazione non parametrica risulta +1 quando all'aumentare della prima variabile aumenta anche la seconda, -1 quando all'aumentare della prima la seconda diminuisce, ma senza richiedere che tali incrementi siano costanti, come per la retta. In situazioni in cui non sussiste alcuna concordanza si avrà valore uguale a zero.

Le matrici di correlazione sono state sintetizzate graficamente mediante la rappresentazione con ellissi. L'ellisse viene usata per rappresentare graficamente l'entità della correlazione (un cerchio perfetto rappresenta un coefficiente di correlazione pari a 0, una retta pari a 1), mentre l'orientamento indica le correlazioni positive o negative. Per agevolare l'interpretazione del grafico, le correlazioni positive sono rappresentate in blu, quelle negative in rosso e l'intensità del colore è proporzionale all'intensità della correlazione. Nella parte superiore del grafico sono riportati i coefficienti di correlazione di Spearman. La x sopra l'ellisse indica che la correlazione non è statisticamente significativa ( $\alpha=0.05$ ).

Le elaborazioni sono state eseguite con il pacchetto corrplot [Wei (2013)].

### **3.5 Mappe di distribuzione**

Tutti i dati sono stati descritti anche spazialmente mediante mappe (post map).

## 4 Suoli

Durante le perforazioni per la realizzazione dei 34 nuovi piezometri sono stati prelevati due campioni rimaneggiati per ciascun sondaggio, uno nella frangia capillare (indicato come orizzonte superficiale nella relazione) e uno immediatamente sotto (indicato come orizzonte profondo). Nei campioni superficiali sono state eseguite prove granulometriche, diffrattometriche, analisi chimiche e test di cessione, in quelli più profondi analisi chimiche e test di cessione.

### 4.1 Analisi diffrattometriche ai Raggi X (XRD)

I risultati dell'analisi diffrattometrica ai raggi X (XRD) per il riconoscimento delle fasi cristalline secondo UNI EN 13925-2:2006 sono riassunti in Tabella 1 e Figura 2. I rapporti di prova sono riportati nella "Relazione descrittiva delle indagini in sito ed in laboratorio" redatta da Geolavori srl.

Come si può vedere da Tabella 1, la fase mineralogica più abbondante è il quarzo, seguita da muscovite, dolomite, plagioclasio, clorite, calcite, microclino ed infine ortoclasio (presente in un solo campione). Per il campione prelevato in corrispondenza del piezometro pz25 è stata determinata solo una stima di abbondanza relativa.

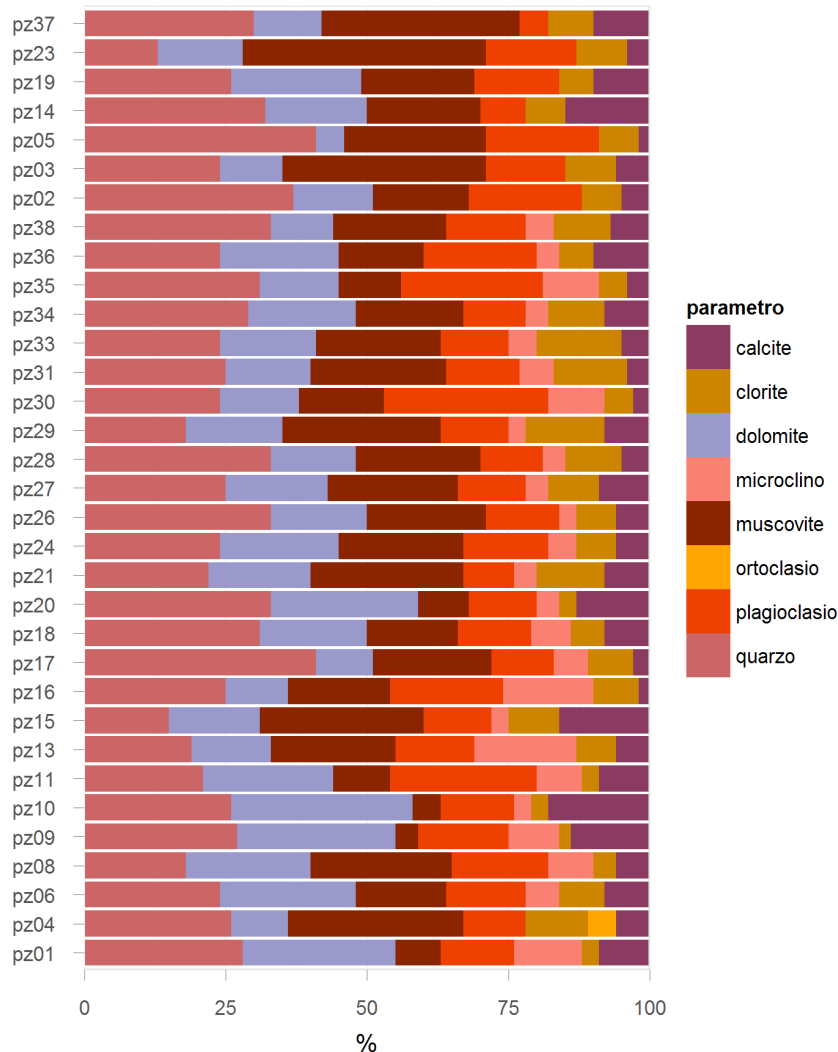


Figura 2. Risultati dell'analisi diffrattometrica ai raggi X per punto di campionamento.

**Tabella 1. Risultati analisi diffrattometrica ai raggi X per il riconoscimento delle fasi cristalline secondo UNI EN 13925-2:2006. Legenda: +++=componente principale, ++=componente presente in quantità media, +=componente presente in piccola quantità.**

| piezometro | quarzo<br>% | muscovite<br>% | dolomite<br>% | plagioclasio<br>% | calcite<br>% | clorite<br>% | microclino<br>% | ortoclasio<br>% |
|------------|-------------|----------------|---------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| pz01       | 28          | 8              | 27            | 13                | 9            | 3            | 12              | -               |
| pz02       | 37          | 17             | 14            | 20                | 5            | 7            | -               | -               |
| pz03       | 24          | 36             | 11            | 14                | 6            | 9            | -               | -               |
| pz04       | 26          | 31             | 10            | 11                | 6            | 11           | -               | 5               |
| pz05       | 41          | 25             | 5             | 20                | 2            | 7            | -               | -               |
| pz06       | 24          | 16             | 24            | 14                | 8            | 8            | 6               | -               |
| pz08       | 18          | 25             | 22            | 17                | 6            | 4            | 8               | -               |
| pz09       | 27          | 4              | 28            | 16                | 14           | 2            | 9               | -               |
| pz10       | 26          | 5              | 32            | 13                | 18           | 3            | 3               | -               |
| pz11       | 21          | 10             | 23            | 26                | 9            | 3            | 8               | -               |
| pz13       | 19          | 22             | 14            | 14                | 6            | 7            | 18              | -               |
| pz14       | 32          | 20             | 18            | 8                 | 15           | 7            | -               | -               |
| pz15       | 15          | 29             | 16            | 12                | 16           | 9            | 3               | -               |
| pz16       | 25          | 18             | 11            | 20                | 2            | 8            | 16              | -               |
| pz17       | 41          | 21             | 10            | 11                | 3            | 8            | 6               | -               |
| pz18       | 31          | 16             | 19            | 13                | 8            | 6            | 7               | -               |
| pz19       | 26          | 20             | 23            | 15                | 10           | 6            | -               | -               |
| pz20       | 33          | 9              | 26            | 12                | 13           | 3            | 4               | -               |
| pz21       | 22          | 27             | 18            | 9                 | 8            | 12           | 4               | -               |
| pz23       | 13          | 43             | 15            | 16                | 4            | 9            | -               | -               |
| pz24       | 24          | 22             | 21            | 15                | 6            | 7            | 5               | -               |
| pz25       | +++         | +++            | +             | ++                | +++          | ++           | +               | -               |
| pz26       | 33          | 21             | 17            | 13                | 6            | 7            | 3               | -               |
| pz27       | 25          | 23             | 18            | 12                | 9            | 9            | 4               | -               |
| pz28       | 33          | 22             | 15            | 11                | 5            | 10           | 4               | -               |
| pz29       | 18          | 28             | 17            | 12                | 8            | 14           | 3               | -               |
| pz30       | 24          | 15             | 14            | 29                | 3            | 5            | 10              | -               |
| pz31       | 25          | 24             | 15            | 13                | 4            | 13           | 6               | -               |
| pz33       | 24          | 22             | 17            | 12                | 5            | 15           | 5               | -               |
| pz34       | 29          | 19             | 19            | 11                | 8            | 10           | 4               | -               |
| pz35       | 31          | 11             | 14            | 25                | 4            | 5            | 10              | -               |
| pz36       | 24          | 15             | 21            | 20                | 10           | 6            | 4               | -               |
| pz37       | 30          | 35             | 12            | 5                 | 10           | 8            | -               | -               |
| pz38       | 33          | 20             | 11            | 14                | 7            | 10           | 5               | -               |

## 4.2 Analisi granulometrica

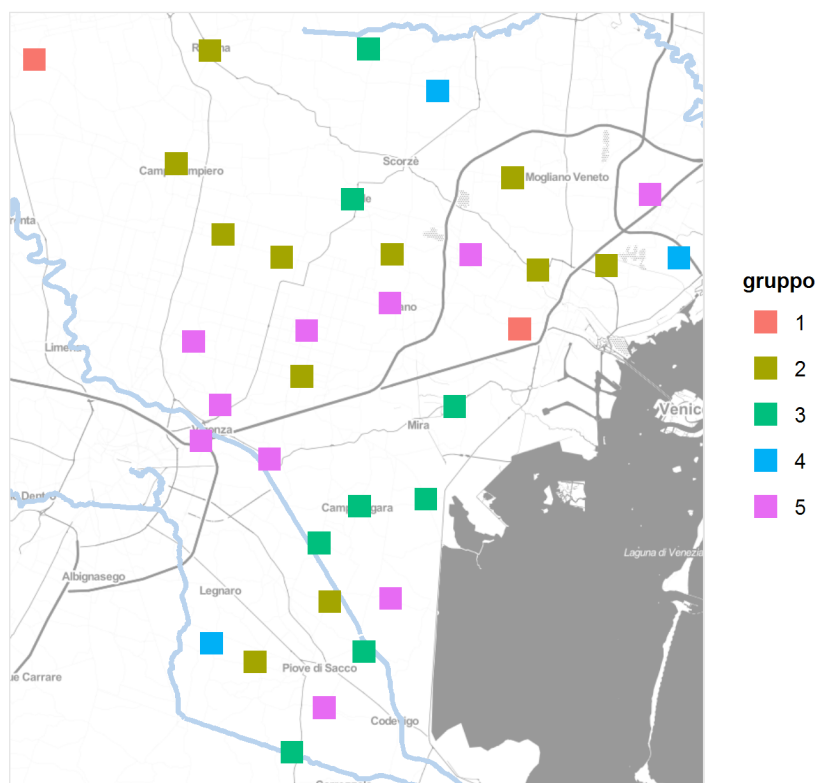
Per granulometria di un terreno si intende la distribuzione delle singole particelle minerali. Per convenzione internazionale l'indagine granulometrica si effettua separando le particelle in base al loro diametro. La frazione di diametro superiore ai 2 mm costituisce lo "scheletro", mentre quella di diametro inferiore ai 2 mm viene denominata "terra fine".

Il campioni sono stati classificati sulla base delle caratteristiche granulometriche seguendo i sistemi di classificazione ufficiali proposti da ASTM (American Society for Testing and Materials), cioè l'USCS (Unified Soil Classification System) e da AGI (Associazione Geotecnica Italiana). Le curve granulometriche sono allegate alla "Relazione descrittiva delle indagini in sito ed in laboratorio" redatta da Geolavori srl.

In Tabella 2 sono riportati i rapporti granulometrici USCS e per la descrizione è stato seguito il criterio AGI (1977), secondo il quale il terreno è denominato gerarchicamente col nome della frazione percentualmente maggiore. La frazione inferiore è introdotta con il termine "con" (es. con sabbia) se la percentuale è compresa fra il 25% e 50%, oppure con il suffisso "oso" se la percentuale è fra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso "oso" preceduto dal termine "debolmente" se la percentuale è compresa fra il 5% e il 10%. La frazione inferiore al 5% si trascura.

I campioni possono essere raggruppati in cinque gruppi, la cui distribuzione nello spazio è mostrata nella mappa di Figura 3. Il gruppo 1 è costituito dai due campioni caratterizzati da sabbia con una percentuale di ghiaia oltre il 15%, il gruppo 2 dai campioni sabbiosi con limo, il gruppo 3 dai campioni limosi sabbiosi, il gruppo 4 da quelli limosi con argilla e il gruppo 5 da quelli limosi con sabbia. I primi due gruppi corrispondono ai campioni in cui la frazione principale è la sabbia, gli ultimi tre a quelli in cui è il limo.

Procedendo da nordovest verso sudest si nota una progressiva riduzione della granulometria per effetto della deposizione di frazioni via via più fine, in linea con il modello di deposizione della Pianura Veneta ed in particolare del Bacino Scolante in Laguna di Venezia.



**Figura 3. Distribuzione geografica dei rapporti granulometrici. Gruppo 1 è costituito dai due campioni caratterizzati da sabbia con una percentuale di ghiaia oltre il 15%, il gruppo 2 dai campioni sabbiosi con limo, il gruppo 3 dai campioni limosi sabbiosi, il gruppo 4 da quelli limosi con argilla e il gruppo 5 da quelli limosi con sabbia.**

La lettura combinata di Tabella 1 e Tabella 2, consente, inoltre, di poter fare le seguenti considerazioni:

- il quarzo presenta la sua massima percentuale in campioni con forte componente sabbiosa (pz05, pz14 e pz20);

- la *muscovite* (silicato appartenente al gruppo delle miche) raggiunge la percentuale massima nei campioni a composizione prevalentemente limosa con presenza di argilla (es. pz03, pz15 e pz31), mentre quella minima in quelli a componente prevalentemente sabbiosa (es. pz01, pz09, pz10);
- il *plagioclasio*, il *microclino* e l'*ortoclasio (feldspati)* presentano la loro percentuale massima in campioni a prevalente componente sabbiosa (es. pz11, pz13, pz30 e pz35);
- la *clorite (fillosilicati)* con formula chimica generica  $(MgFeAl)_8(SiAl)_8O_{20}(OH)_{16}$  è più abbondante nei campioni con percentuale superiore al 30% di argille (es. pz4 e pz29);
- la *calcite* e la *dolomite (carbonati)* rispettivamente di calcio e di calcio-magnesio, sono presenti nelle loro percentuali maggiori in campioni con componente preponderatamente sabbiosa (es. pz09 e pz10).

**Tabella 2. Rapporti granulometrici dei campioni superficiali secondo il sistema di classificazione USCS e gruppo di appartenenza secondo l'analisi dei cluster.**

| piezometro | ghiaia<br>%<br>>4.75mm | sabbia<br>%<br>0.075-4.75 mm | limo<br>%<br>0.075-0.002 | argilla<br>%<br><0.002 mm | classificazione                      | gruppo |
|------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------|
| pz01       | 29,0                   | 45,1                         | 21,8                     | 4,1                       | sabbia con ghiaia limosa             | 1      |
| pz02       | 0,0                    | 74,2                         | 24,2                     | 1,6                       | sabbia limosa                        | 2      |
| pz03       | 0,0                    | 13,7                         | 65,8                     | 20,5                      | limo argilloso e sabbioso            | 3      |
| pz04       | 0,0                    | 18,3                         | 47,5                     | 34,1                      | limo con argilla sabbioso            | 4      |
| pz05       | 0,0                    | 53,5                         | 38,4                     | 8,1                       | sabbia con limo debolmente argilloso | 2      |
| pz06       | 0,0                    | 22,7                         | 65,1                     | 12,2                      | limo sabbioso debolmente argilloso   | 3      |
| pz08       | 0,0                    | 42,0                         | 52,9                     | 5,1                       | limo con sabbia                      | 5      |
| pz09       | 0,0                    | 78,0                         | 20,1                     | 1,9                       | sabbia limosa                        | 2      |
| pz10       | 0,0                    | 71,6                         | 25,6                     | 2,7                       | sabbia con limo                      | 2      |
| pz11       | 0,0                    | 55,2                         | 37                       | 7,8                       | sabbia con limo debolmente argilloso | 2      |
| pz13       | 0,0                    | 53,5                         | 43,5                     | 3,0                       | sabbia con limo                      | 2      |
| pz14       | 0,0                    | 65,4                         | 31,3                     | 3,2                       | sabbia con limo                      | 2      |
| pz15       | 0,0                    | 1,8                          | 58,6                     | 39,6                      | limo con argilla                     | 4      |
| pz16       | 0,0                    | 39,5                         | 51,8                     | 8,7                       | limo con sabbia debolmente argilloso | 5      |
| pz17       | 0,0                    | 37,2                         | 59,0                     | 3,8                       | limo con sabbia                      | 5      |
| pz18       | 15,4                   | 53,4                         | 28,2                     | 3,0                       | sabbia con limo ghiaiosa             | 1      |
| pz19       | 0,0                    | 39,7                         | 56,4                     | 3,9                       | limo con sabbia                      | 5      |
| pz20       | 0,0                    | 79,6                         | 18,9                     | 1,5                       | sabbia limosa                        | 2      |
| pz21       | 0,0                    | 21,1                         | 70,3                     | 8,6                       | limo sabbioso debolmente argilloso   | 3      |
| pz23       | 0,0                    | 46,9                         | 48,9                     | 4,2                       | limo con sabbia                      | 5      |
| pz24       | 0,0                    | 31,6                         | 59,9                     | 8,5                       | limo con sabbia debolmente argilloso | 5      |
| pz25       | 1,6                    | 16,1                         | 75,9                     | 6,3                       | limo sabbioso debolmente argilloso   | 3      |
| pz26       | 2,9                    | 23,9                         | 66,9                     | 6,3                       | limo sabbioso debolmente argilloso   | 3      |
| pz27       | 2,4                    | 49,1                         | 43,3                     | 5,3                       | sabbia con limo debolmente argilloso | 2      |
| pz28       | 0,6                    | 40,6                         | 46,7                     | 12,1                      | limo con sabbia debolmente argilloso | 5      |
| pz29       | 0,0                    | 4,0                          | 58,0                     | 38,1                      | limo con argilla                     | 4      |
| pz30       | 0,0                    | 51,2                         | 46,5                     | 2,3                       | sabbia con limo                      | 2      |
| pz31       | 0,0                    | 18,4                         | 75,2                     | 6,4                       | limo sabbioso debolmente argilloso   | 3      |
| pz33       | 0,9                    | 19,6                         | 73,2                     | 6,3                       | limo sabbioso debolmente argilloso   | 3      |
| pz34       | 0,0                    | 35,3                         | 58,6                     | 6,1                       | limo con sabbia debolmente argilloso | 5      |
| pz35       | 0,0                    | 58,8                         | 36,9                     | 4,2                       | sabbia con limo                      | 2      |
| pz36       | 0,0                    | 42,9                         | 52,7                     | 4,4                       | limo con sabbia                      | 5      |
| pz37       | 0,0                    | 28,7                         | 62,9                     | 8,4                       | limo con sabbia debolmente argilloso | 5      |
| pz38       | 0,0                    | 12,8                         | 73,5                     | 13,7                      | limo sabbioso e argilloso            | 3      |

### 4.2.1 Correlazioni analisi diffrattometrica ai raggi X e granulometrica

In Figura 4 sono riportate le ellissi e i coefficienti di correlazione di Spearman tra i risultati dell'analisi diffrattometrica ai raggi X e quella granulometrica. Argilla e limo presentano una correlazione positiva statisticamente significativa con muscovite e clorite, la sabbia negativa con muscovite e clorite e positiva con plagioclasio.

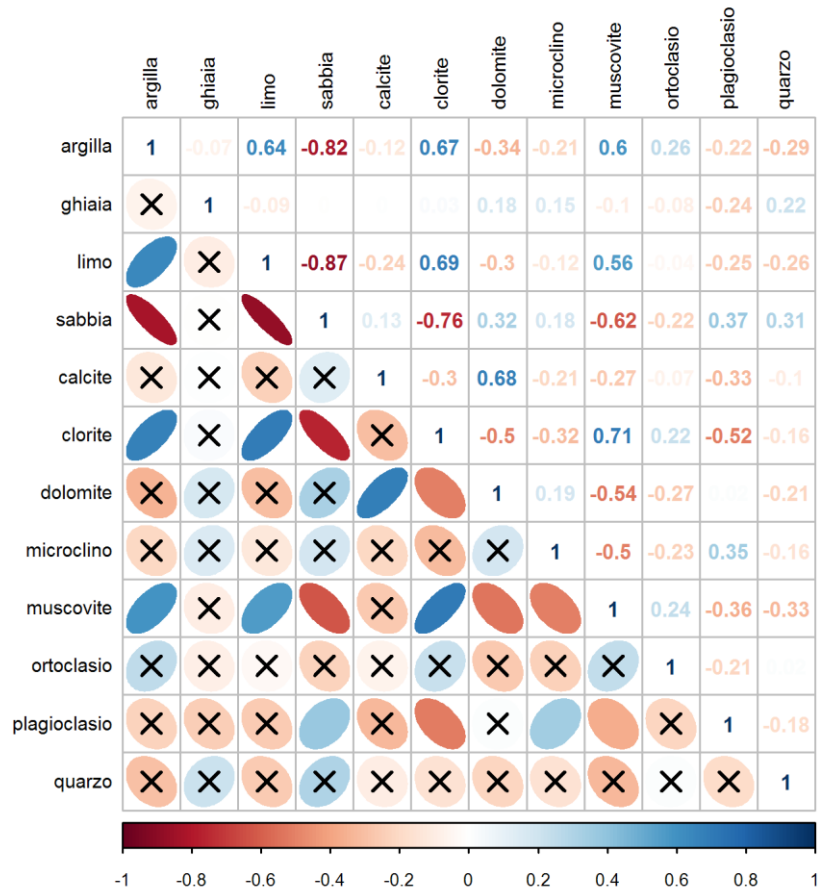


Figura 4. Ellissi di correlazione e coefficiente di correlazione di Spearman tra i risultati dell'analisi diffrattometrica ai raggi X e quella granulometrica.

### **4.3 Analisi chimiche**

Per una migliore comprensione dei risultati relativi ai metalli, sono stati analizzati anche alcuni parametri del suolo che sono strettamente connessi con il comportamento chimico dei metalli pesanti e con la loro biodisponibilità in particolare [Giandon et al. (2011)]:

- tessitura (le argille presenti nei suoli possono infatti determinare fenomeni di adsorbimento dei metalli);
- pH (le variazioni di pH influenzano la solubilità dei metalli);
- sostanza organica (la sostanza organica, come le argille, può influire sui processi di adsorbimento);
- capacità di scambio cationico (modifica e può influenzare i processi di adsorbimento);
- calcare totale.

I metalli oggetto di determinazione sono stati: antimonio, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, rame, mercurio, nichel, piombo, selenio, stagno, vanadio, zinco.

I risultati analitici per i campioni prelevati dall'orizzonte superficiale e profondo sono riportati in Appendice B, le mappe di distribuzione dei singoli parametri In Appendice E.

Le determinazioni analitiche sono state effettuate presso il Dipartimento Regionale Laboratori ARPAV.

#### **4.3.1 Tessitura del suolo**

La tessitura di un suolo è definita dalla percentuale (in peso) con cui sono presenti le tre componenti della terra fine: sabbia, limo e argilla. In base alla tessitura il terreno può essere classificato secondo schemi ben definiti. Uno dei più usati è il triangolo USDA (United States Department of Agriculture).

In Figura 5 i singoli campioni prelevati dall'orizzonte superficiale e profondo sono rappresentati nel triangolo tessiturale USDA.

Come ipotizzabile, i campioni prelevati dall'orizzonte profondo hanno un maggior contenuto di limo e argilla e presentano un maggior varietà di classi tessiturali rispetto a quelli superficiali, che appartengono tutti alle classi franche (anche dette "di medio impasto"). I due campioni sabbiosi sono stati prelevati in corrispondenza del pz01 e pz09, quello limoso nel pz33 (Figura 6).

La classificazione dei singoli campioni è riportata in Tabella B-3.

Per meglio evidenziare il comportamento dei diversi parametri analizzati in funzione della percentuale di sabbia, limo e argilla, i valori misurati sono riportati nei diagrammi ternari della tessitura (Figura 7-Figura 14). In generale la capacità di scambio cationico, il carbonio organico e i quattro metalli presentano i valori più elevati nei campioni dell'orizzonte profondo con maggior contenuto di argilla e limo.

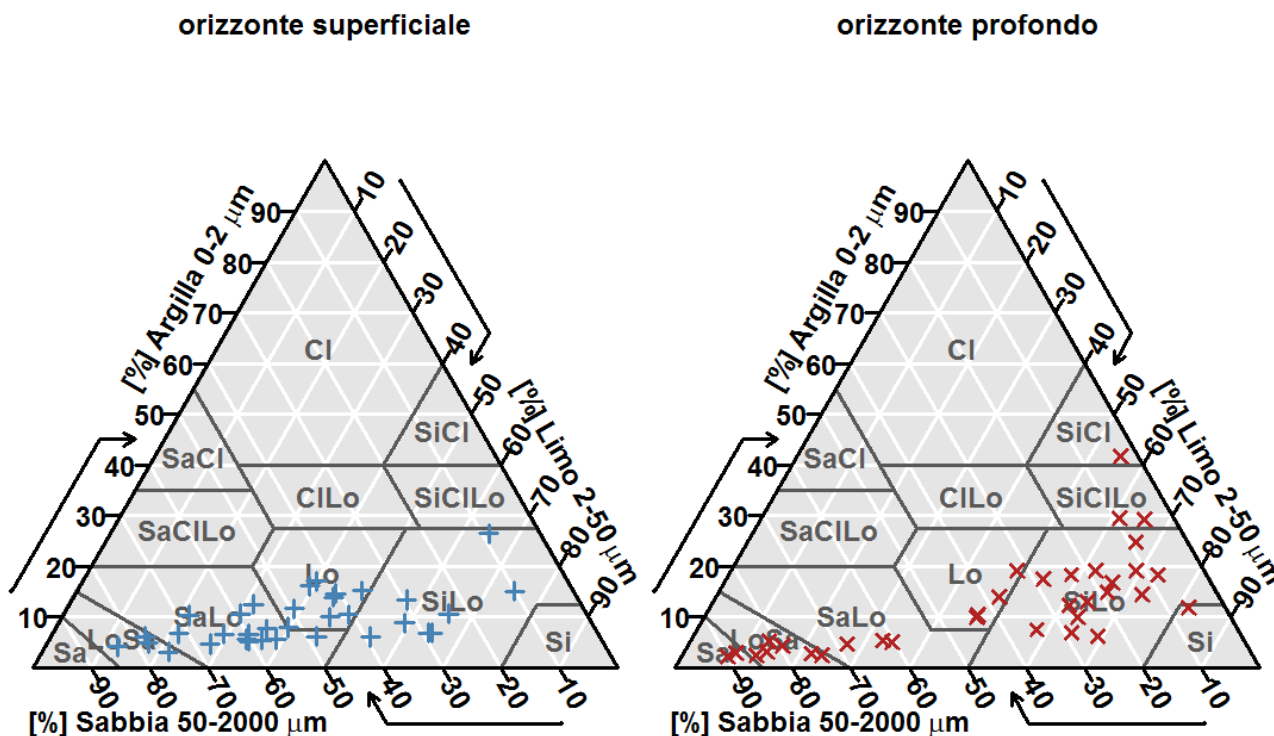


Figura 5. Triangolo USDA per la classificazione dei campioni superficiali e profondi in base alla tessitura.

Legenda: Sa (sand): sabbiosa, LoSa (loamy sand): sabbioso franco, SaLo (sandy loam): franco sabbiosa, Lo (loam): franca, SiLo (silty loam): franco limosa, Si (silt): limosa, CILo (clay loam): franco argillosa, SiCILo (silty clay loam): franco limoso argillosa, SaCILo (sandy clay loam): franco sabbioso argillosa, SaCl (sandy clay): argilloso sabbiosa, SiCl (silty clay): argilloso limosa, CI (clay): argillosa.

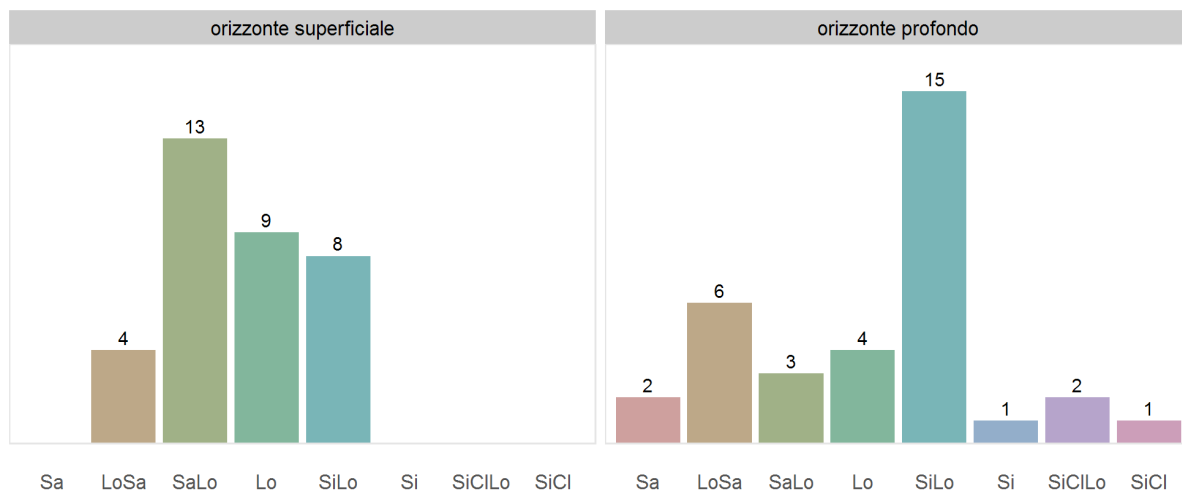


Tabella 3. Numero di campioni per classe di tessitura USDA. Legenda: Sa (sand): sabbiosa, LoSa (loamy sand): sabbioso franco, SaLo (sandy loam): franco sabbiosa, Lo (loam): franca, SiLo (silty loam): franco limosa, Si (silt): limosa, SiCILo (silty clay loam): franco limoso argillosa, SiCl (silty clay): argilloso limosa.



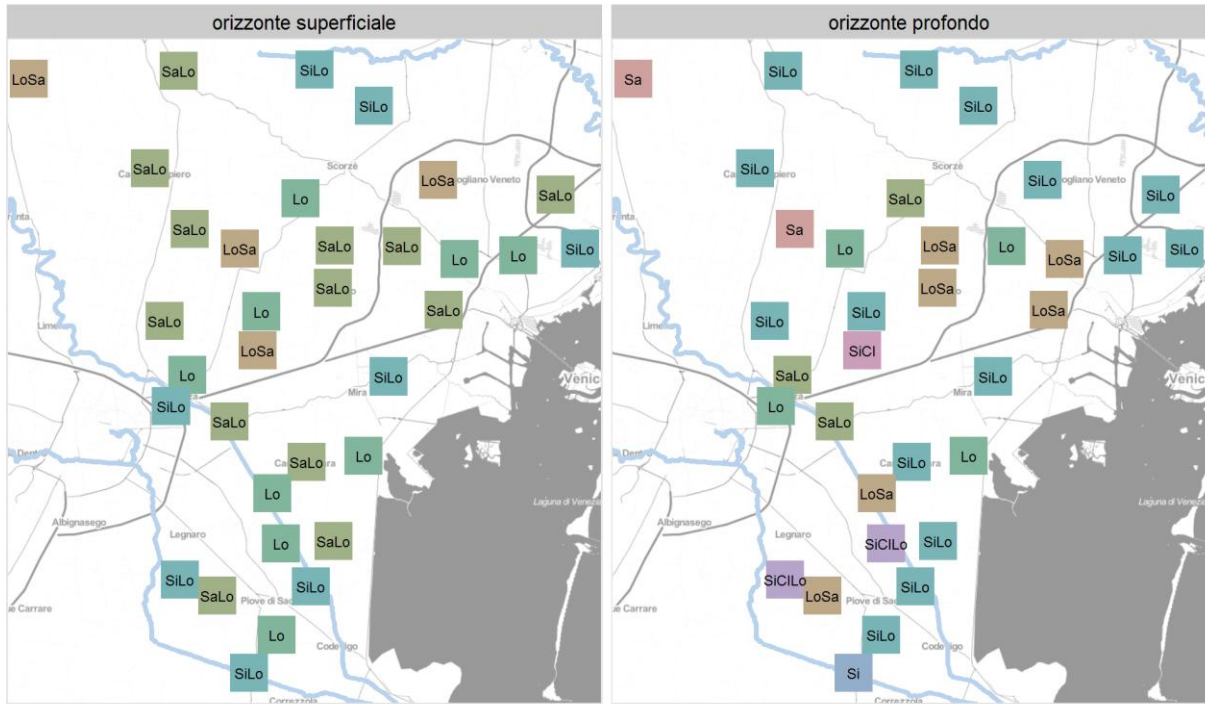


Figura 6. Distribuzione geografica della tessitura dei campioni prelevati dall'orizzonte superficiale e profondo. Legenda: Sa (sand ): sabbiosa, LoSa (loamy sand): sabbioso franco, SaLo (sandy loam): franco sabbiosa, Lo (loam): franca, SiLo (silty loam): franco limosa, Si (silt): limosa, SiClLo (silty clay loam): franco limoso argillosa, SiCl (silty clay): argilloso limosa.

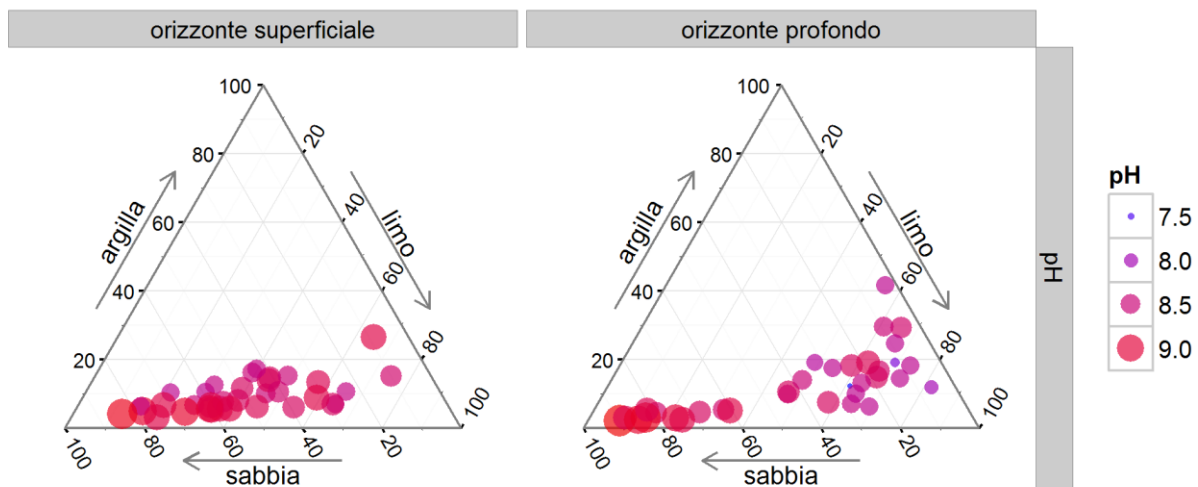


Figura 7. pH e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.

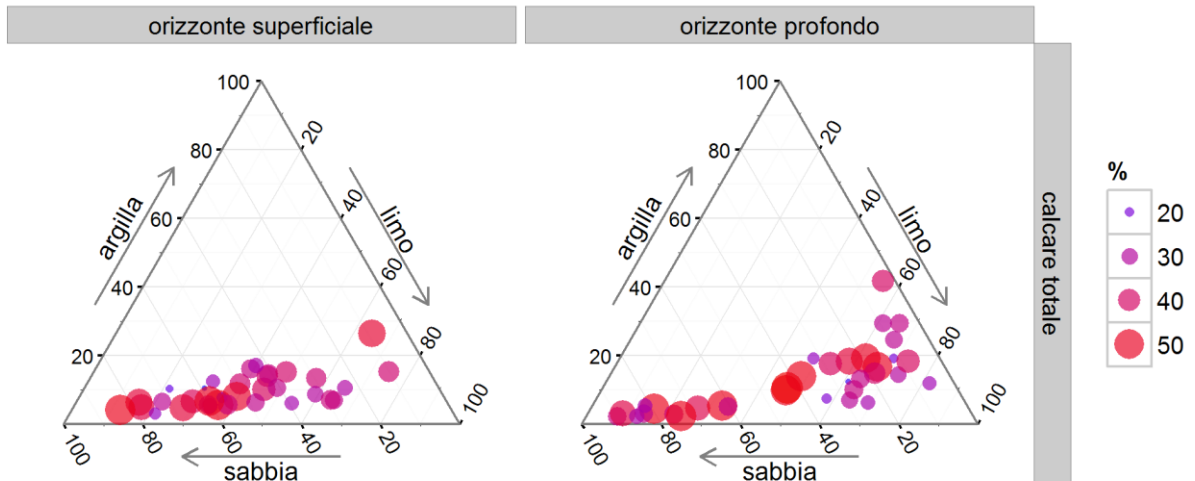


Figura 8. Calcare totale e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.

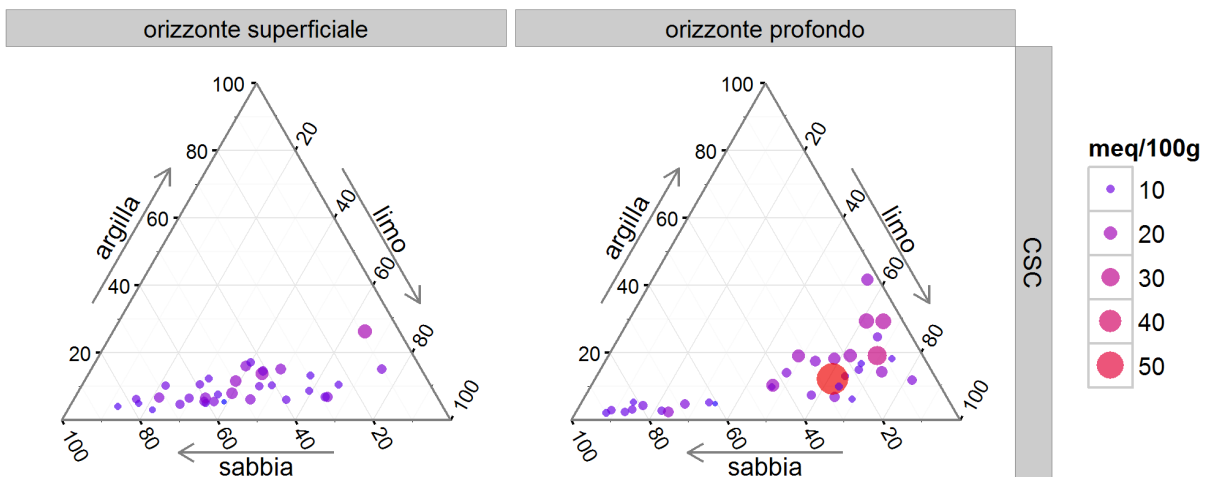


Figura 9. CSC e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.

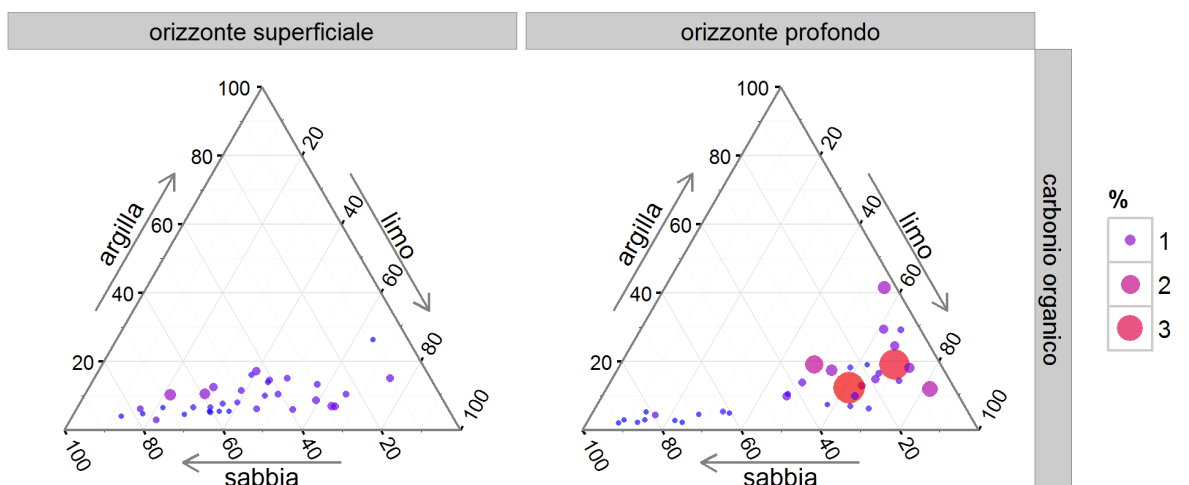


Figura 10. Carbonio organico e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.

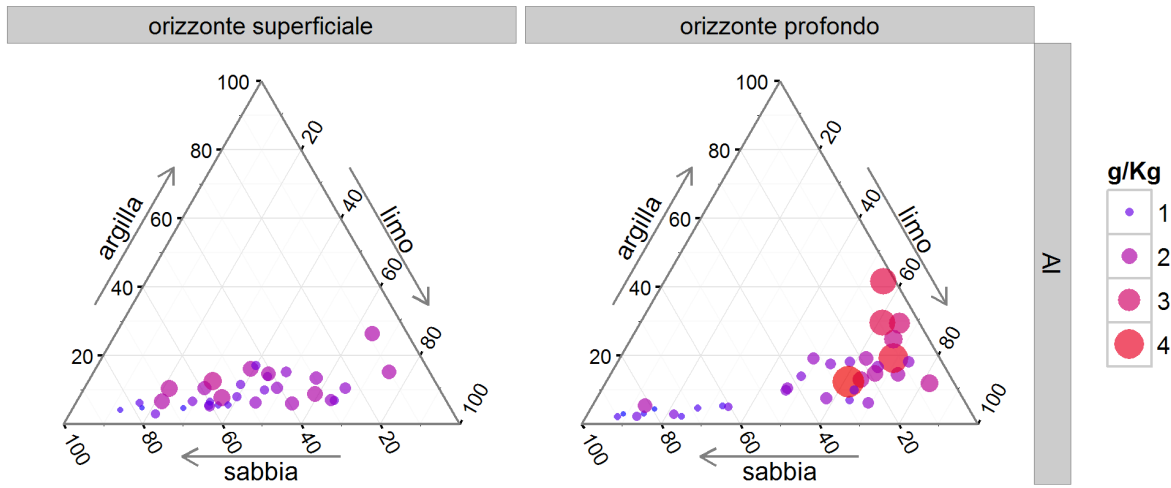


Figura 11. Concentrazione di alluminio e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.

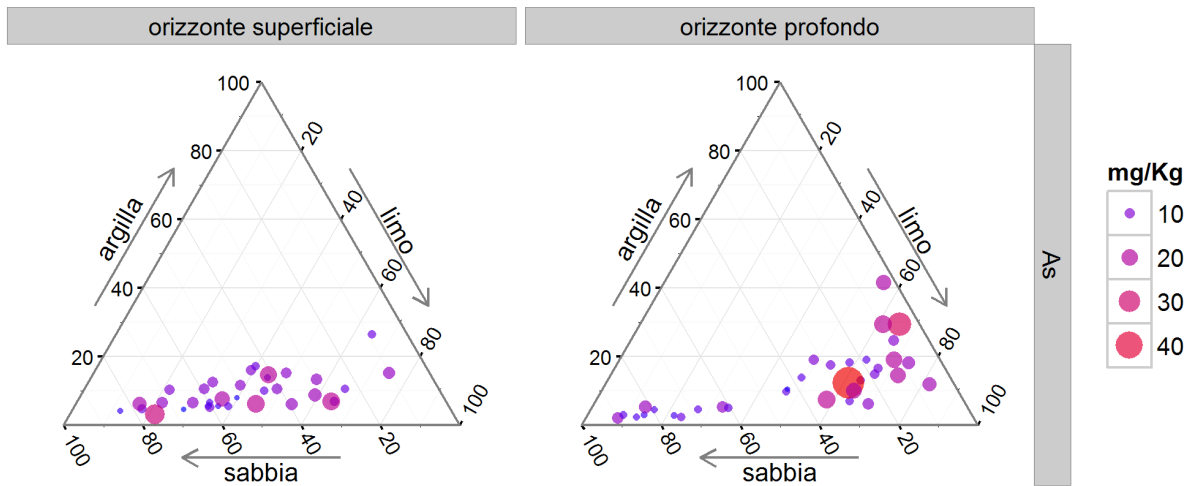


Figura 12. Concentrazione di arsenico e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.

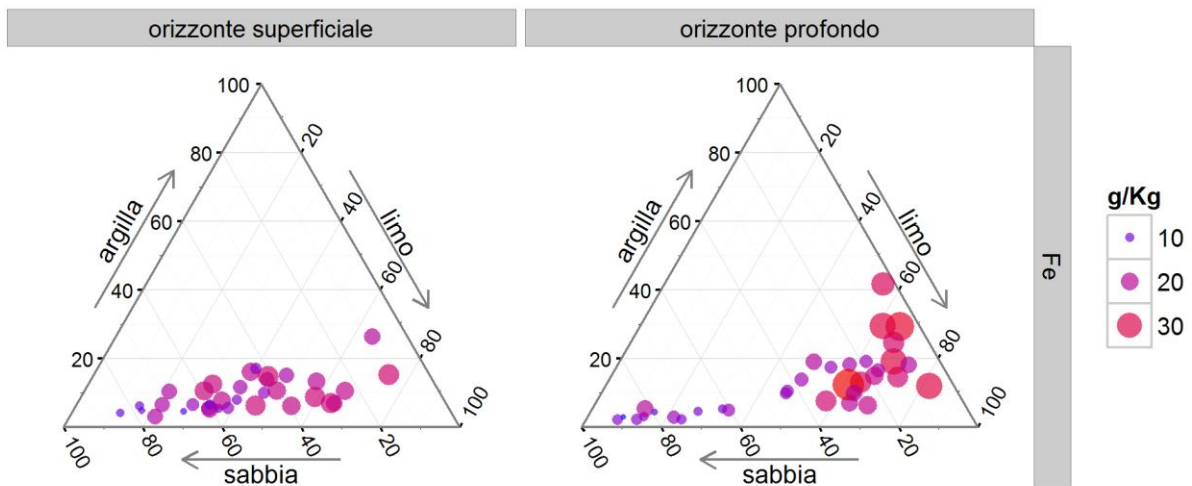


Figura 13. Concentrazione di ferro e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.

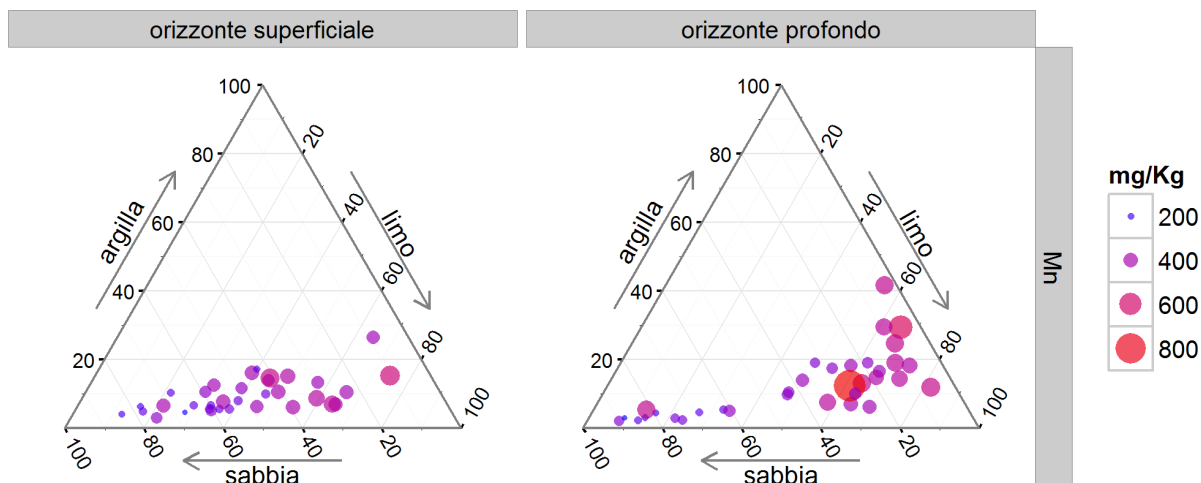


Figura 14. Concentrazione di manganese e diagrammi ternari della tessitura per i campioni prelevati dai due orizzonti.

### 4.3.1.1 Correlazioni tra variabili

In Figura 15 sono riportate le ellissi e i coefficienti di correlazione di Spearman tra i 4 metalli di interesse e tra questi e i parametri del suolo.

Negli orizzonti superficiali i quattro metalli appaiono correlati positivamente tra loro e con il carbonio organico, e negativamente con il calcare totale; ferro e manganese risultano correlati positivamente anche con il contenuto di limo e argilla, l'alluminio solo con quello di argilla, tutti e tre i metalli sono correlati negativamente con il contenuto di sabbia. Solo l'alluminio mostra una correlazione negativa con il pH.

Per i campioni di suolo profondo la correlazione tra i quattro metalli è ancora più forte e ciascuno di essi è correlato positivamente al carbonio organico, alla percentuale di argilla e limo e negativamente alla percentuale di sabbia e al pH; ferro e alluminio sono correlati positivamente anche alla CSC.

Riepilogando, suoli con composizione granulometrica caratterizzata da argilla e limi e quelli con un alto contenuto di materia organica hanno una elevata capacità di adsorbimento e una forte abilità a legare gli elementi metallici. I suoli sabbiosi, caratterizzati da una bassa capacità di adsorbimento e acidità, adsorbono debolmente i metalli. I suoli con un alta capacità di adsorbimento per i cationi (i.e. suoli contenenti grandi quantità di minerali argillosi), hanno l'abilità di accumulare elementi metallici.

In Figura 16 sono riportate le ellissi e i coefficienti di correlazione di Spearman tra i 4 metalli di interesse prelevati dai campioni dell'orizzonte superficiale e i risultati dell'analisi diffrattometrica ai raggi X. Tutti e quattro i metalli sono correlati positivamente alla clorite. Alluminio, ferro e manganese mostrano anche una correlazione positiva con la muscovite e negativa con dolomite e plagioclasio.

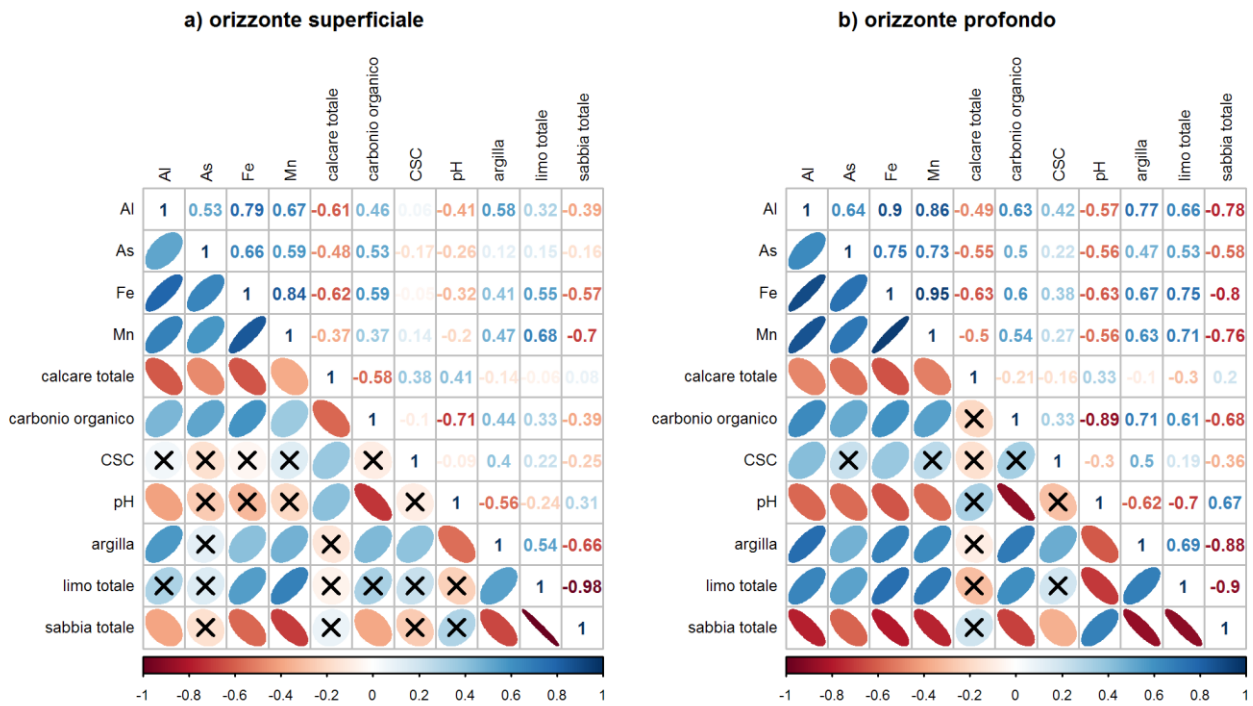


Figura 15. Ellissi di correlazione e coefficiente di correlazione di Spearman per i campioni di suolo prelevati dall'orizzonte superficiale e profondo. La x sopra l'ellisse indica che la correlazione non è statisticamente significativa ( $p > 0.05$ ).

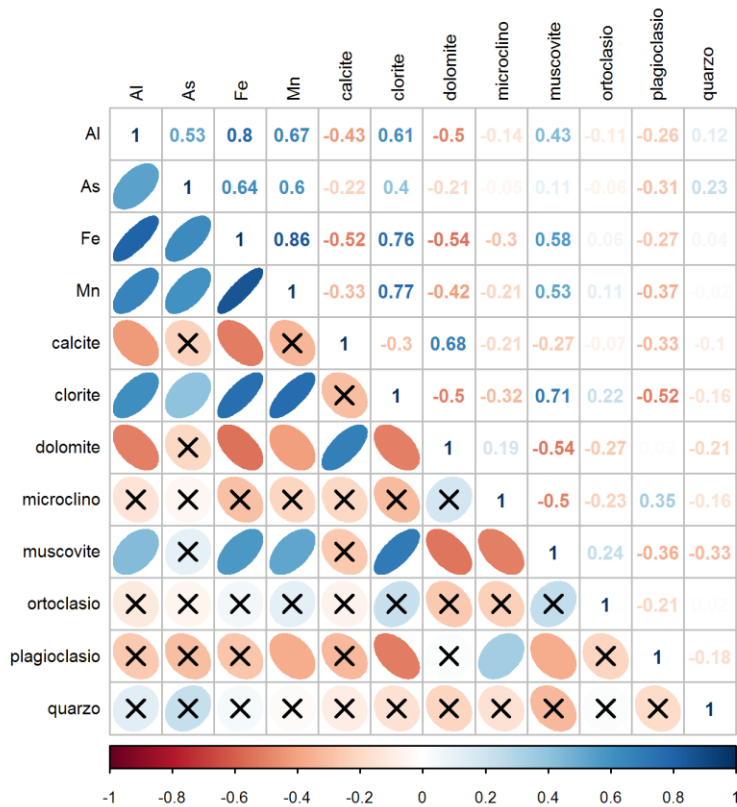


Figura 16. Ellissi di correlazione e coefficiente di correlazione di Spearman tra i metalli dei campioni di suolo prelevati dall'orizzonte superficiale e i risultati dell'analisi diffrattometrica ai raggi X.

## 5 Acque sotterranee

### 5.1 Le campagne di monitoraggio

Sono state effettuate 4 campagne di monitoraggio secondo il calendario riportato in Tabella 4. Il piezometro pz50 è stato distrutto e pertanto è stato possibile campionarlo solo nelle prime due campagne. In totale sono stati prelevati ed analizzati 198 campioni relativi a 50 piezometri.

#### 5.1.1 Il campionamento

Attualmente non sono disponibili metodi standardizzati o quantomeno ufficiali di campionamento ed analisi. In riferimento a questo aspetto è stato dunque necessario definire dei protocolli standard per il prelievo nelle matrici di interesse, acque sotterranee e suolo.

Questa fase del progetto si è rilevata estremamente delicata, infatti il campione è la fonte di informazione fondamentale; pertanto se il suo prelievo non è effettuato correttamente, esso non rappresenta in maniera esaustiva il sistema in studio, e quindi, diventano inutili l'accuratezza e la precisione in fase di preparazione in laboratorio ed in fase analitica, nonché le elaborazioni in fase interpretativa. Inoltre nella bassa pianura veneziana, specie nella cosiddetta falda del riporto, la presenza di materiali fini determina spesso la presenza di campioni di acqua con torbidità ed elevata presenza di corpo di fondo. Le modalità di prelievo e trattamento campione risultano in tal caso particolarmente importanti.

Nell'ambito dell'attività di *audit* ambientale per la realizzazione del Passante di Mestre, ARPAV ha predisposto un protocollo operativo seguito nelle procedure di campionamento. Nello specifico, per il campionamento dell'acqua di falda si è deciso di procedere tramite spurgo e prelievo a basso flusso (portata tipica 0,1-0,5 l/min, comunque sempre <1 l/min [USEPA (1996)]), con contestuale presenza di sonda multiparametrica al fine di controllare i valori di pH, conducibilità, temperatura, ecc. (*stabilizzazione dei parametri*). In relazione alla sola aliquota per i metalli pesanti si è convenuto di procedere al prelievo, previa misurazione in campo della torbidità, prevedendo in ogni caso la filtrazione e acidificazione in campo.

L'utilizzo di tale metodica ha consentito di raggiungere una maggiore e più sicura ripetibilità del dato analitico e di risolvere molti problemi legati a falsi positivi (specie per la presenza di composti inorganici) determinati da una non corretta procedura di spurgo e campionamento dell'acqua.

I campionamenti sono stati effettuati dal personale del Servizio Osservatorio Acque Interne con la collaborazione del Dipartimento Provinciale di Venezia.

**Tabella 4. Calendario campagne di monitoraggio**

| numero campagna | n campioni | da                | a                |
|-----------------|------------|-------------------|------------------|
| 1               | 50         | 27 giugno 2013    | 04 luglio 2013   |
| 2               | 50         | 23 settembre 2013 | 02 ottobre 2013  |
| 3               | 49         | 21 gennaio 2014   | 06 febbraio 2014 |
| 4               | 49         | 28 aprile 2014    | 06 maggio 2014   |

## 5.2 I parametri misurati

I parametri analizzati e il relativo limite di quantificazione (LOQ) sono riportati in Tabella 5.

Oltre alle analisi per la determinazione delle concentrazioni dei parametri di interesse è stato opportuno prevedere la determinazione di ulteriori parametri caratteristici della falda che influenzano la mobilità e le reazioni chimiche: pH, conducibilità, potenziale redox (per determinare lo stato di ossidazione ambientale), ossigeno disciolto, TOC (presenza in generale di composti organici), cloruri e nitrati (indicatori di contaminazione antropica) [Müller et al. (2006)].

A causa di problemi con la strumentazione non è stato possibile determinare i parametri di campo in tutti i campioni.

Le analisi chimiche sono state realizzate dal Dipartimento Regionale Laboratori, Servizio Laboratori di Venezia.

**Tabella 5. Parametri misurati nei campioni di acque sotterranee. In grassetto i parametro oggetto della definizione dei valori di fondo.**

| Parametro                            | unità di misura | LOQ  | note                                  |
|--------------------------------------|-----------------|------|---------------------------------------|
| pH                                   | unità pH        |      | determinazione sul campione tal quale |
| conducibilità elettrica a 20°C       | µS/cm           |      | determinazione sul campione tal quale |
| ossigeno disciolto                   | mg/l            |      | determinazione sul campione tal quale |
| potenziale redox                     | mV              |      | misurato in campo                     |
| TOC                                  | mg/l            | 0.5  | determinazione sul campione tal quale |
| <b>cloruri</b>                       |                 | 2    | determinazione sul campione tal quale |
| NO <sub>3</sub>                      |                 | 1    | determinazione sul campione tal quale |
| <b>solfati</b>                       | mg/l            | 1    | determinazione sul campione tal quale |
| <b>arsenico</b>                      | µg/l            | 1    | determinazione sulla fase disciolta   |
| <b>ferro</b>                         | µg/l            | 5    | determinazione sulla fase disciolta   |
| <b>manganese</b>                     | µg/l            | 1    | determinazione sulla fase disciolta   |
| <b>ione ammonio (NH<sub>4</sub>)</b> | mg/l            | 0.02 | determinazione sulla fase disciolta   |
| <b>alluminio</b>                     | µg/l            | 1    | determinazione sulla fase disciolta   |

## 5.3 Il dataset completo

In questo paragrafo è presentata una prima analisi generale di tutte le variabili osservate per i 50 piezometri, nelle quattro campagne di monitoraggio. I risultati analitici sono riportati in Appendice C.

In Tabella 7 sono riportate le statistiche di sintesi per parametro e campagna di monitoraggio sull'intero dataset. Per tutti i parametri, tranne pH e conducibilità, il coefficiente di variazione è superiore a 0.5 e pertanto la media non è un indice appropriato per la rappresentazione dei dati. Essendo la percentuale di dati inferiori al limite di quantificazione inferiore al 50% per tutti i parametri, eccetto i nitrati, la mediana può essere considerata un buon stimatore della tendenza centrale. I coefficienti di skewness maggiori di zero indicano che le distribuzioni hanno una coda verso destra.

Le statistiche sono rappresentate graficamente mediante boxplot per dati censored (Figura 17). Con la presenza di valori non-detect, il Box-and-Whiskers di Tukey deve essere modificato, poiché descrive solamente i valori detect. Esso viene troncato sul valore del limite di quantificazione rappresentato dalla linea orizzontale, la parte di grafico sotto tale linea deve essere ignorata. I

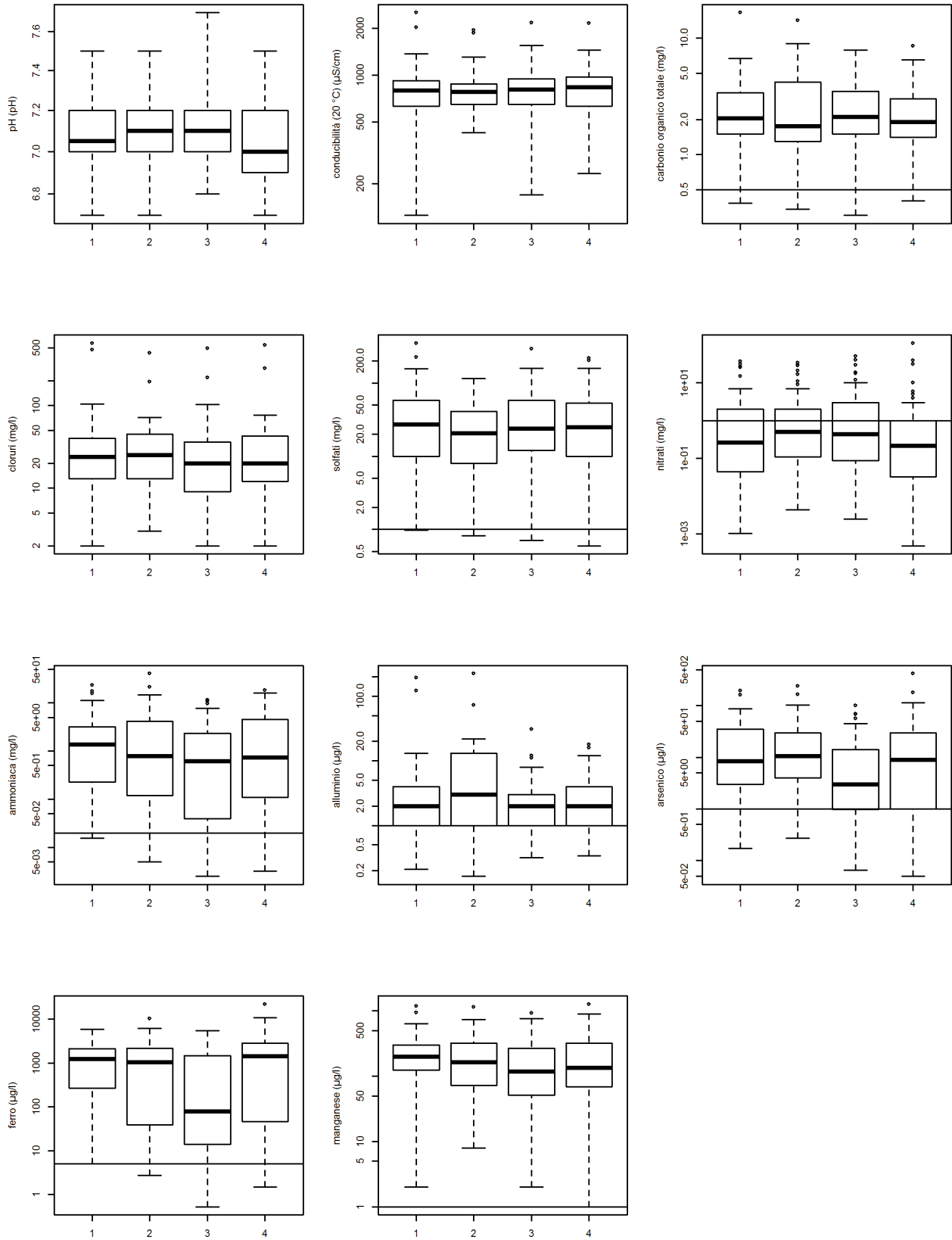
grafici sono stati realizzati con la funzione *cenboxplot* della libreria NADA che stima i percentili con il metodo ROS (regression on order statistics). I dati sono raggruppati per campagna di monitoraggio e rappresentati con scala logaritmica considerato che per la maggior parte dei parametri i valori misurati differiscono di alcuni ordini di grandezza. I grafici permettono di valutare immediatamente il range, la distribuzione e la proporzione di osservazioni inferiori al limite di quantificazione.

Avendo a disposizione solo quattro campagne e un anno di monitoraggio, non è possibile eseguire un'analisi dei trend o evidenziare la presenza di eventuali ciclicità. Per valutare se esiste una differenza statisticamente significativa tra i risultati ottenuti nelle quattro campagne è stata utilizzata una generalizzazione del test non parametrico di Wilcoxon, noto anche come Peto-Prentice test [Helsel (2012)]. Questo test determina se le funzioni di distribuzione di due o più gruppi sono la stesse, o se almeno una di esse è diversa. Per il test è stata utilizzata la funzione *cendiff()* del pacchetto NADA. I risultati del test evidenziano che solo per il ferro ( $\text{chisq}=10$ ,  $\text{p-value}<0.05$ ), almeno una delle quattro distribuzioni di concentrazione differisce dalle altre (Tabella 6). Per individuare qual è la campagna che differisce dalle altre è stato utilizzato lo stesso test applicato a tutte le possibili coppie di campagne con un livello di significatività del 0.0083 (in base alla correzione di Bonferroni il livello complessivo di significatività scelto deve essere diviso per il numero delle possibili coppie i.e.  $0.05/6$ ). In questo modo risulta che la terza campagna differisce sia dalla prima che dalla quarta, ma non dalla seconda.

**Tabella 6. a) Risultati del test di Peto-Prentice per singolo parametro. b) Risultati del test di Peto-Prentice per il confronto multiplo per il ferro.**

| a)        |       |    |               | b)    |       |    |                |
|-----------|-------|----|---------------|-------|-------|----|----------------|
| sigla     | chisq | df | p-value       | ferro | chisq | df | p-value        |
| pH        | 5,5   | 3  | 0,141         | 1-2   | 0,2   | 1  | 0,692          |
| CE        | 0,8   | 3  | 0,841         | 1-3   | 8,9   | 1  | <b>0,00282</b> |
| TOC       | 0,6   | 3  | 0,886         | 1-4   | 0     | 1  | 0,967          |
| NO3       | 4,4   | 3  | 0,218         | 2-3   | 5,3   | 1  | 0,018          |
| cloruri   | 2     | 3  | 0,565         | 2-4   | 0,1   | 1  | 0,769          |
| solfati   | 1,9   | 3  | 0,599         | 3-4   | 7,6   | 1  | <b>0,00571</b> |
| ammoniaca | 2,7   | 3  | 0,447         |       |       |    |                |
| alluminio | 6,4   | 3  | 0,095         |       |       |    |                |
| arsenico  | 6,6   | 3  | 0,0844        |       |       |    |                |
| ferro     | 10    | 3  | <b>0,0186</b> |       |       |    |                |
| manganese | 3,3   | 3  | 0,348         |       |       |    |                |





**Figura 17.** Boxplot dei valori dei diversi parametri rilevati nelle quattro campagne di monitoraggio. Se sono presenti valori undetected è presente una linea orizzontale uguale al limite di quantificazione e la parte di grafico sotto tale linea è stata stimata con il metodo della regressione ROS.

**Tabella 7. Statistiche di sintesi per parametro e campagna di monitoraggio. Legenda: nobs=numero dati; ncen=numero dati inferiori al limite di quantificazione; sd=deviazione standard; mad= deviazione assoluta dalla mediana; cv=coefficiente di variazione; sk=indice di asimmetria; kur=indice di curtosi. Le statistiche sono calcolate sostituendo a <LOQ il valore LOQ.**

| parametro  | campagna | nobs | ncen | media   | mediana | min   | max   | range  | sd       | mad      | cv    | sk     | kur    |
|------------|----------|------|------|---------|---------|-------|-------|--------|----------|----------|-------|--------|--------|
| pH         | 1        | 50   | 0    | 7,08    | 7,05    | 6,7   | 7,5   | 0,8    | 0,190    | 0,222    | 0,027 | 0,295  | -0,328 |
|            | 2        | 50   | 0    | 7,12    | 7,1     | 6,7   | 7,5   | 0,8    | 0,184    | 0,148    | 0,026 | -0,060 | 0,211  |
|            | 3        | 49   | 0    | 7,09    | 7,1     | 6,8   | 7,7   | 0,9    | 0,198    | 0,148    | 0,028 | 1,299  | 2,360  |
|            | 4        | 49   | 0    | 7,05    | 7       | 6,7   | 7,5   | 0,8    | 0,179    | 0,148    | 0,025 | 0,616  | 0,319  |
| CE (20 °C) | 1        | 50   | 0    | 844,09  | 797     | 125,3 | 2533  | 2407,7 | 370,613  | 226,838  | 0,439 | 2,531  | 9,779  |
|            | 2        | 50   | 0    | 820,82  | 780,5   | 427   | 1952  | 1525   | 293,444  | 169,016  | 0,358 | 2,097  | 6,327  |
|            | 3        | 49   | 0    | 844,67  | 812     | 170   | 2183  | 2013   | 309,759  | 213,494  | 0,367 | 1,828  | 6,710  |
|            | 4        | 49   | 0    | 848,86  | 835     | 233   | 2166  | 1933   | 303,672  | 241,664  | 0,358 | 1,750  | 6,522  |
| TOC        | 1        | 50   | 1    | 2,81    | 2,05    | 0,5   | 16,6  | 16,1   | 2,550    | 1,112    | 0,907 | 3,486  | 16,977 |
|            | 2        | 50   | 1    | 2,86    | 1,75    | 0,5   | 14,2  | 13,7   | 2,544    | 0,964    | 0,890 | 2,329  | 7,245  |
|            | 3        | 49   | 0    | 2,76    | 2,1     | 0,3   | 7,9   | 7,6    | 1,922    | 1,186    | 0,697 | 1,282  | 0,909  |
|            | 4        | 49   | 0    | 2,51    | 1,9     | 0,4   | 8,6   | 8,2    | 1,713    | 0,890    | 0,682 | 1,564  | 2,499  |
| Cl         | 1        | 50   | 0    | 48,72   | 24      | 2     | 571   | 569    | 100,543  | 18,533   | 2,064 | 4,589  | 21,140 |
|            | 2        | 50   | 0    | 38,46   | 25      | 3     | 431   | 428    | 64,081   | 17,791   | 1,666 | 5,161  | 30,114 |
|            | 3        | 49   | 0    | 38,10   | 20      | 2     | 492   | 490    | 74,867   | 16,309   | 1,965 | 5,130  | 29,518 |
|            | 4        | 49   | 0    | 43,53   | 20      | 2     | 543   | 541    | 84,546   | 17,791   | 1,942 | 4,950  | 27,121 |
| SO4        | 1        | 50   | 1    | 47,60   | 27      | 1     | 351   | 350    | 64,236   | 31,135   | 1,349 | 2,888  | 10,207 |
|            | 2        | 50   | 1    | 27,48   | 20,5    | 1     | 116   | 115    | 25,806   | 25,204   | 0,939 | 1,616  | 3,565  |
|            | 3        | 49   | 1    | 42,37   | 24      | 1     | 295   | 294    | 52,174   | 26,687   | 1,231 | 2,868  | 10,962 |
|            | 4        | 49   | 2    | 40,12   | 25      | 1     | 219   | 218    | 48,097   | 31,135   | 1,199 | 2,277  | 5,736  |
| NO3        | 1        | 50   | 32   | 4,04    | 1       | 1     | 37    | 36     | 8,221    | 0,000    | 2,035 | 2,999  | 8,101  |
|            | 2        | 50   | 40   | 4,06    | 1       | 1     | 34    | 33     | 7,963    | 0,000    | 1,961 | 2,786  | 6,907  |
|            | 3        | 49   | 28   | 4,92    | 1       | 1     | 50    | 49     | 10,087   | 0,000    | 2,051 | 3,259  | 10,762 |
|            | 4        | 49   | 30   | 5,86    | 1       | 1     | 113   | 112    | 17,545   | 0,000    | 2,996 | 5,203  | 30,140 |
| NH4        | 1        | 50   | 2    | 3,05    | 1,36    | 0,02  | 23,4  | 23,38  | 4,782    | 1,698    | 1,569 | 2,680  | 7,693  |
|            | 2        | 50   | 3    | 3,70    | 0,78    | 0,02  | 40,5  | 40,48  | 7,068    | 1,067    | 1,911 | 3,490  | 15,034 |
|            | 3        | 49   | 6    | 2,07    | 0,62    | 0,02  | 11,43 | 11,41  | 3,014    | 0,890    | 1,454 | 1,772  | 2,334  |
|            | 4        | 49   | 3    | 3,08    | 0,73    | 0,02  | 18,32 | 18,3   | 4,567    | 1,053    | 1,482 | 1,911  | 3,223  |
| Al         | 1        | 50   | 3    | 9,10    | 2       | 1     | 194   | 193    | 31,574   | 1,483    | 3,470 | 5,205  | 27,576 |
|            | 2        | 50   | 1    | 11,90   | 3       | 1     | 224   | 223    | 32,682   | 2,965    | 2,746 | 5,931  | 38,014 |
|            | 3        | 49   | 4    | 3,33    | 2       | 1     | 31    | 30     | 4,701    | 1,483    | 1,413 | 4,649  | 25,652 |
|            | 4        | 49   | 1    | 3,33    | 2       | 1     | 18    | 17     | 3,579    | 1,483    | 1,076 | 2,749  | 8,167  |
| As         | 1        | 50   | 6    | 28,56   | 8,5     | 1     | 196   | 195    | 45,694   | 11,120   | 1,600 | 2,611  | 6,889  |
|            | 2        | 50   | 7    | 28,98   | 10,5    | 1     | 240   | 239    | 45,366   | 14,085   | 1,565 | 2,900  | 9,962  |
|            | 3        | 49   | 14   | 13,96   | 3       | 1     | 100   | 99     | 21,611   | 2,965    | 1,548 | 2,288  | 5,353  |
|            | 4        | 49   | 10   | 31,76   | 9       | 1     | 420   | 419    | 67,371   | 11,861   | 2,122 | 4,423  | 23,502 |
| Fe         | 1        | 50   | 2    | 1488,82 | 1249    | 5     | 5898  | 5893   | 1489,017 | 1436,639 | 1,000 | 1,221  | 1,156  |
|            | 2        | 50   | 3    | 1661,84 | 1038,5  | 5     | 10347 | 10342  | 2113,128 | 1489,272 | 1,272 | 2,037  | 5,042  |
|            | 3        | 49   | 3    | 728,78  | 79      | 5     | 5468  | 5463   | 1083,486 | 109,712  | 1,487 | 2,110  | 6,218  |
|            | 4        | 49   | 1    | 2016,02 | 1434    | 5     | 22077 | 22072  | 3525,032 | 2057,849 | 1,749 | 4,293  | 22,549 |
| Mn         | 1        | 50   | 0    | 247,32  | 200     | 2     | 1190  | 1188   | 223,239  | 122,315  | 0,903 | 2,263  | 6,829  |
|            | 2        | 50   | 4    | 233,92  | 164,5   | 1     | 1139  | 1138   | 240,071  | 148,260  | 1,026 | 1,793  | 3,414  |
|            | 3        | 49   | 3    | 198,49  | 118     | 1     | 921   | 920    | 212,799  | 146,777  | 1,072 | 1,656  | 2,703  |
|            | 4        | 49   | 1    | 228,08  | 134     | 1     | 1274  | 1273   | 243,809  | 166,051  | 1,069 | 2,218  | 6,711  |

### 5.3.1 Correlazione tra variabili

In Figura 18 sono riportate le ellissi e i coefficienti di correlazione di Spearman tra i parametri misurati nelle quattro campagne.

Ferro, manganese e arsenico mostrano una correlazione positiva tra loro e con ammoniaca e TOC; il pH presenta una correlazione negativa con conducibilità, cloruri, ammoniaca, solfati, TOC, ferro e manganese e positiva con alluminio.

Le concentrazioni di ferro, manganese e arsenico nelle acque sotterranee sono spesso legate, questo perché l'arsenico può essere adsorbito o coprecipitare con il ferro e il manganese ed essere assorbito sulla superficie dell'argilla minerale in condizioni ossidanti. L'arsenico diventa mobile quando le condizioni riducenti sono sufficienti da dissolvere ferro e manganese ma non abbastanza da produrre solfuri [Korte (1991)].

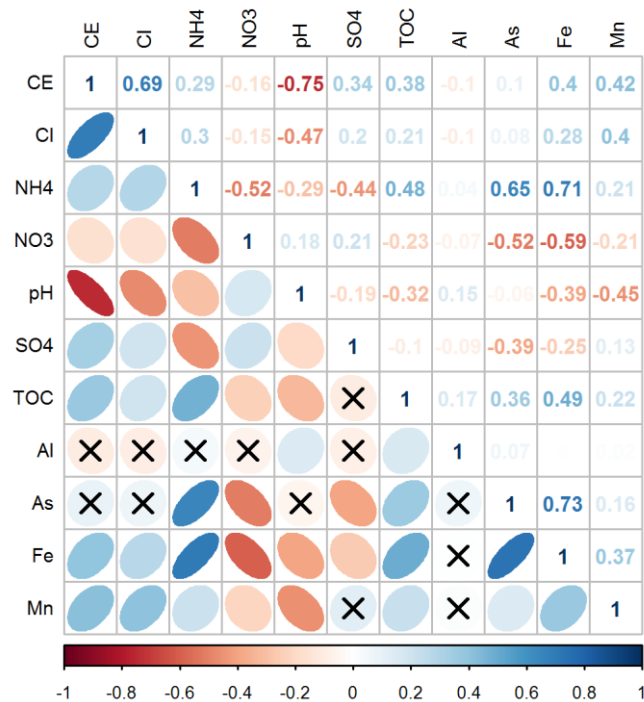


Figura 18. Ellissi di correlazione e coefficiente di correlazione di Spearman per i campioni di acque sotterranee prelevati nelle quattro campagne di monitoraggio. La x sopra l'ellisse indica che la correlazione non è statisticamente significativa ( $p > 0.05$ ).

### 5.3.2 Mappe di distribuzione

Dall'osservazione delle figure (Appendice F) è evidente la forte variabilità spaziale (piezometri vicini spazialmente possano presentare valori di molto diversi tra loro) e temporale dei dati (lo stesso piezometro può presentare valori molto diversi nelle quattro campagne). Ciò è legato alla tipologia di falda in esame che è superficiale, di estensione e spessore limitato, soggetta ad importanti variazioni stagionali e potenzialmente prossima a sorgenti dirette di contaminazione.

## 5.4 Relazione tra le concentrazioni misurate nel suolo e nelle acque

Per verificare la potenzialità di rilascio di alluminio, arsenico, ferro e manganese nelle acque da parte dei suoli sono stati effettuati dei test di cessione in acqua satura di CO<sub>2</sub>.

Per il test di cessione sono stati utilizzati i 34 campioni di terreno prelevati dall'orizzonte profondo in corrispondenza delle perforazioni per l'installazione dei nuovi piezometri. I valori misurati per ciascun metallo nel campione di suolo, nell'eluato e nei quattro campioni di acque sotterranee sono riportati in Appendice D, le mappe di distribuzione spaziale in Appendice G.

Alluminio, arsenico e ferro nell'eluato non superano il valore della CSC per le acque sotterranee in nessun campione, il manganese invece ha concentrazioni decisamente superiori in tutti (Tabella 8). Per arsenico e ferro è significativa anche la quota di campioni con concentrazioni inferiori al limite di quantificazione pari al 24% e 47% rispettivamente.

Dall'esame degli scatterplot (Figura 19), che mettono a confronto le concentrazioni misurate nella matrice solida (suolo) con quelle delle matrici acquose (eluato e acque sotterranee), si nota che:

- per il ferro le concentrazioni sono generalmente superiori nelle acque rispetto all'eluato, mentre per il manganese si verifica la situazione contraria;
- alte concentrazioni nel suolo non sono sufficienti a causare alte concentrazioni nelle acque sotterranee. Analogamente basse concentrazioni nei suoli non sono sempre associate a basse concentrazioni nelle acque.

I dati indicano quindi che le concentrazioni nelle acque sotterranee sono influenzate da molti altri fattori oltre alla disponibilità nei suoli e che le condizioni simulate con il test di cessione non sono in grado di riprodurre quelle della falda.

**Tabella 8. Statistiche descrittive delle concentrazioni misurate nelle'eluato per Al, As, Fe e Mn Tutte le concentrazioni sono espresse in µg/l. I valori sono stati calcolati ponendo <LOQ pari a LOQ.**

| parametro | CSC | nobs | ncen | %cen | media | mediana | min | max  | range | sd      | mad     | cv    | sk    | kur    |
|-----------|-----|------|------|------|-------|---------|-----|------|-------|---------|---------|-------|-------|--------|
| alluminio | 200 | 34   | 0    | 0    | 5,4   | 4       | 2   | 22   | 20    | 3,669   | 2,965   | 0,678 | 2,920 | 12,182 |
| arsenico  | 10  | 34   | 8    | 24   | 4,0   | 3,5     | 1   | 9    | 8     | 2,713   | 3,707   | 0,683 | 0,420 | -1,179 |
| ferro     | 200 | 34   | 16   | 47   | 9,9   | 5       | 5   | 59   | 54    | 10,601  | 0,000   | 1,076 | 3,523 | 14,220 |
| manganese | 50  | 34   | 0    | 0    | 970,7 | 970     | 125 | 2130 | 2005  | 548,066 | 615,279 | 0,565 | 0,292 | -0,746 |

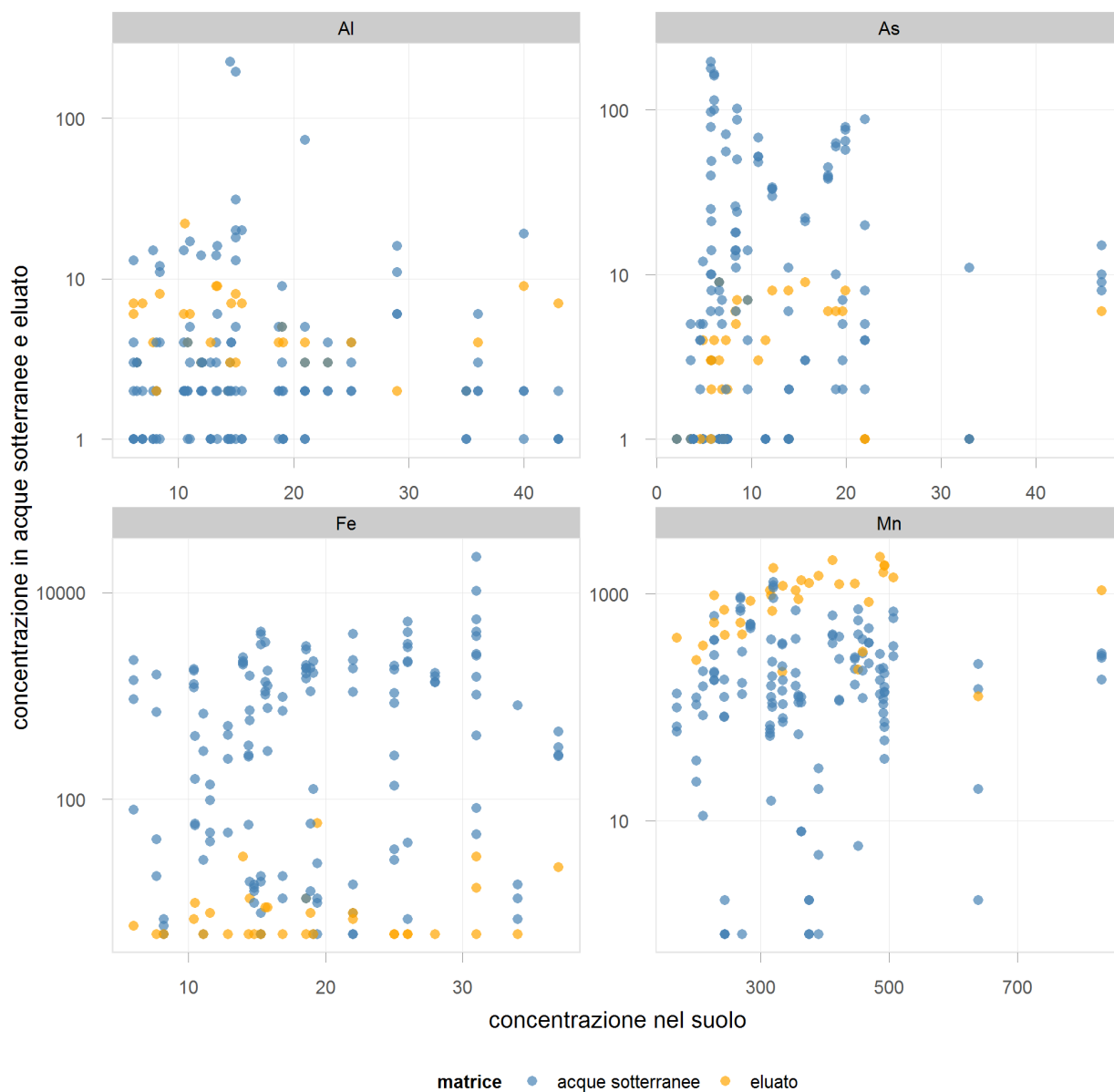


Figura 19. Concentrazioni misurate nella fase solida (campioni di suolo) e nella fase acquosa (eluato e acque sotterranee).

## 5.5 Determinazione dei valori di fondo

Dei sette parametri per i quali è prevista la determinazione dei valori di fondo, *cloruri, solfati e alluminio* sono risultati superiori alle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) o ai valori soglia previsti dal DLgs 30/2009 solo in una frazione trascurabile di campioni (Tabella 9) e pertanto sono stati esclusi dalla procedura di calcolo, in quanto il valore determinato risulterebbe inferiore a tali valori limite.

I cloruri sono risultati superiori al valore soglia di 250 mg/l solo in sei campioni, prelevati in due piezometri distinti: il pz15 a Tessera e il pz23 a Noventa Padovana; se per il pz15 è ipotizzabile che le concentrazioni elevate siano dovute alla vicinanza alla laguna, per il pz23 sembra più probabile un'origine antropica.

I solfati sono risultati superiore alla CSC di 250 mg/l solo in due campioni, prelevati in un unico piezometro, il pz11 a Salzano, anche in questo caso si ritiene più probabile un'origine antropica.

L'alluminio è risultato di poco superiore alla concentrazione soglia di contaminazione di 200 µg/l in un solo campione, prelevato nel piezometro pz35, e i valori misurati sono normalmente molto inferiori a tale soglia.

**Tabella 9. Numero di dati censored e numero di superamenti del valore soglia o della concentrazione soglia di contaminazione (CSC) per i parametri oggetto dello studio.**

| parametro | udm  | CSC<br>dlgs 152/2006 | valore soglia<br>dlgs 30/2009 | max   | n dati | n dati<br>censored | %<br>censored | n<br>superamenti | %<br>superamenti |
|-----------|------|----------------------|-------------------------------|-------|--------|--------------------|---------------|------------------|------------------|
| Cl        | mg/l |                      | 250                           | 571   | 198    | 0                  | 0             | 6                | 3                |
| SO4       | mg/l | 250                  | 250                           | 351   | 198    | 5                  | 2.5           | 2                | 1                |
| NH4       | mg/l |                      | 0,5                           | 40,5  | 198    | 14                 | 7.1           | 117              | 59               |
| Al        | µg/l | 200                  |                               | 224   | 198    | 9                  | 4.5           | 1                | 0.5              |
| As        | µg/l | 10                   | 10                            | 420   | 198    | 37                 | 18.7          | 86               | 43               |
| Fe        | µg/l | 200                  |                               | 22072 | 198    | 9                  | 4.5           | 125              | 63               |
| Mn        | µg/l | 50                   |                               | 1273  | 198    | 8                  | 4             | 162              | 82               |

### 5.5.1 Dataset per la determinazione dei valori di fondo

Dal dataset iniziale di 198 osservazioni per parametro sono stati esclusi i campioni che contengono indicatori di contaminazione antropica (metodo della pre-selezione). Nello specifico sono stati eliminati i 21 campioni con concentrazione di nitrati superiore a 10 mg/l, i sei con cloruri superiori a 250 mg/l e i due con i solfati superiori a 250 mg/l. Il dataset finale per la determinazione dei valori di fondo è così formato a 169 osservazioni per parametro.

### 5.5.2 Valutazione dati potenzialmente anomali

Per la valutazione dei dati anomali sono stati utilizzati sia metodi grafici (ecdf-plot e boxplot) che il test non parametrico di Walsh, da utilizzare quando la normalità della distribuzione dei dati non è verificata come nel caso dei parametri in esame (Appendice H). Con un campione di dimensioni intermedie,  $60 < n \leq 220$ , si deve usare un valore alpha di 0.10; per raggiungere un valore di 0.05 servono almeno 220 dati.

In base al test sono risultati *outlier* statisticamente significativi, con  $p < 0.10$ , per:

- Arsenico, il valore massimo di 420 µg/l;

- Ferro, i tre valori estremi di 10347, 10799, 22077 µg/l
- Manganese, i due valori estremi di 905, 937 µg/l
- Ammoniacca, li valore di 40.5 mg/l.

Come indicato nel documento ISPRA, i test statistici da soli non permettono di stabilire se comprendere o escludere il dato risultato anomalo dall'insieme dei dati, pertanto le successive analisi sono state condotte sia sull'insieme di dati comprensivo degli outlier che su quello senza.

I valori di fondo devono essere stimati sulla base delle statistiche che rappresentano la popolazione dominante delineata dalla maggioranza dell'insieme di dati. I limiti superiori calcolati includendo elevati valori poco frequenti (che provengono quindi dalla coda della distribuzione) tendono a rappresentare le aree con queste elevate concentrazioni piuttosto che la popolazione prevalente. Il doppio calcolo, con e senza *outliers*, permette di vedere l'influenza degli outlier sui valori risultanti.

### 5.5.3 Definizione della distribuzione dei dati

Anche per definire la distribuzione dei dati sono stati usati sia metodi grafici che test statistici, i cui risultati sono riportati nel dettaglio in Appendice H.

Per ciascun parametro e per i due dataset, con e senza *outlier*, sono stati costruiti i grafici che confrontano la distribuzione empirica con la distribuzione normale, lognormale e gamma e i QQ-plot che evidenziano il grado di accordo della distribuzione del campione con le tre distribuzioni.

La bontà dell'adattamento (*goodness of fit test*) per le tre distribuzioni è stata testata con più test statistici, per i dettagli si rimanda all'Appendice H.

Dall'applicazione dei test e dall'analisi grafica sui dataset comprensivi degli *outlier* risulta che per ammoniacca, arsenico e ferro, nessuna delle tre distribuzioni testate approssima bene l'insieme dei dati e pertanto si ricorre alla distribuzione non parametrica, per il manganese invece non si rifiuta l'ipotesi di una distribuzione gamma. Per i dataset senza *outlier* anche per il manganese si deve ricorrere alla distribuzione non parametrica.

**Tabella 10. Statistiche descrittive dei dataset con outlier a) e senza outlier b).**

| a)    |      |      |         |        |      |       |       |          |          |       |       |        |
|-------|------|------|---------|--------|------|-------|-------|----------|----------|-------|-------|--------|
| sigla | nobs | ncen | mean    | median | min  | max   | range | sd       | mad      | cv    | sk    | kur    |
| NH4   | 169  | 6    | 3,29    | 1,33   | 0,02 | 40,5  | 40,48 | 5,245    | 1,809    | 1,592 | 3,341 | 16,365 |
| As    | 169  | 24   | 28,11   | 10     | 1    | 420   | 419   | 48,999   | 13,343   | 1,743 | 4,347 | 26,729 |
| Fe    | 169  | 4    | 1627,33 | 1093   | 5    | 22077 | 22072 | 2393,647 | 1513,735 | 1,471 | 4,582 | 32,780 |
| Mn    | 169  | 1    | 220,57  | 173    | 1    | 937   | 936   | 186,994  | 151,225  | 0,848 | 1,506 | 2,396  |
| b)    |      |      |         |        |      |       |       |          |          |       |       |        |
| sigla | nobs | ncen | mean    | median | min  | max   | range | sd       | mad      | cv    | sk    | kur    |
| NH4   | 168  | 6    | 3,07    | 1,32   | 0,02 | 23,4  | 23,38 | 4,397    | 1,787    | 1,431 | 2,187 | 5,124  |
| As    | 168  | 24   | 25,77   | 10     | 1    | 240   | 239   | 38,603   | 13,343   | 1,498 | 2,786 | 9,475  |
| Fe    | 166  | 4    | 1396,36 | 1077   | 5    | 6238  | 6233  | 1508,293 | 1496,685 | 1,080 | 1,265 | 1,179  |
| Mn    | 167  | 1    | 212,19  | 173    | 1    | 762   | 761   | 171,475  | 149,743  | 0,808 | 1,293 | 1,504  |

## 5.5.4 Calcolo dei valori di fondo

Un esame della letteratura ambientale indica che per stimare i valori di fondo può essere usato uno o più dei seguenti limiti statistici superiori (*statistical upper limits*):

- percentili superiori (upper percentiles);
- limite superiore dell'intervallo di predizione (upper prediction limits, UPLs);
- limite superiore dell'intervallo di tolleranza (upper tolerance limits, UTLs);

Tuttavia non esiste un metodo universalmente riconosciuto per definire il valore di fondo; in Italia generalmente si ricorre ai percentili (i più usati sono il 90° e il 95°).

Come valori rappresentativi pertanto sono stati calcolati il 90° e il 95° percentile (Tabella 11). I valori sono stati arrotondati con lo stesso numero di cifre decimali utilizzate per esprimere i risultati analitici (che per arsenico, ferro e manganese coincidono anche con quelle utilizzate per esprimere le concentrazioni soglia di contaminazione).

**Tabella 11. Calcolo del 90° e 95° percentile sul dataset con gli outliers a) e senza outliers b).**

| a)         |               |      |      |       |                       |                               |
|------------|---------------|------|------|-------|-----------------------|-------------------------------|
| parametro  | distribuzione | nobs | P90  | P95   | metodo stima quantili | stima parametri distribuzione |
| ammoniacca | nessuna       | 169  | 8,88 | 13,53 | non parametrico       | -                             |
| arsenico   | nessuna       | 169  | 74   | 101   | non parametrico       | -                             |
| ferro      | nessuna       | 169  | 3974 | 5214  | non parametrico       | -                             |
| manganese  | gamma         | 169  | 482  | 613   | mle                   | shape=1,24, scale=177,85      |
| b)         |               |      |      |       |                       |                               |
| parametro  | distribuzione | nobs | P90  | P95   | metodo stima quantili | stima parametri distribuzione |
| ammoniacca | nessuna       | 168  | 8,63 | 12,35 | non parametrico       | -                             |
| arsenico   | nessuna       | 168  | 72   | 96    | non parametrico       | -                             |
| ferro      | nessuna       | 166  | 3480 | 4525  | non parametrico       | -                             |
| manganese  | nessuna       | 167  | 422  | 600   | non parametrico       | -                             |

## 5.5.5 Proposta di valori di fondo

In analogia a quanto viene fatto per la determinazione dei valori di fondo per i suoli, il protocollo ISPRA propone, nel caso di valutazione basata sui percentili, di riferirsi al 95°. D'altra parte nei casi in cui l'impatto antropico non può essere escluso è raccomandato l'uso del 90° percentile [Müller et al. (2006)]. Considerato che un'area come quella in esame, caratterizzata da una notevole estensione areale e da numerose fonti di pressione, non può essere assimilata all'area di un sito contaminato, anche di grandi dimensioni e che la falda in esame è superficiale, di estensione e spessore limitato e potenzialmente prossima a sorgenti dirette di contaminazione, come valori di fondo si propone di utilizzare il 90° percentile calcolato sui dataset comprensivi degli *outliers*.

**Tabella 12. Valori di fondo basati sul 90° percentile dei dataset comprensivi di outliers.**

| parametro  | distribuzione | nobs | P90         | metodo stima quantili | stima parametri distribuzione |
|------------|---------------|------|-------------|-----------------------|-------------------------------|
| ammoniacca | nessuna       | 169  | <b>8,88</b> | non parametrico       | -                             |
| arsenico   | nessuna       | 169  | <b>74</b>   | non parametrico       | -                             |
| ferro      | nessuna       | 169  | <b>3974</b> | non parametrico       | -                             |
| manganese  | gamma         | 169  | <b>482</b>  | mle                   | shape=1,24, scale=177,85      |



## 6 Bibliografia

[ARPA Friuli Venezia Giulia (2007)] ARPA Friuli Venezia Giulia. *Sito Inquinato di Interesse Nazionale Laguna di Grado e Marano: valutazione dell'origine antropica o naturale della presenza di Ferro e Manganese nelle acque sotterranee*, 2007.

[ARPA Friuli Venezia Giulia (2008)] ARPA Friuli Venezia Giulia. *Sito Inquinato di Interesse Nazionale Laguna di Grado e Marano: valutazione dell'origine antropica o naturale della presenza di Ferro e Manganese nelle acque sotterranee*, 2008.

[ARPA Friuli Venezia Giulia (2011)] ARPA Friuli Venezia Giulia. *Sito Inquinato di Interesse Nazionale Laguna di Grado e Marano: valutazione dell'origine antropica o naturale della presenza di Ferro e Manganese nelle acque sotterranee*, 2011.

[ARPA Piemonte (2012)] ARPA Piemonte. *Definizione dei valori di fondo naturale per i metalli nelle acque sotterranee come previsto dalla Direttiva 2006/118/CE e dal Decreto Legislativo 16 marzo 2009 n.30*, 2012.

[ARPA Sardegna (2009)] ARPA Sardegna. *Determinazione dei valori di fondo nelle matrici ambientali dell'area di Portoscuso*, 2009.

[ARPA Toscana (2009)] ARPA Toscana. *Definizione dei Valori di Fondo per alcuni parametri nelle Acque Sotterranee nei Siti di Interesse Nazionale di Massa Carrara, Livorno e Piombino*, 2009.

[ARPA Toscana (2013)] ARPA Toscana. *Elaborazione dati disponibili relativi al progetto geobasi su determinazione dei valori di fondo di sostanze pericolose nelle acque sotterranee con particolare riferimento a metalli pesanti e boro ed agli acquiferi destinati all'estrazione di acqua potabile*. Technical report, 2013.

[Brian Ripley and Michael Lapsley (2013)] Brian Ripley and Michael Lapsley. *RODBC: ODBC Database Access*, 2013. URL <http://CRAN.R-project.org/package=RODBC>. R package version 1.3-10.

[Giandon et al. (2011)] Paolo Giandon, Adriano Garlato, and Francesca Ragazzi. *Metalli e metalloidi nei suoli del veneto - determinazione dei valori di fondo*. Technical report, ARPAV, 2011.

[Gross and bug fixes by Uwe Ligges (2012)] Juergen Gross and bug fixes by Uwe Ligges. *nortest: Tests for Normality*, 2012. URL <http://CRAN.R-project.org/package=nortest>. R package version 1.0-2.

[Helsel and Hirsch (2002)] D. R. Helsel and R. M. Hirsch. *Statistical methods in water resources. Techniques of water-resources investigations of the United States Geological Survey Chapter A3*, U.S. Geological Survey, 2002. URL <http://water.usgs.gov/pubs/twri/twri4a3>.

[Helsel (2012)] D.R. Helsel. *Statistics for Censored Environmental Data Using Minitab and R*. CourseSmart Series. Wiley, 2012. ISBN 9780470479889. URL <http://books.google.ca/books?id=3qxtATf85pAC>.

[Julien MOEYS and Wei Shangguan. (2014)] Julien MOEYS and Wei Shangguan. *soiltexture: Functions for soil texture plot, classification and transformation*, 2014. URL <http://CRAN.R-project.org/package=soiltexture>. R package version 1.2.13.

- [Korte (1991)] Nic Korte. Naturally occurring arsenic in groundwaters of the midwestern united states. 1991.
- [Lopaka (2013)] Lee Lopaka. *NADA: Nondetects And Data Analysis for environmental data*, 2013. URL <http://CRAN.R-project.org/package=NADA>. R package version 1.5-6.
- [Millard (2013)] Steven P. Millard. *EnvStats: An R Package for Environmental Statistics*. Springer-Verlag, New York, 2013. ISBN 978-1-4614-8455-4. URL <http://www.springer.com>.
- [Müller et al. (2006)] Dietmar Müller, Ariane Blum, Alwyn Hart, Jan Hookey, Ralf Kunkel, Andreas Scheidleder, Cath Tomlin, and Frank Wendland. Bridge project, deliverable 18: Final proposal for a methodology to set out groundwater threshold values in europe. Technical report, 2006.
- [NAVFAC (2004)] NAVFAC. *Guidance for Environmental Background Analysis Volume III: Groundwater*, 2004.
- [Nicholas Hamilton (2014)] Nicholas Hamilton. *ggtern: An extension to ggplot2, for the creation of ternary diagrams.*, 2014. URL <http://CRAN.R-project.org/package=ggtern>. R package version 1.0.3.2.
- [Reimann et al. (2008)] Clemens Reimann, Peter Filzmoser, Robert Garrett, and Rudolf Dutter. *Statistical Data Analysis Explained: Applied Environmental Statistics with R*. Wiley, 2008. URL <http://www.statistik.tuwien.ac.at/StatDA>.
- [Soliani (2010)] Lamberto Soliani. *Statistica applicata alla ricerca e alle professioni scientifiche 2010*. UNI.NOVA, Parma, 2010.
- [USEPA (1996)] USEPA. *Low-Flow (Minimal Drawdown) Ground-Water Sampling Procedures*. EPA540/S-95/504, 1996.
- [USEPA (2002)] USEPA. *Guidance for Comparing Background and Chemical Concentrations in Soil for CERCLA Sites*. EPA 540-R-01-003. OSWER 9285.7-41., 2002.
- [USEPA (2009)] USEPA. *Statistical Analysis of Groundwater Monitoring Data at RCRA Facilities: Unified Guidance*, EPA 530-R-09-007, 2009.
- [Wei (2013)] Taiyun Wei. *corrplot: Visualization of a correlation matrix*, 2013. URL <http://CRAN.R-project.org/package=corrplot>. R package version 0.73.
- [Wickham (2009)] Hadley Wickham. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer New York, 2009. ISBN 978-0-387-98140-6. URL <http://had.co.nz/ggplot2/book>.

## Appendice A – Elenco piezometri

| Piezometro | Provincia. | Comune                        | prof [m] | xgbo       | ygbo       | note               |
|------------|------------|-------------------------------|----------|------------|------------|--------------------|
| pz34       | PD         | Arzergrande                   | 10       | 1739025,52 | 5018002,11 | nuova perforazione |
| pz09       | PD         | Borgoricco                    | 14       | 1731801,50 | 5046458,80 | nuova perforazione |
| pz30       | PD         | Brugine                       | 12       | 1734710,72 | 5020617,06 | nuova perforazione |
| pz07       | PD         | Campodarsego                  | 7        | 1727659,40 | 5042150,85 | esistente          |
| pz05       | PD         | Camposampiero                 | 15       | 1728810,80 | 5050637,33 | nuova perforazione |
| pz47       | PD         | Codevigo                      | 6        | 1742806,00 | 5017522,00 | esistente          |
| pz32       | PD         | Legnaro                       | 9        | 1731307,02 | 5025735,12 | esistente          |
| pz44       | PD         | Massanzago                    | 9        | 1734522,10 | 5049724,05 | esistente          |
| pz23       | PD         | Noventa Padovana              | 10       | 1730920,80 | 5033905,75 | nuova perforazione |
| pz22       | PD         | Padova                        | 19       | 1730445,00 | 5030234,00 | esistente          |
| pz41       | PD         | Padova                        | 9        | 1725503,94 | 5036664,74 | esistente          |
| pz31       | PD         | Piove di Sacco                | 10       | 1741321,51 | 5021508,45 | nuova perforazione |
| pz29       | PD         | Polverara                     | 15       | 1732006,67 | 5021647,61 | nuova perforazione |
| pz33       | PD         | Pontelongo                    | 10       | 1737166,46 | 5015225,04 | nuova perforazione |
| pz43       | PD         | Santa Giustina in Colle       | 9        | 1725243,23 | 5049897,21 | esistente          |
| pz39       | PD         | Sant'Angelo di Piove di Sacco | 9        | 1735645,07 | 5025018,01 | esistente          |
| pz01       | PD         | Tombolo                       | 15       | 1719986,47 | 5056613,79 | nuova perforazione |
| pz42       | PD         | Trebaseleghe                  | 8,5      | 1736385,39 | 5054825,45 | esistente          |
| pz16       | PD         | Vigonza                       | 9        | 1730255,17 | 5039903,24 | nuova perforazione |
| pz19       | PD         | Vigonza                       | 10       | 1732005,32 | 5036136,18 | nuova perforazione |
| pz40       | PD         | Villanova di Camposampiero    | 11       | 1733394,11 | 5041766,46 | esistente          |
| pz12       | TV         | Castelfranco Veneto           | 2,7      | 1726255,00 | 5057460,00 | esistente          |
| pz48       | TV         | Mogliano Veneto               | 15       | 1755158,00 | 5053556,00 | esistente          |
| pz03       | TV         | Morgano                       | 8        | 1740185,76 | 5057994,70 | nuova perforazione |
| pz45       | TV         | Preganziol                    | 9        | 1750984,86 | 5054503,15 | esistente          |
| pz02       | TV         | Resana                        | 15       | 1730582,59 | 5057536,05 | nuova perforazione |
| pz04       | TV         | Zero Branco                   | 15       | 1744484,29 | 5055626,57 | nuova perforazione |
| pz26       | VE         | Campagna Lupia                | 10       | 1744732,31 | 5030907,04 | nuova perforazione |
| pz27       | VE         | Campolongo Maggiore           | 10       | 1739107,26 | 5024458,17 | nuova perforazione |
| pz28       | VE         | Campolongo Maggiore           | 10       | 1742815,64 | 5024790,12 | nuova perforazione |
| pz25       | VE         | Camponogara                   | 6        | 1740714,25 | 5030315,70 | nuova perforazione |
| pz38       | VE         | Fossò                         | 8        | 1738333,53 | 5027988,34 | nuova perforazione |
| pz08       | VE         | Marcon                        | 8        | 1757619,54 | 5049893,77 | nuova perforazione |
| pz36       | VE         | Martellago                    | 8        | 1746866,83 | 5045809,03 | nuova perforazione |
| pz21       | VE         | Mira                          | 10       | 1746265,58 | 5036577,33 | nuova perforazione |
| pz17       | VE         | Mirano                        | 10       | 1742080,74 | 5042692,67 | nuova perforazione |
| pz49       | VE         | Mirano                        | 12       | 1742348,00 | 5038261,00 | esistente          |
| pz06       | VE         | Noale                         | 10       | 1739568,28 | 5048888,07 | nuova perforazione |
| pz20       | VE         | Pianiga                       | 10       | 1736908,97 | 5038049,45 | nuova perforazione |
| pz11       | VE         | Salzano                       | 8        | 1742110,92 | 5045650,85 | nuova perforazione |
| pz10       | VE         | Santa Maria di Sala           | 14       | 1735397,34 | 5045206,97 | nuova perforazione |
| pz37       | VE         | Santa Maria di Sala           | 14       | 1737081,59 | 5040817,76 | nuova perforazione |
| pz35       | VE         | Scorzè                        | 13       | 1749236,13 | 5050554,96 | nuova perforazione |
| pz46       | VE         | Scorzè                        | 15       | 1746103,00 | 5051058,00 | esistente          |
| pz50       | VE         | Spinea                        | 12       | 1745564,00 | 5042335,00 | esistente          |
| pz24       | VE         | Stra                          | 9        | 1735132,33 | 5032963,69 | nuova perforazione |
| pz13       | VE         | Venezia                       | 10       | 1751001,93 | 5045045,48 | nuova perforazione |
| pz14       | VE         | Venezia                       | 10       | 1755138,24 | 5045482,92 | nuova perforazione |
| pz15       | VE         | Venezia                       | 10       | 1759506,35 | 5046130,74 | nuova perforazione |
| pz18       | VE         | Venezia                       | 10       | 1750022,52 | 5041424,42 | nuova perforazione |

## Appendice B – Dati suoli

**Tabella B-1. Determinazioni analitiche sui campioni di suolo: calcare totale, carbonio organico totale, capacità di scambio cationico (C.S.C), pH e tessitura.**

| id   | oriz | profondità<br>prelievo<br>m | calcare<br>totale<br>% | carbonio<br>organico<br>% | C.S.C<br>meq/100g | pH  | argilla<br>% | limo fine<br>% | limo<br>grosso<br>% | limo totale<br>% | sabbia<br>totale<br>% |
|------|------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-----|--------------|----------------|---------------------|------------------|-----------------------|
| pz01 | 1    | 1.60 - 2.20                 | 45                     | 0.3                       | 7                 | 9.1 | 4.9          | 9.3            | 8                   | 17.3             | 77.8                  |
| pz01 | 2    | 2.20 - 2.80                 | 34                     | 0.3                       | 7.7               | 9.3 | 2.2          | 4.9            | 3.1                 | 8                | 89.8                  |
| pz02 | 1    | 2.80 - 3.30                 | 29                     | 0.4                       | 7.8               | 8.9 | 5.2          | 16.2           | 18.2                | 34.4             | 60.4                  |
| pz02 | 2    | 4.20 - 4.50                 | 27                     | 0.4                       | 7.1               | 8.3 | 6.3          | 27             | 42.1                | 69.1             | 24.6                  |
| pz03 | 1    | 2.30 - 2.80                 | 29                     | 0.5                       | 8.2               | 8.4 | 10.6         | 35.5           | 30.3                | 65.8             | 23.6                  |
| pz03 | 2    | 3.50 - 4.00                 | 30                     | 0.5                       | 16.1              | 8.3 | 14.4         | 41             | 31.7                | 72.7             | 12.9                  |
| pz04 | 1    | 2.80 - 3.30                 | 33                     | 0.6                       | 12.8              | 8.3 | 6.9          | 29.1           | 35.8                | 64.9             | 28.2                  |
| pz04 | 2    | 4.00 - 4.50                 | 31                     | 0.4                       | 13.9              | 8.4 | 6.9          | 26.6           | 37.7                | 64.3             | 28.8                  |
| pz05 | 1    | 3.30 - 3.80                 | 14                     | 1                         | 9.9               | 8.3 | 10.6         | 16             | 14.2                | 30.2             | 59.2                  |
| pz05 | 2    | 4.00 - 4.50                 | 20                     | 3.5                       | 33.1              | 7.7 | 19.2         | 57.1           | 12.1                | 69.2             | 11.6                  |
| pz06 | 1    | 4.30 - 4.80                 | 41                     | 0.4                       | 10.1              | 8.5 | 10           | 16.3           | 29.5                | 45.8             | 44.2                  |
| pz06 | 2    | 5.00 - 5.50                 | 44                     | 0.3                       | 11.8              | 8.7 | 4.7          | 10.7           | 16.3                | 27               | 68.3                  |
| pz08 | 1    | 2.50 - 3.00                 | 51                     | 0.3                       | 12.1              | 8.9 | 5.5          | 15.4           | 21                  | 36.4             | 58.1                  |
| pz08 | 2    | 3.00 - 3.50                 | 50                     | 0.5                       | 6.6               | 8.6 | 16.7         | 40.7           | 25.7                | 66.4             | 16.9                  |
| pz09 | 1    | 2.50 - 3.00                 | 42                     | 0.4                       | 10.6              | 8.5 | 6.6          | 16.6           | 12.8                | 29.4             | 64                    |
| pz09 | 2    | 3.00 - 3.50                 | 45                     | 0.3                       | 9.4               | 8.8 | 3            | 6.1            | 2.9                 | 9                | 88                    |
| pz10 | 1    | 2.50 - 3.00                 | 47                     | 0.5                       | 9.6               | 8.4 | 6.2          | 9.6            | 6.5                 | 16.1             | 77.7                  |
| pz10 | 2    | 4.50 - 5.00                 | 51                     | 0.7                       | 6.6               | 8.4 | 9.9          | 23.7           | 23                  | 46.7             | 43.4                  |
| pz11 | 1    | 2.50 - 3.00                 | 47                     | 0.3                       | 10.4              | 9.1 | 4.7          | 12.2           | 15.8                | 28               | 67.3                  |
| pz11 | 2    | 3.00 - 3.50                 | 51                     | 0.5                       | 10.4              | 8.6 | 4.4          | 9.6            | 6.6                 | 16.2             | 79.4                  |
| pz13 | 1    | 2.50 - 3.00                 | 39                     | 0.4                       | 18.2              | 8.8 | 13.9         | 31.9           | 12.9                | 44.5             | 41.6                  |
| pz13 | 2    | 4.50 - 5.00                 | 33                     | 0.3                       | 9.5               | 9.2 | 3.1          | 7.4            | 6.8                 | 14.2             | 82.7                  |
| pz14 | 1    | 2.80 - 3.30                 | 38                     | 0.5                       | 16.3              | 8.7 | 11.7         | 23.6           | 15.3                | 38.9             | 49.4                  |
| pz14 | 2    | 3.50 - 4.00                 | 47                     | 0.4                       | 16.9              | 8.7 | 18.3         | 36.6           | 22                  | 58.6             | 23.1                  |
| pz15 | 1    | 3.80 - 4.30                 | 48                     | 0.3                       | 21.1              | 8.9 | 26.5         | 43.9           | 20.8                | 64.7             | 8.8                   |
| pz15 | 2    | 4.50 - 5.00                 | 50                     | 0.3                       | 19                | 8.8 | 19.2         | 34.8           | 27.5                | 62.3             | 18.5                  |
| pz16 | 1    | 1.80 - 2.30                 | 18                     | 1.1                       | 10.1              | 8.3 | 10.3         | 12.5           | 9.1                 | 21.6             | 68.1                  |
| pz16 | 2    | 2.30 - 2.80                 | 41                     | 1.1                       | 14                | 8.3 | 17.5         | 32.2           | 22                  | 54.2             | 28.3                  |
| pz17 | 1    | 1.30 - 1.80                 | 22                     | 0.4                       | 8.1               | 8.6 | 7.7          | 19.2           | 17                  | 36.2             | 56.1                  |
| pz17 | 2    | 3.50 - 4.00                 | 28                     | 0.3                       | 9.1               | 9.1 | 2.4          | 7.6            | 5.1                 | 12.7             | 84.9                  |
| pz18 | 1    | 2.50 - 3.00                 | 32                     | 0.3                       | 13.2              | 8.9 | 6.7          | 13.2           | 8.4                 | 21.6             | 71.7                  |
| pz18 | 2    | 3.00 - 3.50                 | 27                     | 0.3                       | 7.3               | 8.8 | 5.3          | 8.8            | 4.6                 | 13.4             | 81.3                  |
| pz19 | 1    | 3.00 - 3.50                 | 49                     | 0.4                       | 15.3              | 8.7 | 8            | 19.5           | 20.2                | 39.7             | 52.3                  |
| pz19 | 2    | 4.50 - 5.00                 | 51                     | 0.4                       | 8.1               | 8.6 | 5.4          | 14.7           | 18.1                | 32.8             | 61.8                  |
| pz20 | 1    | 3.00 - 3.50                 | 51                     | 0.3                       | 6.6               | 9.2 | 4.1          | 8.3            | 4.1                 | 12.4             | 83.5                  |
| pz20 | 2    | 7.50 - 8.00                 | 40                     | 1.2                       | 16.6              | 8.3 | 41.7         | 51.7           | 3.7                 | 55.4             | 2.9                   |
| pz21 | 1    | 2.90 - 3.40                 | 37                     | 0.5                       | 7.7               | 8.8 | 13.4         | 36.6           | 20.6                | 57.2             | 29.4                  |
| pz21 | 2    | 3.50 - 4.00                 | 39                     | 0.7                       | 9                 | 8.7 | 14.9         | 48.4           | 18.2                | 66.6             | 18.5                  |
| pz23 | 1    | 2.50 - 3.00                 | 30                     | 0.6                       | 8.3               | 8.9 | 8.8          | 31.4           | 27.8                | 59.2             | 32                    |
| pz23 | 2    | 4.80 - 5.30                 | 24                     | 1.9                       | 18.3              | 8.2 | 19.2         | 36.2           | 12.7                | 48.9             | 31.9                  |
| pz24 | 1    | 2.90 - 3.40                 | 36                     | 0.3                       | <3.0              | 8.9 | 5.6          | 16.7           | 22.2                | 38.9             | 55.6                  |

| id   | oriz | profondità<br>prelievo<br>m | calcare<br>totale<br>% | carbonio<br>organico<br>% | C.S.C<br>meq/100g | pH  | argilla<br>% | limo fine<br>% | limo<br>grosso<br>% | limo totale<br>% | sabbia<br>totale<br>% |
|------|------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-----|--------------|----------------|---------------------|------------------|-----------------------|
| pz24 | 2    | 3.50 - 4.00                 | 34                     | 0.3                       | 3.6               | 8.9 | 5            | 15.4           | 19.3                | 34.6             | 60.4                  |
| pz25 | 1    | 2.50 - 3.00                 | 33                     | 0.5                       | 13.6              | 8.8 | 6.2          | 25.8           | 19.7                | 45.4             | 48.4                  |
| pz25 | 2    | 3.00 - 3.50                 | 21                     | 0.3                       | 11.3              | 8.7 | 7.5          | 29.7           | 28.4                | 58.1             | 34.4                  |
| pz26 | 1    | 3.00 - 3.50                 | 35                     | 0.4                       | 14                | 8.5 | 16.1         | 21.4           | 17.9                | 39.3             | 44.6                  |
| pz26 | 2    | 5.00 - 5.50                 | 53                     | 0.4                       | 17.9              | 8.7 | 10.5         | 27.1           | 19.5                | 46.6             | 42.9                  |
| pz27 | 1    | 2.30 - 2.80                 | 35                     | 0.5                       | 12                | 8.7 | 14.6         | 28.8           | 15.8                | 44.5             | 40.9                  |
| pz27 | 2    | 4.00 - 4.50                 | 34                     | 0.5                       | 24.9              | 8.6 | 29.3         | 60.3           | 5.4                 | 65.7             | 5                     |
| pz28 | 1    | 2.30 - 2.80                 | 26                     | 0.7                       | 8.5               | 8.4 | 12.5         | 21.1           | 10.4                | 31.5             | 56                    |
| pz28 | 2    | 4.80 - 5.30                 | 32                     | 0.8                       | 10.6              | 8.3 | 24.7         | 47.9           | 18.5                | 66.4             | 8.9                   |
| pz29 | 1    | 2.20 - 2.70                 | 38                     | 0.6                       | 11.9              | 8.6 | 15.1         | 51.9           | 22.9                | 74.8             | 10.1                  |
| pz29 | 2    | 3.90 - 4.40                 | 32                     | 0.8                       | 22.9              | 8.5 | 29.5         | 49.8           | 11.5                | 61.2             | 9.2                   |
| pz30 | 1    | 2.00 - 2.50                 | 34                     | 0.3                       | 12                | 9   | 5.6          | 17             | 16.8                | 33.8             | 60.6                  |
| pz30 | 2    | 3.00 - 3.50                 | 35                     | 0.3                       | 9.2               | 9   | 2.8          | 11.1           | 10.9                | 21.9             | 75.3                  |
| pz31 | 1    | 1.50 - 2.00                 | 27                     | 0.5                       | 9.1               | 8.7 | 6.1          | 23.7           | 31                  | 54.7             | 39.2                  |
| pz31 | 2    | 3.30 - 3.80                 | 34                     | 0.6                       | 8.3               | 8.4 | 13.1         | 41.3           | 22.7                | 63.9             | 23                    |
| pz33 | 1    | 2.20 - 2.70                 | 36                     | 0.7                       | 10.2              | 8.7 | 6.9          | 29.8           | 34.4                | 64.2             | 28.9                  |
| pz33 | 2    | 4.50 - 5.00                 | 26                     | 1.6                       | 12.1              | 8   | 11.9         | 53.4           | 28.4                | 81.8             | 6.2                   |
| pz34 | 1    | 2.40 - 2.90                 | 33                     | 0.5                       | 8.6               | 8.6 | 10.5         | 28             | 20.7                | 48.7             | 40.8                  |
| pz34 | 2    | 4.70 - 5.20                 | 15                     | 3.7                       | 59                | 7.4 | 12.3         | 39.1           | 22.1                | 61.2             | 26.5                  |
| pz35 | 1    | 1.80 - 2.30                 | 24                     | 0.5                       | 6.3               | 8.9 | 3.1          | 11.7           | 10                  | 21.7             | 75.2                  |
| pz35 | 2    | 3.70 - 4.20                 | 41                     | 0.9                       | 7.6               | 8.3 | 18.3         | 49.6           | 23.8                | 73.4             | 8.3                   |
| pz36 | 1    | 1.60 - 2.10                 | 50                     | 0.4                       | 14.1              | 8.9 | 6.6          | 16.8           | 16.9                | 33.7             | 59.8                  |
| pz36 | 2    | 3.40 - 3.90                 | 51                     | 0.6                       | 12.5              | 8.5 | 14           | 31.3           | 17                  | 48.4             | 37.6                  |
| pz37 | 1    | 2.20 - 2.60                 | 28                     | 0.7                       | 9.2               | 8.4 | 17.1         | 29.7           | 10.3                | 40               | 42.9                  |
| pz37 | 2    | 2.60 - 3.00                 | 35                     | 0.6                       | 8.3               | 8.3 | 10           | 32.4           | 31.4                | 63.8             | 26.2                  |
| pz38 | 1    | 2.40 - 2.90                 | 39                     | 0.5                       | 14.1              | 8.5 | 15.2         | 23.2           | 25.6                | 48.7             | 36.1                  |
| pz38 | 2    | 4.50 - 5.00                 | 51                     | 0.3                       | 14.9              | 8.9 | 2.4          | 11             | 12.9                | 23.9             | 73.7                  |

**Tabella B-2. Analisi suolo: metalli.**

| id   | oriz | Al<br>g/Kg | As<br>mg/Kg | Be<br>mg/Kg | Cd<br>mg/Kg | Co<br>mg/Kg | Cr<br>mg/Kg | Cu<br>mg/Kg | Fe<br>g/Kg | Hg<br>mg/Kg | Mn<br>mg/Kg | Ni<br>mg/Kg | Pb<br>mg/Kg | Sb<br>mg/Kg | Se<br>mg/Kg | Sn<br>mg/Kg | V<br>mg/Kg | Zn<br>mg/Kg |
|------|------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| pz01 | 1    | 6.4        | 7.5         | <0.50       | <0.50       | 2.8         | 7.5         | 10.4        | 8.2        | <0.05       | 244         | 6.5         | 7.5         | 0.27        | <0.20       | 0.94        | 15.4       | 33          |
| pz01 | 2    | 8.4        | 12.5        | <0.50       | <0.50       | 4.2         | 12          | 14.6        | 12.1       | <0.05       | 293         | 8.7         | 9.4         | 0.41        | <0.20       | 1.21        | 18.8       | 40          |
| pz02 | 1    | 13.9       | 9.1         | <0.50       | <0.50       | 7           | 13.3        | 17.7        | 19.2       | <0.05       | 316         | 12.6        | 12.7        | 0.56        | <0.20       | 1.36        | 22         | 65          |
| pz02 | 2    | 14.6       | 11.5        | <0.50       | <0.50       | 7.5         | 14.2        | 21.3        | 22         | <0.05       | 376         | 14.2        | 13.8        | 0.68        | 0.24        | 2.11        | 23         | 77          |
| pz03 | 1    | 14.4       | 7.2         | <0.50       | <0.50       | 8           | 14.3        | 19.4        | 21         | <0.05       | 374         | 14.8        | 11.9        | 0.54        | 0.24        | 1.44        | 16.1       | 71.8        |
| pz03 | 2    | 18.7       | 19.6        | 0.61        | <0.50       | 8.4         | 17.9        | 21          | 25         | <0.05       | 447         | 16.4        | 14.2        | 0.44        | <0.20       | 1.61        | 31         | 82          |
| pz04 | 1    | 11.1       | 8.3         | <0.50       | <0.50       | 6.6         | 11.3        | 17.2        | 19         | <0.05       | 375         | 13          | 10.3        | 0.73        | <0.20       | 0.97        | 12.5       | 63.7        |
| pz04 | 2    | 10.6       | 6.6         | <0.50       | <0.50       | 6.8         | 11          | 17.3        | 19.4       | <0.05       | 390         | 13.9        | 8.7         | 0.45        | <0.20       | 0.76        | 10.9       | 62          |
| pz05 | 1    | 18.1       | 10.5        | 0.66        | <0.50       | 7.8         | 21          | 19.5        | 23         | 0.11        | 330         | 15.3        | 15.7        | 0.42        | 0.3         | 2.18        | 21         | 72          |
| pz05 | 2    | 40         | 19.9        | 1.32        | <0.50       | 10.5        | 37          | 41          | 31         | 0.38        | 469         | 22          | 21          | 0.71        | 0.64        | 5.66        | 42         | 146         |
| pz06 | 1    | 11.4       | 6.5         | <0.50       | <0.50       | 4.9         | 11.7        | 13.7        | 13.5       | <0.05       | 263         | 10.7        | 7.2         | 0.32        | 0.25        | 1.02        | 15.3       | 47          |
| pz06 | 2    | 8.4        | 5.8         | <0.50       | <0.50       | 3.8         | 6.7         | 11          | 10.5       | <0.05       | 228         | 7.4         | 6.1         | 0.21        | <0.20       | 0.92        | 14.3       | 35          |
| pz08 | 1    | 8.7        | 3           | <0.50       | <0.50       | 3.9         | 7.5         | 10.6        | 10.5       | <0.05       | 244         | 8.9         | 5.3         | 0.33        | 0.39        | 0.78        | 14.9       | 38          |
| pz08 | 2    | 15         | 8.3         | <0.50       | <0.50       | 6           | 15.8        | 15.2        | 15.8       | <0.05       | 355         | 15.6        | 7.5         | 0.44        | <0.20       | 0.93        | 24         | 45          |
| pz09 | 1    | 12.1       | 12          | <0.50       | <0.50       | 5.1         | 12          | 11.4        | 14.8       | <0.05       | 245         | 11.4        | 7.8         | 0.35        | 0.24        | 0.98        | 19.4       | 48          |
| pz09 | 2    | 6.1        | 5.7         | <0.50       | <0.50       | 2.3         | <5.0        | 7           | 6          | <0.05       | 169         | 5.8         | <5.0        | <0.20       | <0.20       | 0.63        | 12.5       | 25          |
| pz10 | 1    | 9.3        | 16.5        | <0.50       | <0.50       | 3.8         | 8.6         | 8.2         | 10.1       | <0.05       | 209         | 8.6         | <5.0        | 0.35        | 0.26        | 0.94        | 17         | 35          |
| pz10 | 2    | 13.3       | 6.1         | <0.50       | <0.50       | 5.8         | 15.1        | 14.2        | 14         | <0.05       | 315         | 15.1        | 6.2         | 0.33        | <0.20       | 0.94        | 23         | 43          |
| pz11 | 1    | 6.7        | 1.61        | <0.50       | <0.50       | 3.2         | 5.9         | 8.7         | 7.5        | <0.05       | 173         | 7.3         | <5.0        | 0.29        | <0.20       | 0.61        | 12.7       | 32          |
| pz11 | 2    | 6.1        | 4.9         | <0.50       | <0.50       | 3           | 5.9         | 8.5         | 7.7        | <0.05       | 200         | 7.9         | <5.0        | 0.37        | 0.46        | 0.51        | 13         | 31          |
| pz13 | 1    | 11.2       | 3.6         | <0.50       | <0.50       | 5.7         | 11.6        | 14.7        | 16.4       | <0.05       | 339         | 12.9        | 9.2         | 0.44        | <0.20       | 0.88        | 17.8       | 55          |
| pz13 | 2    | 6.9        | 3.6         | <0.50       | <0.50       | 3.4         | 6.6         | 11.1        | 11.1       | <0.05       | 210         | 7.7         | 6.3         | 0.33        | <0.20       | 0.67        | 12.6       | 39          |
| pz14 | 1    | 10.9       | 11.3        | <0.50       | <0.50       | 5.5         | 13.3        | 15.5        | 16.8       | <0.05       | 332         | 12.7        | 9           | 0.36        | <0.20       | 3.2         | 17.5       | 53          |
| pz14 | 2    | 12.8       | 6.9         | <0.50       | <0.50       | 6.2         | 15.1        | 16.1        | 16.9       | <0.05       | 363         | 16.7        | 8.4         | 0.39        | <0.20       | 0.83        | 21         | 55          |
| pz15 | 1    | 19.5       | 7           | 0.53        | <0.50       | 6.8         | 19          | 16.3        | 18.7       | <0.05       | 365         | 17.3        | 8.8         | 0.45        | <0.20       | 1.71        | 27         | 55          |
| pz15 | 2    | 19         | 5.7         | <0.50       | <0.50       | 5.6         | 17.1        | 13.4        | 15.3       | <0.05       | 318         | 14.3        | 6.6         | 0.28        | <0.20       | 1.35        | 26         | 46          |
| pz16 | 1    | 22         | 10          | 0.64        | <0.50       | 7.7         | 21          | 15.6        | 17.8       | <0.05       | 226         | 15.1        | 13          | 0.32        | 0.46        | 1.71        | 28         | 74          |
| pz16 | 2    | 13.4       | 8.4         | <0.50       | <0.50       | 5.6         | 13.8        | 14.9        | 14.5       | <0.05       | 316         | 14.4        | 7.3         | 0.34        | <0.20       | 0.94        | 21         | 49          |
| pz17 | 1    | 22         | 18          | 0.58        | <0.50       | 7.4         | 18.1        | 23          | 21         | <0.05       | 393         | 12.9        | 15.9        | 0.63        | <0.20       | 1.95        | 28         | 69          |
| pz17 | 2    | 11         | 4.6         | <0.50       | <0.50       | 4.6         | 9.4         | 12          | 12.9       | <0.05       | 228         | 8.7         | 8.4         | 0.37        | <0.20       | 1.07        | 16.4       | 50          |
| pz18 | 1    | 20         | 12.5        | 0.54        | <0.50       | 6.5         | 18.3        | 18.1        | 17.6       | <0.05       | 387         | 12.9        | 12.5        | 0.46        | <0.20       | 1.87        | 26         | 53          |
| pz18 | 2    | 19.1       | 14          | 0.55        | <0.50       | 6.3         | 21          | 16.6        | 19.1       | <0.05       | 486         | 14.6        | 14.2        | 0.5         | <0.20       | 1.77        | 27         | 56          |
| pz19 | 1    | 10.8       | 1.97        | <0.50       | <0.50       | 4.8         | 10.6        | 13.1        | 11.6       | <0.05       | 254         | 11.4        | 5.8         | 0.41        | <0.20       | 0.88        | 21         | 37          |
| pz19 | 2    | 7.8        | 12.2        | <0.50       | <0.50       | 3.9         | 7.4         | 10.5        | 10.4       | <0.05       | 243         | 9.1         | <5.0        | 0.25        | <0.20       | 0.8         | 17.5       | 34          |
| pz20 | 1    | 7.4        | 2.9         | <0.50       | <0.50       | 3.9         | 6.7         | 6.7         | 9.4        | <0.05       | 205         | 7.6         | <5.0        | 0.34        | 0.45        | 0.95        | 16.6       | 32          |
| pz20 | 2    | 36         | 18.1        | 1.12        | <0.50       | 10.5        | 37          | 27          | 28         | <0.05       | 491         | 29          | 19.6        | 0.71        | 0.22        | 2.5         | 52         | 88          |
| pz21 | 1    | 16.7       | 12.1        | <0.50       | <0.50       | 6.8         | 15.7        | 15.6        | 20         | <0.05       | 357         | 14.3        | 10.3        | 0.29        | <0.20       | 1.5         | 27         | 56          |
| pz21 | 2    | 21         | 8.5         | 0.64        | <0.50       | 7.8         | 20          | 19.9        | 22         | <0.05       | 412         | 17.3        | 13.7        | 0.3         | <0.20       | 1.86        | 32         | 66          |
| pz23 | 1    | 20         | 14.7        | 0.59        | <0.50       | 7.9         | 17.4        | 20.1        | 24         | <0.05       | 436         | 15.6        | 11.2        | 0.45        | <0.20       | 1.78        | 28         | 64          |
| pz23 | 2    | 15.5       | 9.6         | 0.54        | <0.50       | 6.4         | 15.6        | 15.3        | 18.6       | <0.05       | 284         | 13.9        | 10.7        | 0.4         | 0.29        | 1.41        | 25         | 62          |
| pz24 | 1    | 9.1        | 5.6         | <0.50       | <0.50       | 5.3         | 7.7         | 11.1        | 13.9       | <0.05       | 274         | 10.5        | 6           | 0.34        | <0.20       | 0.89        | 19         | 40          |
| pz24 | 2    | 10.5       | 6.6         | <0.50       | <0.50       | 5.6         | 9.5         | 12.4        | 14.8       | <0.05       | 334         | 10.3        | 6.6         | 0.26        | <0.20       | 1.41        | 20         | 44          |
| pz25 | 1    | 15.3       | 22          | <0.50       | <0.50       | 6.2         | 15          | 21          | 24         | <0.05       | 364         | 12.8        | 12.6        | 0.71        | 0.23        | 1.35        | 25         | 63          |
| pz25 | 2    | 15         | 22          | <0.50       | <0.50       | 7.5         | 16          | 23          | 25         | <0.05       | 452         | 14.8        | 14.8        | 0.6         | <0.20       | 1.18        | 26         | 72          |
| pz26 | 1    | 20         | 10.1        | 0.51        | <0.50       | 7.6         | 21          | 15.4        | 21         | <0.05       | 392         | 15.1        | 7.8         | 0.59        | <0.20       | 1.39        | 40         | 48          |

| id   | oriz | Al<br>g/Kg | As<br>mg/Kg | Be<br>mg/Kg | Cd<br>mg/Kg | Co<br>mg/Kg | Cr<br>mg/Kg | Cu<br>mg/Kg | Fe<br>g/Kg | Hg<br>mg/Kg | Mn<br>mg/Kg | Ni<br>mg/Kg | Pb<br>mg/Kg | Sb<br>mg/Kg | Se<br>mg/Kg | Sn<br>mg/Kg | V<br>mg/Kg | Zn<br>mg/Kg |
|------|------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| pz26 | 2    | 14.3       | 2.1         | <0.50       | <0.50       | 5.7         | 14.3        | 11.2        | 14.4       | <0.05       | 320         | 10.8        | <5.0        | 0.41        | <0.20       | 0.92        | 30         | 39          |
| pz27 | 1    | 19.1       | 21          | 0.68        | <0.50       | 8.4         | 23          | 19.1        | 25         | <0.05       | 503         | 18.1        | 10.1        | 0.47        | <0.20       | 1.43        | 26         | 63          |
| pz27 | 2    | 29         | 33          | 0.95        | <0.50       | 11.8        | 22          | 30          | 34         | <0.05       | 639         | 27          | 19.2        | 0.62        | <0.20       | 2           | 42         | 86          |
| pz28 | 1    | 24         | 10.7        | 0.82        | <0.50       | 9.2         | 29          | 19.9        | 23         | <0.05       | 372         | 19.2        | 12.6        | 0.39        | 0.29        | 2.06        | 30         | 70          |
| pz28 | 2    | 25         | 10.7        | 0.85        | <0.50       | 9.5         | 26          | 25          | 26         | <0.05       | 493         | 22          | 16.8        | 0.7         | 0.64        | 2.03        | 31         | 80          |
| pz29 | 1    | 19         | 12.9        | 0.72        | <0.50       | 8.6         | 19.8        | 31          | 25         | <0.05       | 549         | 18.8        | 14.2        | 0.41        | <0.20       | 1.74        | 22         | 75          |
| pz29 | 2    | 35         | 22          | 1.13        | <0.50       | 11          | 35          | 28          | 31         | <0.05       | 459         | 25          | 16.4        | 0.54        | 0.25        | 2.67        | 42         | 86          |
| pz30 | 1    | 11.4       | 4.5         | <0.50       | <0.50       | 5.8         | 13.4        | 12.8        | 17.1       | <0.05       | 283         | 11.8        | 6.6         | 0.24        | <0.20       | 2.78        | 14         | 46          |
| pz30 | 2    | 12         | 3.9         | <0.50       | <0.50       | 5.7         | 12.7        | 10.5        | 15.3       | <0.05       | 271         | 11          | 6.2         | <0.20       | <0.20       | 1.57        | 19.4       | 41          |
| pz31 | 1    | 17.8       | 13.1        | <0.50       | <0.50       | 7.8         | 18.3        | 18.5        | 22         | <0.05       | 400         | 15.5        | 9.9         | <0.20       | <0.20       | 1.74        | 26         | 55          |
| pz31 | 2    | 21         | 7.3         | 0.57        | <0.50       | 8.7         | 23          | 17.4        | 26         | <0.05       | 493         | 18.8        | 9.5         | 0.36        | <0.20       | 1.71        | 33         | 57          |
| pz33 | 1    | 15.7       | 22          | <0.50       | <0.50       | 7.4         | 17.2        | 15.9        | 24         | <0.05       | 461         | 16          | 8.4         | 0.37        | <0.20       | 1.37        | 25         | 51          |
| pz33 | 2    | 23         | 15.7        | <0.50       | <0.50       | 11.4        | 31          | 27          | 31         | <0.05       | 507         | 25          | 13.8        | 0.56        | 0.26        | 1.73        | 41         | 84          |
| pz34 | 1    | 15.1       | 10.5        | <0.50       | <0.50       | 7.4         | 17.5        | 21          | 22         | <0.05       | 398         | 16.4        | 12.6        | 0.29        | <0.20       | 1.32        | 25         | 58          |
| pz34 | 2    | 43         | 47          | 1.18        | 0.7         | 13.3        | 49          | 37          | 37         | 0.06        | 832         | 33          | 22          | 0.84        | 1.49        | 3.15        | 69         | 94          |
| pz35 | 1    | 10.8       | 27          | <0.50       | <0.50       | 5.3         | 11.8        | 19.4        | 18.1       | <0.05       | 317         | 10          | 11.2        | 0.61        | <0.20       | 1.28        | 17.5       | 57          |
| pz35 | 2    | 14.5       | 13.9        | <0.50       | <0.50       | 7.1         | 17.8        | 17.3        | 18.9       | <0.05       | 423         | 17.6        | 9.7         | 0.35        | <0.20       | 1.11        | 23         | 69          |
| pz36 | 1    | 9.8        | 4.6         | <0.50       | <0.50       | 4.6         | 11.5        | 12.3        | 11.5       | <0.05       | 247         | 11.3        | 6.4         | 0.24        | <0.20       | 1.18        | 17.3       | 50          |
| pz36 | 2    | 12.1       | 5.8         | <0.50       | <0.50       | 5.9         | 15.9        | 15.9        | 15.6       | <0.05       | 359         | 16          | 8.3         | 0.48        | <0.20       | 1.04        | 21         | 59          |
| pz37 | 1    | 11.4       | 7.2         | <0.50       | <0.50       | 4.8         | 11.6        | 15.9        | 13.1       | <0.05       | 222         | 11.2        | 9.6         | 0.31        | 0.34        | 1.13        | 18.5       | 52          |
| pz37 | 2    | 10.8       | 18.9        | <0.50       | <0.50       | 6.1         | 11.5        | 16.9        | 18.6       | <0.05       | 335         | 13.4        | 9.3         | 0.37        | 0.49        | 0.89        | 17.4       | 60          |
| pz38 | 1    | 14.1       | 11.3        | <0.50       | <0.50       | 5.7         | 16          | 13.7        | 17.1       | <0.05       | 415         | 13.6        | 7.1         | 0.38        | <0.20       | 1.06        | 25         | 47          |
| pz38 | 2    | 8.1        | 7.1         | <0.50       | <0.50       | 4.3         | 9.7         | 8.9         | 11.6       | <0.05       | 269         | 8.3         | <5.0        | 0.34        | <0.20       | 0.68        | 19.3       | 32          |

**Tabella B-3. La combinazione quantitativa specifica di sabbia, limo e argilla espressa nelle classi tessiturali USDA per i campioni prelevati dall'orizzonte superficiale e profondo. Legenda: Sa (sand ): sabbiosa, LoSa (loamy sand): sabbioso franco, SaLo (sandy loam): franco sabbiosa, Lo (loam): franca, SiLo (silty loam): franco limosa, Si (silt): limosa, SiCILo (silty clay loam): franco limoso argillosa, SiCl (silty clay): argilloso limosa.**

| piezometro | orizzonte superficiale |          |       |       | orizzonte profondo |          |       |        |
|------------|------------------------|----------|-------|-------|--------------------|----------|-------|--------|
|            | sabbia%                | argilla% | limo% | sigla | sabbia%            | argilla% | limo% | sigla  |
| pz01       | 77,8                   | 4,9      | 17,3  | LoSa  | 89,8               | 2,2      | 8,0   | Sa     |
| pz02       | 60,4                   | 5,2      | 34,4  | SaLo  | 24,6               | 6,3      | 69,1  | SiLo   |
| pz03       | 23,6                   | 10,6     | 65,8  | SiLo  | 12,9               | 14,4     | 72,7  | SiLo   |
| pz04       | 28,2                   | 6,9      | 64,9  | SiLo  | 28,8               | 6,9      | 64,3  | SiLo   |
| pz05       | 59,2                   | 10,6     | 30,2  | SaLo  | 11,6               | 19,2     | 69,2  | SiLo   |
| pz06       | 44,2                   | 10,0     | 45,8  | Lo    | 68,3               | 4,7      | 27,0  | SaLo   |
| pz08       | 58,1                   | 5,5      | 36,4  | SaLo  | 16,9               | 16,7     | 66,4  | SiLo   |
| pz09       | 64,0                   | 6,6      | 29,4  | SaLo  | 88,0               | 3,0      | 9,0   | Sa     |
| pz10       | 77,7                   | 6,2      | 16,1  | LoSa  | 43,4               | 9,9      | 46,7  | Lo     |
| pz11       | 67,3                   | 4,7      | 28,0  | SaLo  | 79,4               | 4,4      | 16,2  | LoSa   |
| pz13       | 41,6                   | 13,9     | 44,5  | Lo    | 82,7               | 3,1      | 14,2  | LoSa   |
| pz14       | 49,4                   | 11,7     | 38,9  | Lo    | 23,1               | 18,3     | 58,6  | SiLo   |
| pz15       | 8,8                    | 26,5     | 64,7  | SiLo  | 18,5               | 19,2     | 62,3  | SiLo   |
| pz16       | 68,1                   | 10,3     | 21,6  | SaLo  | 28,3               | 17,5     | 54,2  | SiLo   |
| pz17       | 56,1                   | 7,7      | 36,2  | SaLo  | 84,9               | 2,4      | 12,7  | LoSa   |
| pz18       | 71,7                   | 6,7      | 21,6  | SaLo  | 81,3               | 5,3      | 13,4  | LoSa   |
| pz19       | 52,3                   | 8,0      | 39,7  | Lo    | 61,8               | 5,4      | 32,8  | SaLo   |
| pz20       | 83,5                   | 4,1      | 12,4  | LoSa  | 2,9                | 41,7     | 55,4  | SiCl   |
| pz21       | 29,4                   | 13,4     | 57,2  | SiLo  | 18,5               | 14,9     | 66,6  | SiLo   |
| pz23       | 32,0                   | 8,8      | 59,2  | SiLo  | 31,9               | 19,2     | 48,9  | Lo     |
| pz24       | 55,6                   | 5,6      | 38,9  | SaLo  | 60,4               | 5,0      | 34,6  | SaLo   |
| pz25       | 48,4                   | 6,2      | 45,4  | SaLo  | 34,4               | 7,5      | 58,1  | SiLo   |
| pz26       | 44,6                   | 16,1     | 39,3  | Lo    | 42,9               | 10,5     | 46,6  | Lo     |
| pz27       | 40,9                   | 14,6     | 44,5  | Lo    | 5,0                | 29,3     | 65,7  | SiCILo |
| pz28       | 56,0                   | 12,5     | 31,5  | SaLo  | 8,9                | 24,7     | 66,4  | SiLo   |
| pz29       | 10,1                   | 15,1     | 74,8  | SiLo  | 9,2                | 29,5     | 61,2  | SiCILo |
| pz30       | 60,6                   | 5,6      | 33,8  | SaLo  | 75,3               | 2,8      | 21,9  | LoSa   |
| pz31       | 39,2                   | 6,1      | 54,7  | SiLo  | 23,0               | 13,1     | 63,9  | SiLo   |
| pz33       | 28,9                   | 6,9      | 64,2  | SiLo  | 6,2                | 11,9     | 81,8  | Si     |
| pz34       | 40,8                   | 10,5     | 48,7  | Lo    | 26,5               | 12,3     | 61,2  | SiLo   |
| pz35       | 75,2                   | 3,1      | 21,7  | LoSa  | 8,3                | 18,3     | 73,4  | SiLo   |
| pz36       | 59,8                   | 6,6      | 33,7  | SaLo  | 37,6               | 14,0     | 48,4  | Lo     |
| pz37       | 42,9                   | 17,1     | 40,0  | Lo    | 26,2               | 10,0     | 63,8  | SiLo   |
| pz38       | 36,1                   | 15,2     | 48,7  | Lo    | 73,7               | 2,4      | 23,9  | LoSa   |



**Tabella B-4. Risultati test di cessione.**

| idalina | noriz | Al<br>µg/l | As<br>µg/l | Fe<br>µg/l | Mn<br>µg/l |
|---------|-------|------------|------------|------------|------------|
| pz01    | 1     | 6.4        | 7.5        | 8.2        | 244        |
| pz02    | 2     | 14.6       | 11.5       | 22         | 376        |
| pz03    | 2     | 18.7       | 19.6       | 25         | 447        |
| pz04    | 2     | 10.6       | 6.6        | 19.4       | 390        |
| pz05    | 2     | 40         | 19.9       | 31         | 469        |
| pz06    | 2     | 8.4        | 5.8        | 10.5       | 228        |
| pz08    | 2     | 15         | 8.3        | 15.8       | 355        |
| pz09    | 2     | 6.1        | 5.7        | 6          | 169        |
| pz10    | 2     | 13.3       | 6.1        | 14         | 315        |
| pz11    | 2     | 6.1        | 4.9        | 7.7        | 200        |
| pz13    | 2     | 6.9        | 3.6        | 11.1       | 210        |
| pz14    | 2     | 12.8       | 6.9        | 16.9       | 363        |
| pz15    | 2     | 19         | 5.7        | 15.3       | 318        |
| pz16    | 2     | 13.4       | 8.4        | 14.5       | 316        |
| pz17    | 2     | 11         | 4.6        | 12.9       | 228        |
| pz18    | 2     | 19.1       | 14         | 19.1       | 486        |
| pz19    | 2     | 7.8        | 12.2       | 10.4       | 243        |
| pz20    | 2     | 36         | 18.1       | 28         | 491        |
| pz21    | 2     | 21         | 8.5        | 22         | 412        |
| pz23    | 2     | 15.5       | 9.6        | 18.6       | 284        |
| pz24    | 2     | 10.5       | 6.6        | 14.8       | 334        |
| pz25    | 2     | 15         | 22         | 25         | 452        |
| pz26    | 2     | 14.3       | 2.1        | 14.4       | 320        |
| pz27    | 2     | 29         | 33         | 34         | 639        |
| pz28    | 2     | 25         | 10.7       | 26         | 493        |
| pz29    | 2     | 35         | 22         | 31         | 459        |
| pz30    | 2     | 12         | 3.9        | 15.3       | 271        |
| pz31    | 2     | 21         | 7.3        | 26         | 493        |
| pz33    | 2     | 23         | 15.7       | 31         | 507        |
| pz34    | 2     | 43         | 47         | 37         | 832        |
| pz35    | 2     | 14.5       | 13.9       | 18.9       | 423        |
| pz36    | 2     | 12.1       | 5.8        | 15.6       | 359        |
| pz37    | 2     | 10.8       | 18.9       | 18.6       | 335        |
| pz38    | 2     | 8.1        | 7.1        | 11.6       | 269        |

## Appendice C– Dati acque

Tabella C-1. Parametri determinati in campo sui campioni di acque sotterranee.

| id   | n | data       | T<br>gradi C. | pH<br>pH | CE<br>µS/cm | DO<br>mg/l | ORP<br>mV |
|------|---|------------|---------------|----------|-------------|------------|-----------|
| pz01 | 1 | 01/07/2013 | 15.3          | 7.15     | 530         | 6.8        | -         |
| pz01 | 2 | 01/10/2013 | 16.5          | -        | 530         | 7.3        | -         |
| pz01 | 3 | 21/01/2014 | 13.7          | -        | -           | -          | -         |
| pz01 | 4 | 05/05/2014 | 14.5          | 7.40     | 540         | 7.9        | -22       |
| pz02 | 1 | 01/07/2013 | 15.7          | 7.20     | 640         | 6.0        | -         |
| pz02 | 2 | 01/10/2013 | 15.4          | -        | 610         | 4.8        | -         |
| pz02 | 3 | 21/01/2014 | 12.6          | -        | -           | -          | -         |
| pz02 | 4 | 30/04/2014 | 14.6          | 7.45     | 591         | 6.2        | -48       |
| pz03 | 1 | 03/07/2013 | -             | -        | -           | -          | -         |
| pz03 | 2 | 02/10/2013 | 20.9          | -        | 610         | 2.1        | -         |
| pz03 | 3 | 23/01/2014 | 11.8          | -        | -           | -          | -         |
| pz03 | 4 | 30/04/2014 | 14.5          | 7.40     | 725         | 3.8        | -45       |
| pz04 | 1 | 03/07/2013 | -             | -        | -           | -          | -         |
| pz04 | 2 | 02/10/2013 | 17.7          | -        | 480         | 4.8        | -         |
| pz04 | 3 | 23/01/2014 | 12.6          | -        | -           | 9.5        | -         |
| pz04 | 4 | 30/04/2014 | 15.1          | -        | 485         | 4.8        | -         |
| pz05 | 1 | 01/07/2013 | 17.1          | 6.90     | 920         | 1.5        | -         |
| pz05 | 2 | 01/10/2013 | 18.3          | -        | 885         | 2.4        | -         |
| pz05 | 3 | 21/01/2014 | 15.5          | -        | -           | -          | -         |
| pz05 | 4 | 05/05/2014 | 15.3          | 7.28     | 730         | 2.0        | -26       |
| pz06 | 1 | 01/07/2013 | 17.1          | 6.56     | 805         | 2.6        | -         |
| pz06 | 2 | 01/10/2013 | 19.2          | -        | 730         | 1.9        | -         |
| pz06 | 3 | 21/01/2014 | 14.7          | -        | -           | -          | -         |
| pz06 | 4 | 05/05/2014 | 14.9          | 7.10     | 730         | 2.7        | -6        |
| pz07 | 1 | 01/07/2013 | 14.4          | 7.30     | 738         | 0.1        | -157      |
| pz07 | 2 | 24/09/2013 | -             | -        | -           | -          | -         |
| pz07 | 3 | 23/01/2014 | 11.9          | 7.78     | 607         | 2.5        | 25.6      |
| pz07 | 4 | 05/05/2014 | 14.7          | 7.20     | 850         | -          | -11       |
| pz08 | 1 | 03/07/2013 | -             | -        | -           | -          | -         |
| pz08 | 2 | 02/10/2013 | 17.5          | -        | 695         | 2.3        | -         |
| pz08 | 3 | 23/01/2014 | 12.9          | -        | -           | 8.9        | -         |
| pz08 | 4 | 30/04/2014 | 14.0          | -        | 610         | 1.7        | -         |
| pz09 | 1 | 03/07/2013 | 18.3          | 7.30     | 844         | 0.4        | -151      |
| pz09 | 2 | 24/09/2013 | -             | -        | -           | -          | -         |
| pz09 | 3 | 23/01/2014 | 14.0          | 7.72     | 567         | 1.3        | 9.8       |
| pz09 | 4 | 05/05/2014 | 15.7          | 7.15     | 600         | 1.2        | -10       |
| pz10 | 1 | 03/07/2013 | 18.3          | 7.40     | 753         | 0.6        | -160      |
| pz10 | 2 | 24/09/2013 | -             | -        | -           | -          | -         |
| pz10 | 3 | 23/01/2014 | 15.1          | 7.73     | 574         | 1.0        | -63.1     |
| pz10 | 4 | 05/05/2014 | 16.8          | 7.20     | 598         | 1.9        | -12       |
| pz11 | 1 | 27/06/2013 | 15.6          | 7.18     | 1373        | 0.3        | -76       |
| pz11 | 2 | 23/09/2013 | -             | -        | -           | -          | -         |

| id   | n | data       | T<br>gradi C. | pH<br>pH | CE<br>µS/cm | DO<br>mg/l | ORP<br>mV |
|------|---|------------|---------------|----------|-------------|------------|-----------|
| pz11 | 3 | 23/01/2014 | 12.7          | 7.84     | 1029        | 1.3        | 33.3      |
| pz11 | 4 | 30/04/2014 | 13.5          | -        | 930         | 2.5        | -         |
| pz12 | 1 | 04/07/2013 | 16.5          | 7.40     | 848         | 1.0        | -70       |
| pz12 | 2 | 01/10/2013 | 18.7          | -        | 490         | 7.5        | -         |
| pz12 | 3 | 06/02/2014 | 11.0          | -        | 550         | -          | -         |
| pz12 | 4 | 05/05/2014 | 14.8          | 7.15     | 604         | 2.2        | -10       |
| pz13 | 1 | 27/06/2013 | 14.3          | 7.20     | 894         | 0.3        | -34       |
| pz13 | 3 | 22/01/2014 | 12.7          | 7.45     | 632         | -          | -         |
| pz13 | 4 | 29/04/2014 | 14.2          | -        | 824         | -          | -         |
| pz14 | 1 | 01/07/2013 | 16.4          | 7.30     | 842         | 0.3        | 44        |
| pz14 | 3 | 22/01/2014 | 11.8          | 7.39     | 1185        | -          | -         |
| pz14 | 4 | 06/05/2014 | 14.0          | 7.15     | 919         | 3.2        | -28       |
| pz15 | 1 | 03/07/2013 | 15.5          | 7.00     | 246         | 1.4        | -95       |
| pz15 | 3 | 22/01/2014 | 11.7          | 7.39     | 1411        | -          | -         |
| pz15 | 4 | 29/04/2014 | 15.0          | -        | 1450        | -          | -         |
| pz16 | 1 | 01/07/2013 | 18.2          | 7.50     | 611         | 0.3        | -53       |
| pz16 | 3 | 23/01/2014 | 14.3          | 7.88     | 512         | 1.4        | -34.5     |
| pz16 | 4 | 06/05/2014 | 15.4          | 7.40     | 540         | 2.1        | -22       |
| pz17 | 1 | 27/06/2013 | 16.7          | 7.30     | 888         | -          | -105      |
| pz17 | 3 | 22/01/2014 | 13.8          | 7.76     | 632         | 17.8       | -         |
| pz17 | 4 | 29/04/2014 | 15.6          | -        | 641         | -          | -         |
| pz18 | 1 | 27/06/2013 | 16.0          | 7.18     | 1002        | 0.6        | -105      |
| pz18 | 3 | 22/01/2014 | 14.5          | 7.50     | 807         | 14.1       | -         |
| pz18 | 4 | 06/05/2014 | 14.8          | 7.00     | 895         | 2.0        | -         |
| pz19 | 1 | 01/07/2013 | 18.5          | 7.20     | 860         | 0.4        | -76       |
| pz19 | 3 | 23/01/2014 | 14.1          | 7.56     | 709         | 1.3        | -43.5     |
| pz19 | 4 | 06/05/2014 | 16.1          | 6.98     | 740         | 2.3        | -1        |
| pz20 | 1 | 01/07/2013 | 16.4          | 7.20     | 953         | 0.2        | -110      |
| pz20 | 3 | 27/01/2014 | 16.1          | 7.53     | 823         | 1.1        | -66.5     |
| pz20 | 4 | 06/05/2014 | 16.9          | 7.05     | 853         | 1.5        | -5        |
| pz21 | 1 | 01/07/2013 | 17.4          | 7.20     | 874         | 0.7        | -82       |
| pz21 | 3 | 27/01/2014 | 13.6          | 7.60     | 843         | 1.8        | -26.6     |
| pz21 | 4 | 29/04/2014 | 16.4          | -        | 937         | -          | -         |
| pz22 | 1 | 04/07/2013 | 18.8          | 7.50     | 216         | 2.2        | -77       |
| pz22 | 3 | 29/01/2014 | 12.0          | 7.20     | 975         | 6.7        | -92       |
| pz22 | 4 | 06/05/2014 | 16.5          | 7.20     | 820         | 2.7        | -12       |
| pz23 | 1 | 03/07/2013 | 15.4          | 7.00     | 287         | 0.3        | -71       |
| pz23 | 3 | 27/01/2014 | 13.5          | 7.45     | 192         | 1.8        | -9.5      |
| pz23 | 4 | 06/05/2014 | 14.9          | 6.95     | 2220        | 1.5        | 1         |
| pz24 | 1 | 01/07/2013 | 17.6          | 7.60     | 765         | 0.9        | 158       |
| pz24 | 3 | 27/01/2014 | 17.0          | 7.56     | 938         | 1.2        | 23.9      |
| pz24 | 4 | 29/04/2014 | 17.5          | -        | 1026        | -          | -         |
| pz25 | 1 | 03/07/2013 | 17.3          | 7.36     | 917         | 0.8        | -72       |
| pz25 | 2 | 25/09/2013 | 18.0          | 6.61     | 1135        | 1.5        | 107       |
| pz25 | 3 | 27/01/2014 | 11.5          | 7.86     | 442         | 4.6        | 38.3      |
| pz25 | 4 | 06/05/2014 | 14.2          | 7.06     | 740         | 2.7        | -9        |

| id   | n | data       | T<br>gradi C. | pH<br>pH | CE<br>µS/cm | DO<br>mg/l | ORP<br>mV |
|------|---|------------|---------------|----------|-------------|------------|-----------|
| pz26 | 1 | 03/07/2013 | 18.4          | 7.11     | 1427        | 1.5        | -10       |
| pz26 | 3 | 27/01/2014 | 14.3          | 7.66     | 694         | 2.4        | 31.9      |
| pz26 | 4 | 28/04/2014 | 15.1          | -        | 1182        | -          | -         |
| pz27 | 1 | 02/07/2013 | 18.1          | 7.40     | 432         | -          | 32        |
| pz27 | 2 | 27/09/2013 | 22.8          | 6.78     | 412         | 1.6        | -44       |
| pz27 | 3 | 29/01/2014 | 13.1          | 7.70     | 766         | 6.7        | 80.2      |
| pz27 | 4 | 28/04/2014 | 16.3          | -        | 190         | -          | -         |
| pz28 | 1 | 28/06/2013 | 16.4          | 7.20     | 1302        | 2.0        | -106      |
| pz28 | 2 | 27/09/2013 | 20.2          | 6.45     | 1351        | 1.1        | -48       |
| pz28 | 3 | 29/01/2014 | 13.4          | 7.50     | 1013        | 1.7        | -76.3     |
| pz28 | 4 | 28/04/2014 | 15.0          | -        | 1190        | -          | -         |
| pz29 | 1 | 02/07/2013 | 15.2          | 7.15     | 1151        | 0.9        | -103      |
| pz29 | 3 | 30/01/2014 | 11.5          | 7.69     | 691         | 2.3        | 38.0      |
| pz29 | 4 | 28/04/2014 | 13.3          | -        | 750         | -          | -         |
| pz30 | 1 | 02/07/2013 | 16.2          | 7.60     | 928         | -          | 94        |
| pz30 | 3 | 30/01/2014 | 12.6          | 7.81     | 628         | 3.7        | 47.2      |
| pz30 | 4 | 28/04/2014 | 13.6          | -        | 590         | -          | -         |
| pz31 | 1 | 02/07/2013 | 14.5          | 7.10     | 1128        | 0.2        | -76       |
| pz31 | 2 | 26/09/2013 | -             | -        | -           | -          | -         |
| pz31 | 3 | 30/01/2014 | 11.6          | 7.73     | 745         | 4.1        | 45.6      |
| pz31 | 4 | 28/04/2014 | 14.3          | -        | 870         | -          | -         |
| pz32 | 1 | 02/07/2013 | 15.4          | 7.30     | 805         | 1.7        | -35       |
| pz32 | 3 | 06/02/2014 | 11.6          | 7.59     | -           | 2.2        | 43.8      |
| pz32 | 4 | 28/04/2014 | 13.2          | -        | 758         | -          | -         |
| pz33 | 1 | 28/06/2013 | 15.1          | 7.10     | 151         | 1.5        | -7        |
| pz33 | 3 | 30/01/2014 | 13.6          | 7.36     | 1410        | 1.4        | 3.8       |
| pz33 | 4 | 28/04/2014 | 14.8          | -        | 1430        | -          | -         |
| pz34 | 1 | 28/06/2013 | 16.2          | 7.80     | 398         | 2.2        | -49       |
| pz34 | 3 | 30/01/2014 | 14.0          | 7.73     | 500         | 1.2        | -0.7      |
| pz34 | 4 | 28/04/2014 | 14.8          | -        | 520         | -          | -         |
| pz35 | 2 | 01/10/2013 | 17.4          | -        | 794         | 2.1        | -         |
| pz35 | 3 | 23/01/2014 | 12.9          | -        | -           | 9.8        | -         |
| pz35 | 4 | 30/04/2014 | 14.4          | -        | 735         | 1.7        | -         |
| pz36 | 1 | 27/06/2013 | 15.4          | 7.29     | 842         | 0.2        | -100      |
| pz36 | 3 | 22/01/2014 | 12.5          | 7.57     | -           | -          | -         |
| pz36 | 4 | 29/04/2014 | 14.4          | -        | 691         | -          | -         |
| pz37 | 1 | 27/06/2013 | 15.0          | 7.18     | 918         | 0.2        | -114      |
| pz37 | 3 | 23/01/2014 | 14.0          | 7.66     | 734         | 1.1        | 27        |
| pz37 | 4 | 06/05/2014 | 14.8          | 7.80     | 777         | 1.8        | -6        |
| pz38 | 1 | 02/07/2013 | 16.5          | 7.10     | 988         | 0.4        | 3         |
| pz38 | 2 | 27/09/2013 | 19.7          | 6.50     | 892         | 1.1        | 99        |
| pz38 | 3 | 27/01/2014 | 12.9          | 7.53     | 987         | 1.6        | 34.7      |
| pz38 | 4 | 06/05/2014 | 15.1          | 7.01     | 955         | 1.5        | -2        |
| pz39 | 1 | 02/07/2013 | 16.0          | 7.10     | 1217        | 0.5        | -198      |
| pz39 | 2 | 27/09/2013 | 18.5          | 6.70     | 1182        | 1.5        | -98       |
| pz39 | 3 | 29/01/2014 | 12.6          | 7.30     | 838         | 7.2        | 97.3      |

| id   | n | data       | T<br>gradi C. | pH<br>pH | CE<br>µS/cm | DO<br>mg/l | ORP<br>mV |
|------|---|------------|---------------|----------|-------------|------------|-----------|
| pz39 | 4 | 28/04/2014 | 14.0          | -        | 1105        | -          | -         |
| pz40 | 1 | 03/07/2013 | 16.1          | 7.20     | 1070        | 0.5        | -38       |
| pz40 | 3 | 23/01/2014 | 12.3          | 7.63     | 737         | 1.5        | 24.4      |
| pz40 | 4 | 05/05/2014 | 14.5          | 7.07     | 868         | 2.0        | -5        |
| pz41 | 1 | 03/07/2013 | 18.2          | 7.40     | 751         | 2.3        | 41        |
| pz41 | 3 | 27/01/2014 | 12.2          | 7.65     | 617         | 5.6        | 40.6      |
| pz41 | 4 | 06/05/2014 | 15.0          | 7.20     | 758         | 5.1        | -11       |
| pz42 | 2 | 01/10/2013 | 19.0          | -        | 495         | 2.8        |           |
| pz42 | 4 | 05/05/2014 | 14.5          | 7.00     | 915         | 1.5        | -2        |
| pz43 | 1 | 01/07/2013 | 15.3          | 6.90     | 938         | 3.3        | -         |
| pz43 | 2 | 01/10/2013 | 19.9          | -        | 760         | 5.1        | -         |
| pz43 | 3 | 21/01/2014 | 11.5          | -        | -           | -          | -         |
| pz43 | 4 | 05/05/2014 | 14.1          | 6.95     | 860         | 1.9        | -8        |
| pz44 | 1 | 01/07/2013 | 16.4          | 7.30     | 410         | 1.0        | -         |
| pz44 | 2 | 01/10/2013 | 20.5          | -        | 512         | 2.4        | -         |
| pz44 | 3 | 21/01/2014 | 14.5          | -        | -           | -          | -         |
| pz44 | 4 | 05/05/2014 | 15.5          | 7.45     | 410         | 2.2        | -25       |
| pz45 | 2 | 02/10/2013 | 18.1          | -        | 458         | 3.0        | -         |
| pz45 | 3 | 23/01/2014 | 11.8          | -        | -           | 9.8        | -         |
| pz45 | 4 | 30/04/2014 | 14.0          | -        | 620         | 3.5        | -         |
| pz46 | 2 | 01/10/2013 | 18.3          | -        | 637         | 2.3        | -         |
| pz46 | 3 | 23/01/2014 | 12.0          | -        | -           | 9.6        | -         |
| pz46 | 4 | 05/05/2014 | 14.5          | 7.05     | 1005        | 1.8        | -4        |
| pz47 | 1 | 28/06/2013 | 17.7          | 7.23     | 1017        | 0.5        | -93       |
| pz47 | 3 | 30/01/2014 | 13.4          | 7.60     | 858         | 1.8        | -30.1     |
| pz47 | 4 | 28/04/2014 | 14.5          | -        | 1025        |            | -         |
| pz48 | 2 | 02/10/2013 | -             | -        | 1035        | 2.0        | -         |
| pz48 | 3 | 23/01/2014 | 12.1          | -        | -           | 11.1       | -         |
| pz48 | 4 | 30/04/2014 | 13.0          | -        | 1093        | 2.0        | -         |
| pz49 | 1 | 27/06/2013 | 13.9          | 7.13     | 1229        | 2.0        | -12       |
| pz49 | 3 | 22/01/2014 | 13.0          | 7.40     | 836         | 15.0       | -         |
| pz49 | 4 | 29/04/2014 | 14.4          | -        | 903         | -          | -         |
| pz50 | 1 | 27/06/2013 | 16.2          | 7.01     | 1124        | 0.1        | -112      |

**Tabella C-2. Determinazioni analitiche sui campioni di acque sotterranee.**

| id   | n | data       | pH  | CE    | DO   | TOC  | Cl   | SO4  | NO3  | NH4   | Al   | As   | Fe   | Mn   |
|------|---|------------|-----|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
|      |   |            | pH  | µS/cm | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l  | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| pz01 | 1 | 01/07/2013 | 7.4 | 554   | 8.3  | 0.5  | 6    | 19   | 27   | <0.02 | 3    | <1   | 4    | 2    |
| pz01 | 2 | 01/10/2013 | 7.4 | 532   | 8.7  | 0.6  | 7    | 19   | 29   | <0.02 | 3    | 1    | 6    | <1   |
| pz01 | 3 | 21/01/2014 | 7.3 | 560   | 8.7  | 0.9  | 6    | 19   | 30   | <0.02 | 2    | <1   | <5   | <1   |
| pz01 | 4 | 05/05/2014 | 7.3 | 555   | 8.9  | 0.7  | 7    | 19   | 31   | 0.02  | 3    | 1    | 7    | <1   |
| pz02 | 1 | 01/07/2013 | 7.3 | 628   | 6.0  | 0.5  | 16   | 32   | 31   | <0.02 | 4    | <1   | 8    | 2    |
| pz02 | 2 | 01/10/2013 | 7.3 | 593   | 6.7  | 0.5  | 15   | 30   | 30   | 0.07  | 2    | <1   | <5   | <1   |
| pz02 | 3 | 21/01/2014 | 7.2 | 641   | 5.9  | 0.6  | 34   | 21   | 19   | <0.02 | 1    | <1   | <5   | <1   |
| pz02 | 4 | 30/04/2014 | 7.2 | 590   | 7.3  | 0.6  | 15   | 30   | 31   | <0.02 | 4    | <1   | 15   | 2    |
| pz03 | 1 | 03/07/2013 | 6.9 | 804   | 2.8  | 1.3  | 18   | 59   | <1   | 1.87  | 1    | 5    | 1798 | 159  |
| pz03 | 2 | 02/10/2013 | 6.7 | 948   | 3.4  | 2.5  | 28   | 40   | <1   | 0.11  | 2    | 7    | 1966 | 275  |
| pz03 | 3 | 23/01/2014 | 6.8 | 829   | 7.5  | 2.1  | 10   | 30   | <1   | 0.10  | 5    | 3    | 853  | 267  |
| pz03 | 4 | 30/04/2014 | 6.8 | 951   | 4.4  | 2.4  | 19   | 40   | <1   | 0.08  | 2    | 2    | 1065 | 218  |
| pz04 | 1 | 03/07/2013 | 7.5 | 504   | 3.7  | <0.5 | 6    | 62   | <1   | 0.41  | 2    | <1   | 24   | 19   |
| pz04 | 2 | 02/10/2013 | 7.5 | 542   | 6.2  | <0.5 | 6    | 62   | <1   | <0.02 | 2    | <1   | <5   | <1   |
| pz04 | 3 | 23/01/2014 | 7.5 | 514   | 6.8  | 0.3  | 6    | 63   | <1   | <0.02 | 2    | <1   | 11   | 29   |
| pz04 | 4 | 30/04/2014 | 7.5 | 507   | 5.0  | 0.4  | 6    | 64   | <1   | <0.02 | 2    | <1   | 10   | 5    |
| pz05 | 1 | 01/07/2013 | 7.2 | 880   | 2.2  | 5.0  | 52   | 9    | 1    | 6.80  | 2    | 76   | 2455 | 243  |
| pz05 | 2 | 01/10/2013 | 7.2 | 854   | 5.2  | 9.0  | 46   | 15   | <1   | 12.17 | 19   | 65   | 4171 | 369  |
| pz05 | 3 | 21/01/2014 | 7.1 | 945   | 5.1  | 7.4  | 45   | 38   | <1   | 11.43 | 2    | 57   | 5468 | 495  |
| pz05 | 4 | 05/05/2014 | 7.2 | 741   | 8.4  | 4.9  | 41   | 21   | 1    | 7.00  | 1    | 79   | 2547 | 370  |
| pz06 | 1 | 01/07/2013 | 7.1 | 795   | 2.8  | 1.0  | 11   | 34   | <1   | 0.04  | 11   | 3    | 157  | 202  |
| pz06 | 2 | 01/10/2013 | 7.0 | 718   | 3.4  | 0.9  | 9    | 21   | <1   | 0.19  | 4    | 10   | 410  | 205  |
| pz06 | 3 | 21/01/2014 | 7.0 | 786   | 5.8  | 1.0  | 9    | 29   | 10   | 0.03  | <1   | 3    | 56   | 173  |
| pz06 | 4 | 05/05/2014 | 7.1 | 739   | 5.6  | 0.8  | 8    | 25   | 10   | 0.04  | 12   | 1    | 58   | 174  |
| pz07 | 1 | 01/07/2013 | 7.1 | 742   | 2.5  | 5.7  | 13   | 27   | <1   | 0.61  | 4    | 21   | 2872 | 267  |
| pz07 | 2 | 24/09/2013 | 7.1 | 787   | 0.8  | 2.7  | 17   | 3    | <1   | 2.37  | 3    | 56   | 6238 | 138  |
| pz07 | 3 | 23/01/2014 | 7.1 | 709   | 3.3  | 5.5  | 13   | 59   | <1   | 0.41  | 4    | 3    | 49   | 118  |
| pz07 | 4 | 05/05/2014 | 7.1 | 846   | 3.2  | 3.3  | 22   | 87   | <1   | 0.48  | 1    | 13   | 4542 | 319  |
| pz08 | 1 | 03/07/2013 | 7.2 | 645   | 3.5  | 0.9  | 22   | 5    | <1   | 1.89  | 194  | 14   | 1742 | 399  |
| pz08 | 2 | 02/10/2013 | 7.2 | 743   | 2.5  | 1.1  | 27   | 1    | <1   | 1.50  | 20   | 26   | 1257 | 712  |
| pz08 | 3 | 23/01/2014 | 7.2 | 650   | 5.7  | 0.8  | 20   | 1    | <1   | 1.70  | <1   | 13   | 291  | 201  |
| pz08 | 4 | 30/04/2014 | 7.2 | 631   | 3.8  | 1.1  | 20   | 1    | <1   | 1.63  | 5    | 18   | 761  | 155  |
| pz09 | 1 | 03/07/2013 | 7.1 | 634   | 2.1  | 1.7  | 6    | 10   | <1   | 2.29  | 4    | 40   | 1424 | 132  |
| pz09 | 2 | 24/09/2013 | 7.1 | 720   | 2.1  | 1.7  | 13   | 41   | <1   | 0.75  | <1   | 10   | 929  | 100  |
| pz09 | 3 | 23/01/2014 | 7.1 | 626   | 3.1  | 2.0  | 6    | 5    | <1   | 3.78  | 3    | 25   | 79   | 61   |
| pz09 | 4 | 05/05/2014 | 7.2 | 602   | 3.9  | 1.9  | 5    | 3    | <1   | 4.74  | 1    | 179  | 2202 | 68   |
| pz10 | 1 | 03/07/2013 | 7.2 | 618   | 3.0  | 2.1  | 4    | 2    | <1   | 3.24  | 2    | 162  | 2091 | 56   |
| pz10 | 2 | 24/09/2013 | 7.1 | 553   | 1.5  | 1.6  | 3    | <1   | <1   | 3.67  | 14   | 165  | 2151 | 59   |
| pz10 | 3 | 23/01/2014 | 7.1 | 641   | 3.8  | 1.7  | 8    | 2    | <1   | 2.35  | 4    | 100  | 1995 | 64   |
| pz10 | 4 | 05/05/2014 | 7.2 | 585   | 3.7  | 1.5  | 7    | 2    | <1   | 3.48  | 3    | 115  | 2350 | 69   |
| pz11 | 1 | 27/06/2013 | 7.0 | 1242  | -    | 3.7  | 36   | 351  | 3    | 0.21  | 1    | 5    | 701  | 105  |
| pz11 | 2 | 23/09/2013 | 7.1 | 743   | 1.1  | 4.2  | 12   | 59   | <1   | 1.18  | 13   | 12   | 1595 | 122  |
| pz11 | 3 | 23/01/2014 | 7.2 | 1184  | 3.2  | 4.2  | 21   | 295  | 4    | 0.06  | 1    | <1   | 18   | 34   |
| pz11 | 4 | 30/04/2014 | 7.2 | 1007  | 4.8  | 4.4  | 15   | 219  | 5    | 0.02  | 2    | 1    | 41   | 22   |
| pz12 | 1 | 04/07/2013 | 7.3 | 743   | 5.9  | 3.0  | 13   | 31   | 6    | 0.67  | 13   | 9    | 1463 | 429  |

| id   | n | data       | pH  | CE    | DO   | TOC  | Cl   | SO4  | NO3  | NH4   | Al   | As   | Fe   | Mn   |
|------|---|------------|-----|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
|      |   |            | pH  | µS/cm | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l  | mg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| pz12 | 2 | 01/10/2013 | 7.5 | 498   | 8.5  | 5.0  | 12   | 12   | 17   | <0.02 | 6    | <1   | 7    | <1   |
| pz12 | 3 | 06/02/2014 | 7.4 | 609   | 9.2  | 0.7  | 9    | 22   | 40   | 0.02  | 5    | <1   | 5    | <1   |
| pz12 | 4 | 05/05/2014 | 7.1 | 598   | 2.8  | 3.8  | 13   | 25   | 1    | 0.28  | 8    | 11   | 3423 | 390  |
| pz13 | 1 | 27/06/2013 | 7.0 | 835   | -    | 1.4  | 24   | 44   | <1   | 0.23  | 1    | 3    | 291  | 207  |
| pz13 | 2 | 23/09/2013 | 7.0 | 835   | 1.2  | 1.9  | 31   | 54   | <1   | 0.30  | 1    | 5    | 670  | 153  |
| pz13 | 3 | 22/01/2014 | 7.1 | 742   | 6.4  | 1.3  | 13   | 24   | 1    | 0.04  | 1    | <1   | <5   | 11   |
| pz13 | 4 | 29/04/2014 | 7.0 | 851   | 5.0  | 1.3  | 28   | 53   | 1    | 0.16  | 2    | <1   | 26   | 85   |
| pz14 | 1 | 01/07/2013 | 7.1 | 887   | 3.6  | 1.8  | 39   | 76   | <1   | 0.21  | 1    | 5    | 715  | 124  |
| pz14 | 2 | 23/09/2013 | 7.2 | 727   | 1.5  | 1.1  | 26   | 50   | 3    | 0.03  | 3    | <1   | 11   | 8    |
| pz14 | 3 | 22/01/2014 | 6.9 | 1034  | 1.9  | 1.7  | 36   | 103  | <1   | 0.30  | <1   | 7    | 979  | 110  |
| pz14 | 4 | 06/05/2014 | 6.9 | 1173  | 7.2  | 1.6  | 70   | 60   | 3    | <0.02 | 1    | <1   | 18   | 8    |
| pz15 | 1 | 03/07/2013 | 6.7 | 2533  | 4.0  | 16.6 | 571  | 6    | <1   | 17.40 | 9    | 196  | 3941 | 252  |
| pz15 | 2 | 23/09/2013 | 6.8 | 1952  | 1.3  | 14.2 | 194  | 2    | <1   | 40.50 | 2    | 79   | 4194 | 187  |
| pz15 | 3 | 22/01/2014 | 7.0 | 1356  | 4.9  | 5.3  | 218  | 21   | <1   | 5.32  | 3    | 6    | 16   | 109  |
| pz15 | 4 | 29/04/2014 | 6.9 | 1450  | 3.3  | 4.5  | 284  | 10   | <1   | 7.97  | 5    | 97   | 3149 | 101  |
| pz16 | 1 | 01/07/2013 | 7.3 | 588   | 2.3  | 1.8  | 13   | 16   | 2    | 2.35  | 1    | 18   | 582  | 396  |
| pz16 | 2 | 24/09/2013 | 7.4 | 544   | 5.1  | 1.7  | 19   | 22   | 11   | 0.09  | 16   | 6    | 16   | 15   |
| pz16 | 3 | 23/01/2014 | 7.2 | 578   | 5.9  | 2.1  | 6    | 17   | <1   | 4.93  | 2    | 14   | 721  | 155  |
| pz16 | 4 | 06/05/2014 | 7.2 | 562   | 7.0  | 1.7  | 5    | 11   | <1   | 6.91  | 6    | 11   | 1567 | 124  |
| pz17 | 1 | 27/06/2013 | 7.1 | 799   | -    | 1.6  | 40   | 58   | <1   | 0.69  | 3    | 4    | 417  | 637  |
| pz17 | 2 | 23/09/2013 | 7.3 | 700   | 1.5  | 1.7  | 29   | 49   | <1   | 0.76  | 17   | 4    | 245  | 392  |
| pz17 | 3 | 22/01/2014 | 7.2 | 716   | 2.2  | 1.9  | 26   | 35   | <1   | 0.62  | 1    | 2    | 48   | 393  |
| pz17 | 4 | 29/04/2014 | 7.1 | 659   | 4.1  | 1.4  | 21   | 25   | <1   | 0.68  | 5    | 5    | 512  | 290  |
| pz18 | 1 | 27/06/2013 | 7.0 | 866   | -    | 1.4  | 30   | 52   | <1   | 0.68  | <1   | 2    | 1666 | 131  |
| pz18 | 2 | 23/09/2013 | 7.1 | 734   | 1.7  | 1.3  | 14   | 39   | 7    | 0.03  | 1    | <1   | <5   | 173  |
| pz18 | 3 | 22/01/2014 | 7.0 | 895   | 1.8  | 1.5  | 28   | 58   | <1   | 0.48  | 1    | <1   | 125  | 217  |
| pz18 | 4 | 06/05/2014 | 7.0 | 866   | 7.4  | 1.5  | 31   | 62   | <1   | 0.64  | 2    | 2    | 2166 | 296  |
| pz19 | 1 | 01/07/2013 | 7.0 | 749   | 2.7  | 2.6  | 18   | 2    | <1   | 3.95  | 2    | 30   | 1205 | 175  |
| pz19 | 2 | 25/09/2013 | 7.1 | 762   | 2.2  | 2.3  | 19   | 2    | <1   | 4.50  | 15   | 33   | 1304 | 123  |
| pz19 | 3 | 23/01/2014 | 7.0 | 793   | 5.1  | 2.8  | 18   | 1    | <1   | 4.53  | 1    | 34   | 1748 | 82   |
| pz19 | 4 | 06/05/2014 | 6.9 | 763   | 6.9  | 3.0  | 19   | 1    | <1   | 4.46  | 1    | 33   | 1811 | 83   |
| pz20 | 1 | 01/07/2013 | 7.1 | 838   | 3.2  | 4.6  | 20   | 12   | <1   | 7.90  | 3    | 38   | 1359 | 118  |
| pz20 | 2 | 25/09/2013 | 7.1 | 855   | 2.5  | 4.9  | 20   | 11   | <1   | 8.60  | 2    | 39   | 1355 | 107  |
| pz20 | 3 | 27/01/2014 | 6.9 | 874   | 1.9  | 6.3  | 16   | 2    | <1   | 9.60  | 2    | 45   | 1655 | 89   |
| pz20 | 4 | 06/05/2014 | 7.0 | 863   | 6.8  | 5.2  | 24   | 13   | <1   | 8.70  | 6    | 40   | 1540 | 223  |
| pz21 | 1 | 01/07/2013 | 7.4 | 573   | 3.1  | 3.0  | 15   | 17   | 4    | 2.25  | 2    | 50   | 1093 | 365  |
| pz21 | 2 | 25/09/2013 | 7.0 | 864   | 2.5  | 4.6  | 19   | 11   | <1   | 5.40  | 73   | 102  | 2208 | 646  |
| pz21 | 3 | 27/01/2014 | 6.9 | 956   | 1.9  | 4.2  | 21   | 42   | <1   | 1.62  | 2    | 24   | 1837 | 431  |
| pz21 | 4 | 29/04/2014 | 6.9 | 911   | 7.4  | 3.8  | 21   | <1   | <1   | 3.24  | 5    | 87   | 3943 | 440  |
| pz22 | 1 | 04/07/2013 | 7.3 | 830   | 5.6  | 1.3  | 32   | 36   | <1   | 0.79  | 121  | 26   | 2035 | 257  |
| pz22 | 2 | 30/09/2013 | 7.2 | 855   | 4.6  | 1.8  | 56   | 16   | <1   | 0.19  | 1    | 9    | 192  | 239  |
| pz22 | 3 | 29/01/2014 | 7.2 | 808   | 6.0  | 1.8  | 31   | 33   | <1   | 0.72  | 2    | 13   | 14   | 238  |
| pz22 | 4 | 06/05/2014 | 7.1 | 835   | 7.6  | 1.3  | 32   | 34   | <1   | 0.73  | 3    | 26   | 1813 | 243  |
| pz23 | 1 | 03/07/2013 | 6.8 | 2030  | 2.3  | 1.7  | 476  | 32   | <1   | 0.46  | 2    | 7    | 1987 | 540  |
| pz23 | 2 | 25/09/2013 | 6.9 | 1874  | 2.4  | 1.3  | 431  | 37   | <1   | 1.06  | 20   | 14   | 3035 | 547  |
| pz23 | 3 | 27/01/2014 | 6.8 | 2183  | 3.6  | 1.4  | 492  | 31   | 1    | 0.79  | 1    | 4    | 1474 | 497  |

| id   | n | data       | pH  | CE    | DO   | TOC  | Cl   | SO4  | NO3  | NH4   | Al   | As   | Fe    | Mn   |
|------|---|------------|-----|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|
|      |   |            | pH  | µS/cm | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l  | mg/l | µg/l | µg/l  | µg/l |
| pz23 | 4 | 06/05/2014 | 6.9 | 2166  | 7.3  | 1.3  | 543  | 35   | <1   | 0.95  | <1   | 2    | 1641  | 521  |
| pz24 | 1 | 01/07/2013 | 7.4 | 682   | 3.0  | 1.8  | 24   | 22   | 7    | 0.77  | 4    | 6    | 10    | 366  |
| pz24 | 2 | 25/09/2013 | 7.2 | 864   | 2.7  | 1.3  | 70   | 38   | 21   | 1.18  | 15   | 8    | 15    | 139  |
| pz24 | 3 | 27/01/2014 | 7.0 | 942   | 4.1  | 2.3  | 49   | 42   | 12   | 1.10  | 2    | 9    | 13    | 229  |
| pz24 | 4 | 29/04/2014 | 7.0 | 998   | 4.9  | 1.4  | 61   | 54   | 6    | 1.33  | 2    | 9    | 14    | 358  |
| pz25 | 1 | 03/07/2013 | 7.0 | 609   | 3.3  | 2.0  | 31   | 19   | <1   | 0.10  | 2    | 4    | 266   | 441  |
| pz25 | 2 | 25/09/2013 | 7.1 | 1005  | 2.4  | 0.8  | 27   | 116  | <1   | 0.16  | 13   | 4    | 26    | 735  |
| pz25 | 3 | 27/01/2014 | 7.2 | 540   | 7.0  | 3.5  | 8    | 12   | 1    | <0.02 | 31   | <1   | 33    | 6    |
| pz25 | 4 | 06/05/2014 | 7.0 | 754   | 6.8  | 1.8  | 20   | 37   | <1   | 0.11  | 18   | 2    | 135   | 584  |
| pz26 | 1 | 03/07/2013 | 6.8 | 1037  | 2.6  | 1.8  | 13   | 144  | 37   | 0.04  | 1    | 1    | 329   | 1190 |
| pz26 | 2 | 25/09/2013 | 7.0 | 985   | 3.0  | 1.4  | 13   | 115  | 34   | 0.04  | 1    | 1    | 259   | 1139 |
| pz26 | 3 | 27/01/2014 | 6.9 | 850   | 2.2  | 1.4  | 9    | 80   | 18   | 0.02  | 2    | <1   | 57    | 921  |
| pz26 | 4 | 28/04/2014 | 6.8 | 1172  | 4.4  | 1.9  | 11   | 205  | 39   | 0.13  | 2    | 1    | 267   | 1274 |
| pz27 | 1 | 02/07/2013 | 7.2 | 446   | 2.0  | 5.8  | 4    | 11   | 1    | 0.11  | 6    | 1    | 15    | 144  |
| pz27 | 2 | 27/09/2013 | 7.3 | 427   | 1.8  | 5.5  | 4    | 9    | <1   | 0.47  | 6    | 11   | 805   | 240  |
| pz27 | 3 | 29/01/2014 | 7.7 | 170   | 7.9  | 2.7  | 2    | 4    | <1   | <0.02 | 11   | 1    | 7     | 2    |
| pz27 | 4 | 28/04/2014 | 7.5 | 233   | 6.5  | 8.6  | 3    | 11   | 2    | 0.04  | 16   | 1    | 11    | 19   |
| pz28 | 1 | 28/06/2013 | 7.0 | 1147  | 4.3  | 5.4  | 61   | 8    | <1   | 15.70 | 3    | 52   | 2108  | 136  |
| pz28 | 2 | 27/09/2013 | 6.9 | 1179  | 0.9  | 6.7  | 58   | 4    | <1   | 14.70 | 2    | 52   | 3167  | 198  |
| pz28 | 3 | 29/01/2014 | 7.7 | 1052  | 3.8  | 6.9  | 64   | 6    | <1   | 10.68 | 2    | 68   | 2152  | 74   |
| pz28 | 4 | 28/04/2014 | 6.8 | 1168  | 4.2  | 6.5  | 66   | 4    | <1   | 18.32 | 4    | 48   | 2931  | 67   |
| pz29 | 1 | 02/07/2013 | 6.9 | 921   | 2.7  | 2.8  | 50   | 34   | <1   | 1.59  | 2    | 88   | 3781  | 298  |
| pz29 | 2 | 27/09/2013 | 7.1 | 877   | 1.6  | 2.8  | 34   | 35   | <1   | 0.53  | 2    | 20   | 1522  | 397  |
| pz29 | 3 | 30/01/2014 | 7.0 | 817   | 6.5  | 2.5  | 39   | 23   | 1    | 0.92  | 1    | 8    | 82    | 211  |
| pz29 | 4 | 28/04/2014 | 7.0 | 758   | 3.6  | 2.2  | 43   | 19   | 3    | 0.32  | 1    | 5    | 46    | 120  |
| pz30 | 1 | 02/07/2013 | 7.3 | 813   | 2.4  | 3.7  | 36   | 65   | 26   | 0.11  | 3    | 1    | 5     | 131  |
| pz30 | 2 | 26/09/2013 | 7.3 | 640   | 2.4  | 2.2  | 14   | 32   | <1   | 0.10  | 14   | <1   | 18    | 163  |
| pz30 | 3 | 30/01/2014 | 7.2 | 727   | 7.5  | 7.9  | 8    | 23   | 2    | 0.05  | 2    | <1   | 8     | 310  |
| pz30 | 4 | 28/04/2014 | 7.4 | 602   | 5.7  | 0.9  | 7    | 19   | 1    | 0.04  | 2    | <1   | <5    | 1    |
| pz31 | 1 | 02/07/2013 | 7.0 | 993   | 7.1  | 3.3  | 31   | 155  | <1   | 1.64  | <1   | 56   | 5186  | 152  |
| pz31 | 2 | 26/09/2013 | 6.9 | 1008  | 0.7  | 5.6  | 29   | 41   | <1   | 5.68  | 3    | 71   | 4100  | 135  |
| pz31 | 3 | 30/01/2014 | 7.0 | 861   | 5.2  | 1.6  | 10   | 158  | 1    | 0.02  | 2    | 1    | 38    | 51   |
| pz31 | 4 | 28/04/2014 | 7.0 | 858   | 4.1  | 1.3  | 12   | 160  | 1    | 0.02  | 1    | 2    | 7     | 35   |
| pz32 | 1 | 02/07/2013 | 7.1 | 721   | 2.1  | 1.1  | 24   | 24   | 3    | 0.10  | <1   | 5    | 6     | 44   |
| pz32 | 2 | 30/09/2013 | 7.1 | 859   | 2.1  | 1.2  | 31   | 38   | <1   | 0.73  | 1    | 19   | 264   | 61   |
| pz32 | 3 | 06/02/2014 | 7.2 | 630   | 3.8  | 2.3  | 13   | 17   | 4    | 0.04  | 5    | 3    | 10    | 8    |
| pz32 | 4 | 28/04/2014 | 7.1 | 762   | 5.0  | 1.9  | 36   | 20   | 1    | 0.15  | 6    | 3    | 28    | 106  |
| pz33 | 1 | 28/06/2013 | 6.9 | 125.3 | 3.9  | 5.8  | 105  | 115  | 2    | 6.20  | 4    | 3    | 413   | 281  |
| pz33 | 2 | 26/09/2013 | 6.7 | 1310  | 1.3  | 6.2  | 72   | 8    | <1   | 14.25 | 3    | 22   | 10347 | 702  |
| pz33 | 3 | 30/01/2014 | 6.8 | 1551  | 6.8  | 7.4  | 103  | 118  | 4    | 7.04  | 2    | 3    | 1022  | 347  |
| pz33 | 4 | 28/04/2014 | 6.7 | 1377  | 3.0  | 5.6  | 77   | 31   | <1   | 15.46 | 2    | 21   | 22077 | 607  |
| pz34 | 1 | 28/06/2013 | 7.2 | 534   | 2.3  | 1.5  | 21   | 16   | 1    | 0.22  | 1    | 8    | 269   | 273  |
| pz34 | 2 | 26/09/2013 | 7.5 | 458   | 1.2  | 1.7  | 25   | 14   | <1   | 0.08  | 2    | 15   | 260   | 176  |
| pz34 | 3 | 30/01/2014 | 7.1 | 548   | 4.9  | 2.3  | 10   | 17   | 2    | 0.18  | 1    | 9    | 318   | 285  |
| pz34 | 4 | 28/04/2014 | 7.2 | 572   | 4.2  | 1.6  | 10   | 16   | 1    | 0.27  | 1    | 10   | 449   | 298  |
| pz35 | 1 | 03/07/2013 | 7.0 | 803   | 2.3  | 6.7  | 6    | <1   | <1   | 23.40 | 3    | 6    | 1102  | 117  |



| id   | n | data       | pH  | CE    | DO   | TOC  | Cl   | SO4  | NO3  | NH4   | Al   | As   | Fe    | Mn   |
|------|---|------------|-----|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|
|      |   |            | pH  | µS/cm | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l  | mg/l | µg/l | µg/l  | µg/l |
| pz35 | 2 | 01/10/2013 | 7.2 | 777   | 2.3  | 5.6  | 3    | 2    | <1   | 21.34 | 224  | 11   | 1862  | 114  |
| pz35 | 3 | 23/01/2014 | 6.9 | 794   | 5.1  | 1.1  | 27   | 8    | 5    | 1.89  | 2    | <1   | 13    | 266  |
| pz35 | 4 | 30/04/2014 | 6.9 | 745   | 4.1  | 1.4  | 21   | 8    | 3    | 4.50  | 1    | <1   | 58    | 418  |
| pz36 | 1 | 27/06/2013 | 7.1 | 752   | -    | 1.5  | 25   | 25   | <1   | 1.71  | 2    | 21   | 1102  | 124  |
| pz36 | 2 | 23/09/2013 | 7.2 | 809   | 1.1  | 1.7  | 29   | 46   | <1   | 0.60  | 2    | 8    | 1030  | 128  |
| pz36 | 3 | 22/01/2014 | 7.1 | 685   | 1.3  | 3.6  | 9    | 5    | <1   | 1.88  | 3    | 14   | 1365  | 58   |
| pz36 | 4 | 29/04/2014 | 7.0 | 718   | 3.6  | 2.4  | 14   | 17   | <1   | 2.81  | 3    | 49   | 3283  | 110  |
| pz37 | 1 | 27/06/2013 | 7.0 | 789   | -    | 2.7  | 10   | 5    | <1   | 7.82  | 2    | 60   | 1871  | 74   |
| pz37 | 2 | 24/09/2013 | 7.1 | 803   | 1.3  | 1.9  | 8    | 5    | <1   | 5.91  | 4    | 10   | 1841  | 173  |
| pz37 | 3 | 23/01/2014 | 7.0 | 817   | 3.4  | 1.9  | 6    | 16   | 3    | 0.43  | 2    | 2    | 11    | 80   |
| pz37 | 4 | 06/05/2014 | 6.9 | 790   | 6.7  | 2.4  | 10   | 4    | <1   | 6.38  | 1    | 63   | 2812  | 107  |
| pz38 | 1 | 02/07/2013 | 6.9 | 883   | 2.4  | 1.5  | 54   | 29   | <1   | 0.04  | 4    | 1    | 98    | 937  |
| pz38 | 2 | 27/09/2013 | 7.0 | 791   | 1.7  | 1.3  | 45   | 11   | <1   | 0.12  | 2    | 1    | 39    | 707  |
| pz38 | 3 | 27/01/2014 | 6.9 | 1156  | 2.5  | 3.2  | 54   | 77   | 1    | 0.03  | 2    | <1   | 48    | 746  |
| pz38 | 4 | 06/05/2014 | 6.9 | 956   | 6.7  | 2.1  | 47   | 50   | <1   | 0.04  | 1    | <1   | 138   | 905  |
| pz39 | 1 | 02/07/2013 | 7.0 | 1020  | 2.1  | 2.2  | 49   | 6    | <1   | 1.36  | 2    | 195  | 5898  | 527  |
| pz39 | 2 | 27/09/2013 | 7.1 | 1082  | 1.5  | 2.2  | 65   | 2    | <1   | 1.21  | 1    | 240  | 6237  | 318  |
| pz39 | 3 | 29/01/2014 | 6.9 | 1221  | 2.0  | 5.0  | 63   | 59   | <1   | 0.52  | 7    | 41   | 2539  | 762  |
| pz39 | 4 | 28/04/2014 | 7.0 | 1067  | 3.5  | 2.4  | 64   | 2    | <1   | 1.04  | 1    | 420  | 10799 | 285  |
| pz40 | 1 | 03/07/2013 | 7.0 | 774   | 3.4  | 1.6  | 22   | 50   | 2    | 1.30  | 1    | 22   | 125   | 231  |
| pz40 | 2 | 24/09/2013 | 7.1 | 715   | 1.6  | 1.2  | 18   | 51   | <1   | 1.40  | 1    | 104  | 832   | 170  |
| pz40 | 3 | 23/01/2014 | 7.0 | 854   | 3.7  | 1.9  | 22   | 73   | <1   | 1.10  | 3    | 21   | 152   | 199  |
| pz40 | 4 | 05/05/2014 | 7.0 | 881   | 5.8  | 1.3  | 25   | 82   | <1   | 1.40  | 3    | 21   | 102   | 342  |
| pz41 | 1 | 03/07/2013 | 7.2 | 693   | 5.4  | 0.9  | 40   | 27   | 15   | 1.17  | 1    | <1   | <5    | 2    |
| pz41 | 2 | 25/09/2013 | 7.2 | 774   | 2.6  | 1.1  | 68   | 29   | 9    | 0.14  | 5    | 2    | 10    | 57   |
| pz41 | 3 | 27/01/2014 | 7.1 | 730   | 7.0  | 1.0  | 20   | 29   | 50   | <0.02 | 3    | <1   | 5     | 9    |
| pz41 | 4 | 06/05/2014 | 7.1 | 776   | 7.9  | 1.7  | 19   | 29   | 113  | 0.04  | 2    | <1   | 25    | 28   |
| pz42 | 1 | 03/07/2013 | 7.0 | 714   | 2.0  | 2.3  | 41   | 14   | <1   | 3.17  | 1    | 11   | 1584  | 175  |
| pz42 | 2 | 01/10/2013 | 7.3 | 520   | 3.1  | 1.5  | 22   | 7    | <1   | 3.74  | 2    | 19   | 1047  | 68   |
| pz42 | 3 | 21/01/2014 | 7.0 | 856   | 4.9  | 1.9  | 28   | 35   | <1   | 2.13  | 2    | 4    | 206   | 525  |
| pz42 | 4 | 05/05/2014 | 7.0 | 976   | 3.8  | 2.9  | 76   | 41   | <1   | 16.11 | 2    | 10   | 2179  | 255  |
| pz43 | 1 | 01/07/2013 | 7.0 | 909   | 3.1  | 3.4  | 27   | 157  | <1   | 0.37  | 4    | 14   | 5233  | 212  |
| pz43 | 2 | 01/10/2013 | 7.0 | 760   | 3.8  | 4.7  | 4    | 55   | 2    | 0.06  | 1    | 82   | 4472  | 233  |
| pz43 | 3 | 21/01/2014 | 6.9 | 911   | 7.2  | 3.7  | 26   | 99   | <1   | 0.36  | 8    | 2    | 29    | 192  |
| pz43 | 4 | 05/05/2014 | 7.0 | 883   | 5.8  | 6.0  | 17   | 92   | <1   | 0.36  | 1    | 18   | 4182  | 189  |
| pz44 | 1 | 01/07/2013 | 7.5 | 437   | 2.4  | 0.9  | 2    | 3    | <1   | 1.65  | 1    | 73   | 1293  | 49   |
| pz44 | 2 | 01/10/2013 | 7.2 | 560   | 2.8  | 1.3  | 12   | 8    | <1   | 1.73  | 1    | 10   | 380   | 88   |
| pz44 | 3 | 21/01/2014 | 7.3 | 485   | 3.3  | 1.1  | 4    | 5    | <1   | 1.79  | 5    | 70   | 1583  | 67   |
| pz44 | 4 | 05/05/2014 | 7.4 | 416   | 3.4  | 1.3  | 2    | 2    | <1   | 1.75  | 1    | 80   | 1434  | 41   |
| pz45 | 1 | 03/07/2013 | 7.2 | 630   | 4.4  | 2.6  | 13   | 4    | <1   | 5.32  | 2    | 35   | 2881  | 209  |
| pz45 | 2 | 02/10/2013 | 7.3 | 487   | 3.7  | 1.6  | 47   | 5    | <1   | 0.16  | 1    | 3    | 29    | 19   |
| pz45 | 3 | 23/01/2014 | 7.1 | 655   | 6.3  | 2.7  | 11   | 1    | <1   | 7.76  | 1    | 29   | 2048  | 57   |
| pz45 | 4 | 30/04/2014 | 7.2 | 631   | 3.4  | 2.8  | 12   | 1    | <1   | 6.64  | 2    | 30   | 3031  | 134  |
| pz46 | 1 | 03/07/2013 | 7.0 | 951   | 2.0  | 1.6  | 40   | 48   | 1    | 2.26  | 7    | 32   | 3248  | 70   |
| pz46 | 2 | 01/10/2013 | 7.2 | 649   | 3.7  | 1.4  | 22   | 20   | <1   | 1.72  | 1    | 29   | 1822  | 44   |
| pz46 | 3 | 23/01/2014 | 7.1 | 812   | 3.4  | 1.5  | 36   | 22   | <1   | 2.39  | 1    | 26   | 2392  | 50   |

| id   | n | data       | pH  | CE    | DO   | TOC  | Cl   | SO4  | NO3  | NH4   | Al   | As   | Fe   | Mn   |
|------|---|------------|-----|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
|      |   |            | pH  | µS/cm | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l  | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| pz46 | 4 | 05/05/2014 | 7.0 | 1029  | 4.8  | 1.8  | 71   | 96   | <1   | 1.94  | 2    | 27   | 2844 | 75   |
| pz47 | 1 | 28/06/2013 | 6.8 | 955   | 2.7  | 2.2  | 61   | 3    | 1    | 11.20 | 1    | <1   | 3536 | 331  |
| pz47 | 2 | 26/09/2013 | 6.9 | 937   | 1.0  | 2.1  | 48   | 2    | <1   | 9.80  | 1    | <1   | 2862 | 325  |
| pz47 | 3 | 30/01/2014 | 6.9 | 951   | 3.5  | 2.6  | 55   | <1   | <1   | 7.14  | <1   | <1   | 1885 | 274  |
| pz47 | 4 | 28/04/2014 | 6.8 | 994   | 4.7  | 2.3  | 64   | <1   | <1   | 12.45 | 2    | <1   | 4921 | 413  |
| pz48 | 1 | 03/07/2013 | 7.0 | 1079  | 4.4  | 3.7  | 71   | 102  | <1   | 5.57  | 2    | 3    | 1630 | 151  |
| pz48 | 2 | 02/10/2013 | 6.9 | 1028  | 2.1  | 6.5  | 25   | 13   | <1   | 10.63 | 22   | 5    | 1194 | 72   |
| pz48 | 3 | 23/01/2014 | 7.0 | 1178  | 3.6  | 2.7  | 84   | 142  | <1   | 4.88  | 12   | 5    | 2164 | 179  |
| pz48 | 4 | 30/04/2014 | 7.0 | 1110  | 3.3  | 4.0  | 75   | 72   | <1   | 6.77  | 3    | 3    | 1656 | 119  |
| pz49 | 1 | 27/06/2013 | 6.8 | 1100  | -    | 2.3  | 72   | 77   | <1   | 1.36  | 4    | <1   | 72   | 286  |
| pz49 | 2 | 24/09/2013 | 7.0 | 1020  | 1.4  | 3.5  | 49   | 26   | <1   | 4.15  | 12   | 22   | 5588 | 166  |
| pz49 | 3 | 22/01/2014 | 7.0 | 967   | 2.9  | 3.0  | 15   | 53   | 4    | 0.26  | 2    | 1    | 73   | 41   |
| pz49 | 4 | 29/04/2014 | 6.9 | 917   | 5.3  | 2.1  | 14   | 52   | 4    | 0.31  | 2    | <1   | 144  | 79   |
| pz50 | 1 | 27/06/2013 | 6.8 | 1370  | -    | 5.8  | 22   | 224  | <1   | 3.13  | 3    | 10   | 2344 | 198  |
| pz50 | 2 | 23/09/2013 | 7.1 | 784   | 1.2  | 2.8  | 28   | 45   | <1   | 0.80  | 13   | 30   | 1089 | 355  |

## Appendice D – Confronto valori misurati nelle diverse matrici: suolo, eluato e acque sotterranee

Tabella D-1. Concentrazione di alluminio misurate nel campione di suolo prelevato nell'orizzonte profondo, nell'eluato e nei quattro campioni di acque sotterranee.

| piezometro | parametro | suolo<br>g/kg | eluato<br>µg/l | acqua 1<br>µg/l | acqua 2<br>µg/l | acqua 3<br>µg/l | acqua 4<br>µg/l |
|------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| pz01       | Al        | 6.4           | 3              | 3               | 3               | 2               | 3               |
| pz02       | Al        | 14.6          | 7              | 4               | 2               | 1               | 4               |
| pz03       | Al        | 18.7          | 4              | 1               | 2               | 5               | 2               |
| pz04       | Al        | 10.6          | 22             | 2               | 2               | 2               | 2               |
| pz05       | Al        | 40            | 9              | 2               | 19              | 2               | 1               |
| pz06       | Al        | 8.4           | 8              | 11              | 4               | <1              | 12              |
| pz08       | Al        | 15            | 8              | 194             | 20              | <1              | 5               |
| pz09       | Al        | 6.1           | 7              | 4               | <1              | 3               | 1               |
| pz10       | Al        | 13.3          | 9              | 2               | 14              | 4               | 3               |
| pz11       | Al        | 6.1           | 6              | 1               | 13              | 1               | 2               |
| pz13       | Al        | 6.9           | 7              | 1               | 1               | 1               | 2               |
| pz14       | Al        | 12.8          | 4              | 1               | 3               | <1              | 1               |
| pz15       | Al        | 19            | 5              | 9               | 2               | 3               | 5               |
| pz16       | Al        | 13.4          | 9              | 1               | 16              | 2               | 6               |
| pz17       | Al        | 11            | 6              | 3               | 17              | 1               | 5               |
| pz18       | Al        | 19.1          | 4              | <1              | 1               | 1               | 2               |
| pz19       | Al        | 7.8           | 4              | 2               | 15              | 1               | 1               |
| pz20       | Al        | 36            | 4              | 3               | 2               | 2               | 6               |
| pz21       | Al        | 21            | 4              | 2               | 73              | 2               | 5               |
| pz23       | Al        | 15.5          | 7              | 2               | 20              | 1               | <1              |
| pz24       | Al        | 10.5          | 6              | 4               | 15              | 2               | 2               |
| pz25       | Al        | 15            | 3              | 2               | 13              | 31              | 18              |
| pz26       | Al        | 14.3          | 2              | 1               | 1               | 2               | 2               |
| pz27       | Al        | 29            | 2              | 6               | 6               | 11              | 16              |
| pz28       | Al        | 25            | 4              | 3               | 2               | 2               | 4               |
| pz29       | Al        | 35            | 2              | 2               | 2               | 1               | 1               |
| pz30       | Al        | 12            | 3              | 3               | 14              | 2               | 2               |
| pz31       | Al        | 21            | 3              | <1              | 3               | 2               | 1               |
| pz33       | Al        | 23            | 3              | 4               | 3               | 2               | 2               |
| pz34       | Al        | 43            | 7              | 1               | 2               | 1               | 1               |
| pz35       | Al        | 14.5          | 3              | 3               | 224             | 2               | 1               |
| pz36       | Al        | 12.1          | 3              | 2               | 2               | 3               | 3               |
| pz37       | Al        | 10.8          | 4              | 2               | 4               | 2               | 1               |
| pz38       | Al        | 8.1           | 2              | 4               | 2               | 2               | 1               |

**Tabella D-2. Concentrazione di arsenico misurate nel campione di suolo prelevato nell'orizzonte profondo, nell'eluato e nei quattro campioni di acque sotterranee.**

| piezometro | parametro | suolo<br>mg/kg | eluato<br>µg/l | acqua 1<br>µg/l | acqua 2<br>µg/l | acqua 3<br>µg/l | acqua 4<br>µg/l |
|------------|-----------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| pz01       | As        | 7.5            | 2              | <1              | 1               | <1              | 1               |
| pz02       | As        | 11.5           | 4              | <1              | <1              | <1              | <1              |
| pz03       | As        | 19.6           | 6              | 5               | 7               | 3               | 2               |
| pz04       | As        | 6.6            | 3              | <1              | <1              | <1              | <1              |
| pz05       | As        | 19.9           | 8              | 76              | 65              | 57              | 79              |
| pz06       | As        | 5.8            | 2              | 3               | 10              | 3               | 1               |
| pz08       | As        | 8.3            | 6              | 14              | 26              | 13              | 18              |
| pz09       | As        | 5.7            | 3              | 40              | 10              | 25              | 179             |
| pz10       | As        | 6.1            | 4              | 162             | 165             | 100             | 115             |
| pz11       | As        | 4.9            | 4              | 5               | 12              | <1              | 1               |
| pz13       | As        | 3.6            | <1             | 3               | 5               | <1              | <1              |
| pz14       | As        | 6.9            | 2              | 5               | <1              | 7               | <1              |
| pz15       | As        | 5.7            | 1              | 196             | 79              | 6               | 97              |
| pz16       | As        | 8.4            | 5              | 18              | 6               | 14              | 11              |
| pz17       | As        | 4.6            | <1             | 4               | 4               | 2               | 5               |
| pz18       | As        | 14             | 1              | 2               | <1              | <1              | 2               |
| pz19       | As        | 12.2           | 8              | 30              | 33              | 34              | 33              |
| pz20       | As        | 18.1           | 6              | 38              | 39              | 45              | 40              |
| pz21       | As        | 8.5            | 7              | 50              | 102             | 24              | 87              |
| pz23       | As        | 9.6            | 7              | 7               | 14              | 4               | 2               |
| pz24       | As        | 6.6            | 9              | 6               | 8               | 9               | 9               |
| pz25       | As        | 22             | <1             | 4               | 4               | <1              | 2               |
| pz26       | As        | 2.1            | <1             | 1               | 1               | <1              | 1               |
| pz27       | As        | 33             | <1             | 1               | 11              | 1               | 1               |
| pz28       | As        | 10.7           | 3              | 52              | 52              | 68              | 48              |
| pz29       | As        | 22             | <1             | 88              | 20              | 8               | 5               |
| pz30       | As        | 3.9            | <1             | 1               | <1              | <1              | <1              |
| pz31       | As        | 7.3            | 4              | 56              | 71              | 1               | 2               |
| pz33       | As        | 15.7           | 9              | 3               | 22              | 3               | 21              |
| pz34       | As        | 47             | 6              | 8               | 15              | 9               | 10              |
| pz35       | As        | 13.9           | 8              | 6               | 11              | <1              | <1              |
| pz36       | As        | 5.8            | 3              | 21              | 8               | 14              | 49              |
| pz37       | As        | 18.9           | 6              | 60              | 10              | 2               | 63              |
| pz38       | As        | 7.1            | <1             | 1               | 1               | <1              | <1              |

**Tabella D-3. Concentrazione di ferro misurate nel campione di suolo prelevato nell'orizzonte profondo, nell'eluato e nei quattro campioni di acque sotterranee.**

| piezometro | parametro | suolo<br>g/kg | eluato<br>µg/l | acqua 1<br>µg/l | acqua 2<br>µg/l | acqua 3<br>µg/l | acqua 4<br>µg/l |
|------------|-----------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| pz01       | Fe        | 8.2           | <5             | <5              | 6               | <5              | 7               |
| pz02       | Fe        | 22            | 7              | 8               | <5              | <5              | 15              |
| pz03       | Fe        | 25            | 5              | 1798            | 1966            | 853             | 1065            |
| pz04       | Fe        | 19.4          | 59             | 24              | <5              | 11              | 10              |
| pz05       | Fe        | 31            | 28             | 2455            | 4171            | 5468            | 2547            |
| pz06       | Fe        | 10.5          | 10             | 157             | 410             | 56              | 58              |
| pz08       | Fe        | 15.8          | 9              | 1742            | 1257            | 291             | 761             |
| pz09       | Fe        | 6             | 6              | 1424            | 929             | 79              | 2202            |
| pz10       | Fe        | 14            | 28             | 2091            | 2151            | 1995            | 2350            |
| pz11       | Fe        | 7.7           | <5             | 701             | 1595            | 18              | 41              |
| pz13       | Fe        | 11.1          | <5             | 291             | 670             | <5              | 26              |
| pz14       | Fe        | 16.9          | <5             | 715             | 11              | 979             | 18              |
| pz15       | Fe        | 15.3          | <5             | 3941            | 4194            | 16              | 3149            |
| pz16       | Fe        | 14.5          | 11             | 582             | 16              | 721             | 1567            |
| pz17       | Fe        | 12.9          | <5             | 417             | 245             | 48              | 512             |
| pz18       | Fe        | 19.1          | <5             | 1666            | <5              | 125             | 2166            |
| pz19       | Fe        | 10.4          | 7              | 1205            | 1304            | 1748            | 1811            |
| pz20       | Fe        | 28            | <5             | 1359            | 1355            | 1655            | 1540            |
| pz21       | Fe        | 22            | 8              | 1093            | 2208            | 1837            | 3943            |
| pz23       | Fe        | 18.6          | 11             | 1987            | 3035            | 1474            | 1641            |
| pz24       | Fe        | 14.8          | <5             | 10              | 15              | 13              | 14              |
| pz25       | Fe        | 25            | <5             | 266             | 26              | 33              | 135             |
| pz26       | Fe        | 14.4          | <5             | 329             | 259             | 57              | 267             |
| pz27       | Fe        | 34            | <5             | 15              | 805             | 7               | 11              |
| pz28       | Fe        | 26            | <5             | 2108            | 3167            | 2152            | 2931            |
| pz29       | Fe        | 31            | <5             | 3781            | 1522            | 82              | 46              |
| pz30       | Fe        | 15.3          | <5             | 5               | 18              | 8               | <5              |
| pz31       | Fe        | 26            | <5             | 5186            | 4100            | 38              | 7               |
| pz33       | Fe        | 31            | 14             | 413             | 10347           | 1022            | 22077           |
| pz34       | Fe        | 37            | 22             | 269             | 260             | 318             | 449             |
| pz35       | Fe        | 18.9          | 8              | 1102            | 1862            | 13              | 58              |
| pz36       | Fe        | 15.6          | 9              | 1102            | 1030            | 1365            | 3283            |
| pz37       | Fe        | 18.6          | 5              | 1871            | 1841            | 11              | 2812            |
| pz38       | Fe        | 11.6          | 8              | 98              | 39              | 48              | 138             |

**Tabella D-4. Concentrazione di manganese misurate nel campione di suolo prelevato nell'orizzonte profondo, nell'eluato e nei quattro campioni di acque sotterranee.**

| piezometro | parametro | suolo<br>mg/kg | eluato<br>µg/l | acqua 1<br>µg/l | acqua 2<br>µg/l | acqua 3<br>µg/l | acqua 4<br>µg/l |
|------------|-----------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| pz01       | Mn        | 244            | 435            | 2               | <1              | <1              | <1              |
| pz02       | Mn        | 376            | 1240           | 2               | <1              | <1              | 2               |
| pz03       | Mn        | 447            | 1230           | 159             | 275             | 267             | 218             |
| pz04       | Mn        | 390            | 1440           | 19              | <1              | 29              | 5               |
| pz05       | Mn        | 469            | 845            | 243             | 369             | 495             | 370             |
| pz06       | Mn        | 228            | 970            | 202             | 205             | 173             | 174             |
| pz08       | Mn        | 355            | 1070           | 399             | 712             | 201             | 155             |
| pz09       | Mn        | 169            | 410            | 132             | 100             | 61              | 68              |
| pz10       | Mn        | 315            | 1070           | 56              | 59              | 64              | 69              |
| pz11       | Mn        | 200            | 260            | 105             | 122             | 34              | 22              |
| pz13       | Mn        | 210            | 350            | 207             | 153             | 11              | 85              |
| pz14       | Mn        | 363            | 1325           | 124             | 8               | 110             | 8               |
| pz15       | Mn        | 318            | 710            | 252             | 187             | 109             | 101             |
| pz16       | Mn        | 316            | 970            | 396             | 15              | 155             | 124             |
| pz17       | Mn        | 228            | 560            | 637             | 392             | 393             | 290             |
| pz18       | Mn        | 486            | 2130           | 131             | 173             | 217             | 296             |
| pz19       | Mn        | 243            | 725            | 175             | 123             | 82              | 83              |
| pz20       | Mn        | 491            | 1540           | 118             | 107             | 89              | 223             |
| pz21       | Mn        | 412            | 1985           | 365             | 646             | 431             | 440             |
| pz23       | Mn        | 284            | 870            | 540             | 547             | 497             | 521             |
| pz24       | Mn        | 334            | 205            | 366             | 139             | 229             | 358             |
| pz25       | Mn        | 452            | 215            | 441             | 735             | 6               | 584             |
| pz26       | Mn        | 320            | 1700           | 1190            | 1139            | 921             | 1274            |
| pz27       | Mn        | 639            | 125            | 144             | 240             | 2               | 19              |
| pz28       | Mn        | 493            | 1770           | 136             | 198             | 74              | 67              |
| pz29       | Mn        | 459            | 310            | 298             | 397             | 211             | 120             |
| pz30       | Mn        | 271            | 440            | 131             | 163             | 310             | 1               |
| pz31       | Mn        | 493            | 1790           | 152             | 135             | 51              | 35              |
| pz33       | Mn        | 507            | 1390           | 281             | 702             | 347             | 607             |
| pz34       | Mn        | 832            | 1070           | 273             | 176             | 285             | 298             |
| pz35       | Mn        | 423            | 1215           | 117             | 114             | 266             | 418             |
| pz36       | Mn        | 359            | 900            | 124             | 128             | 58              | 110             |
| pz37       | Mn        | 335            | 1180           | 74              | 173             | 80              | 107             |
| pz38       | Mn        | 269            | 560            | 937             | 707             | 746             | 905             |

## Appendice E – Distribuzione spaziale parametri suoli

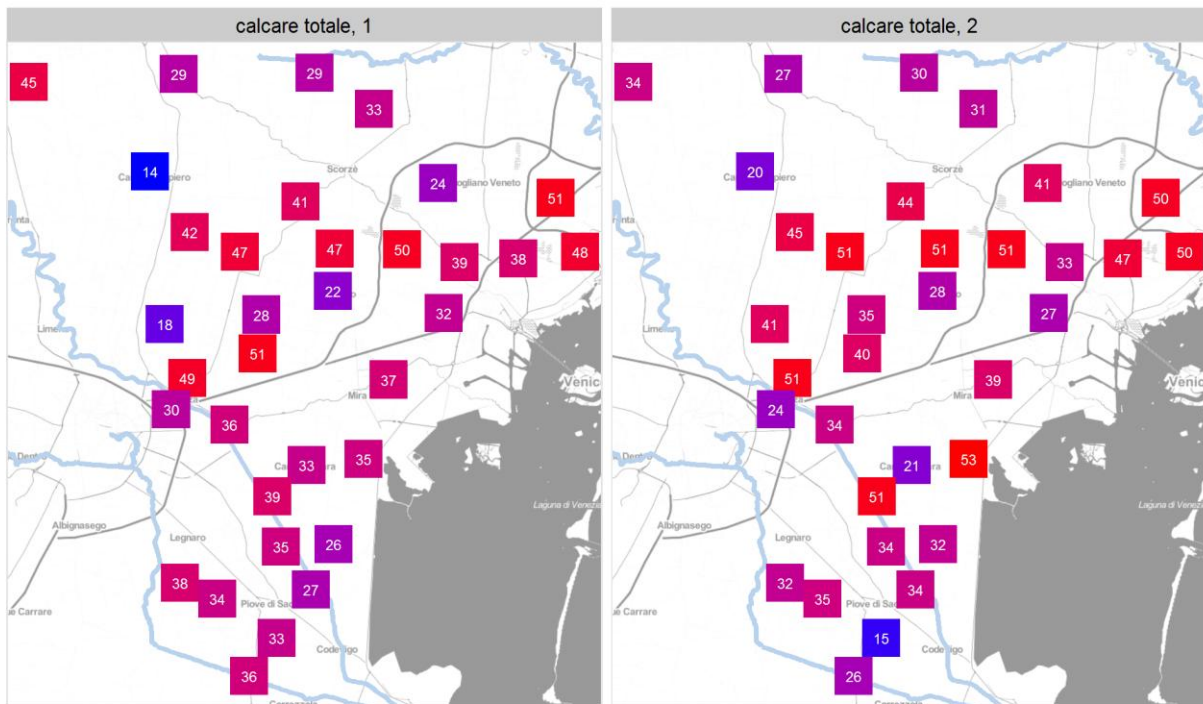


Figura E-1. Distribuzione spaziale della % di calcare totale nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

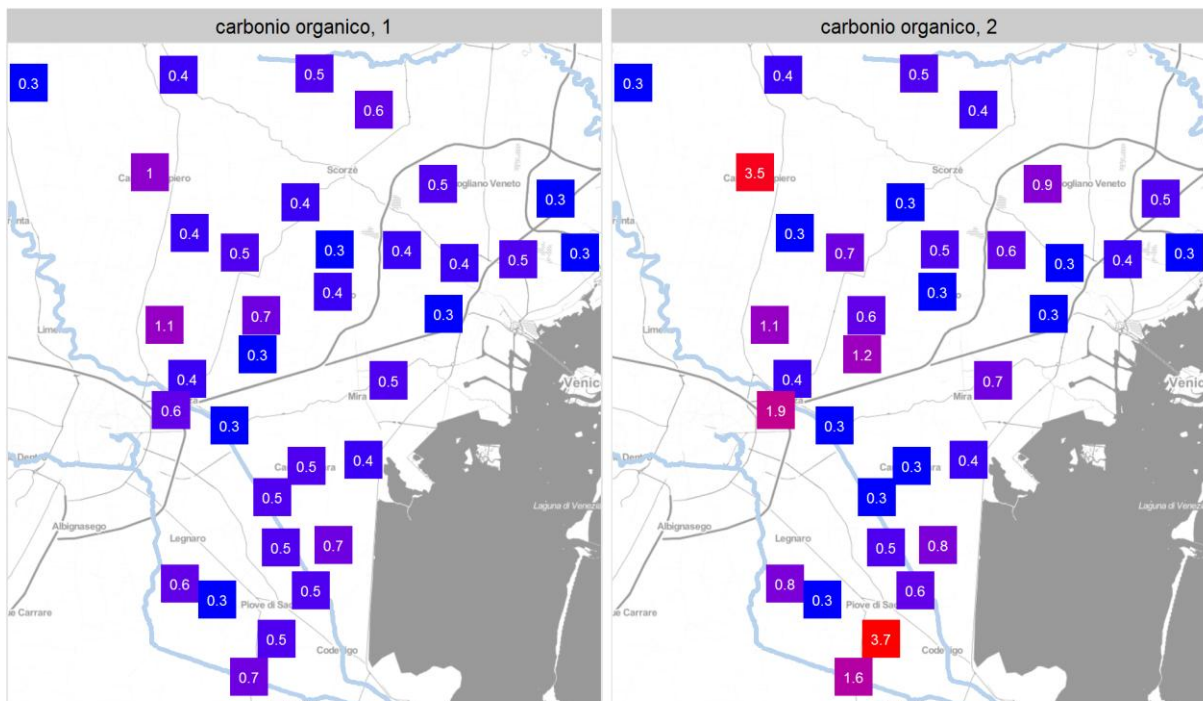


Figura E-2. Distribuzione spaziale della % carbonio organico nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

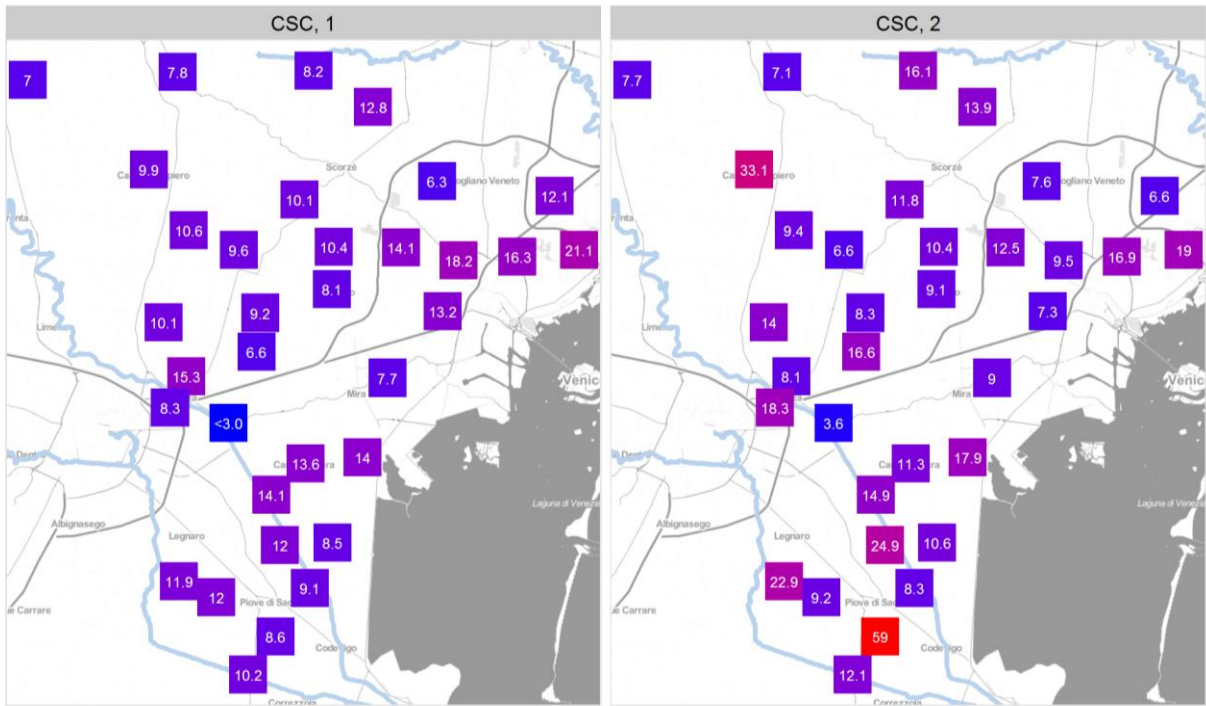


Figura E-3. Distribuzione spaziale della capacità di scambio cationico (meq/100g) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

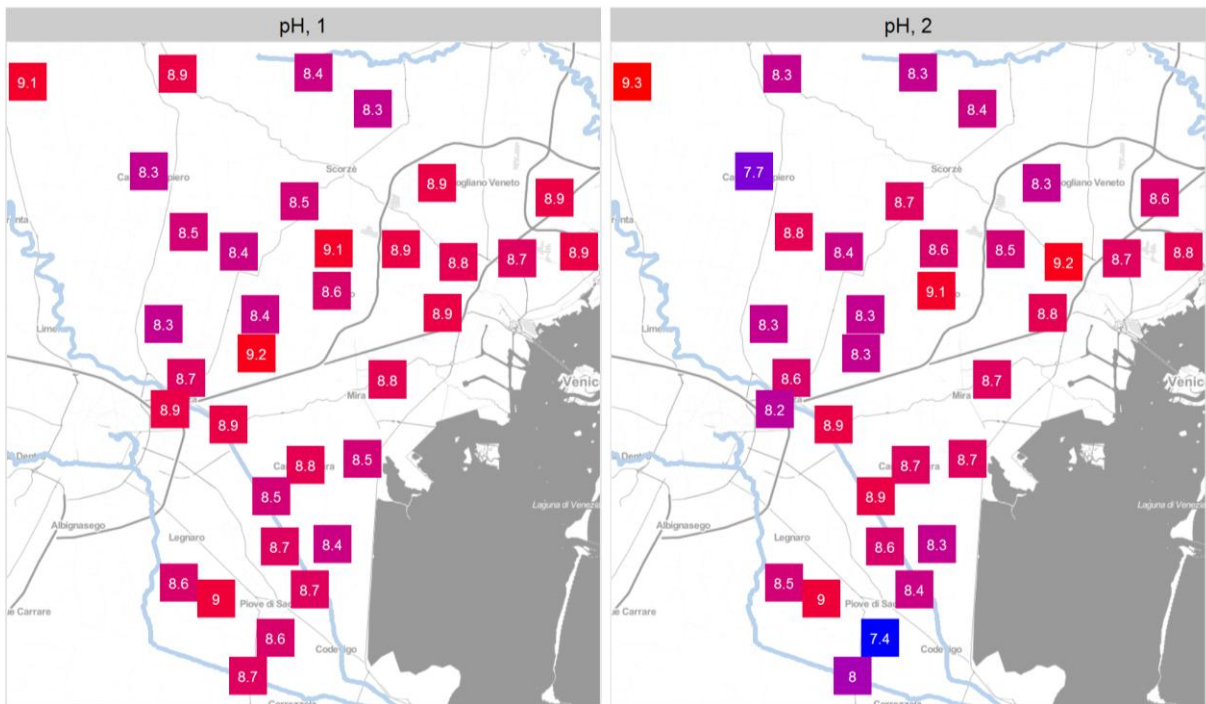


Figura E-4. Distribuzione spaziale del pH nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2).



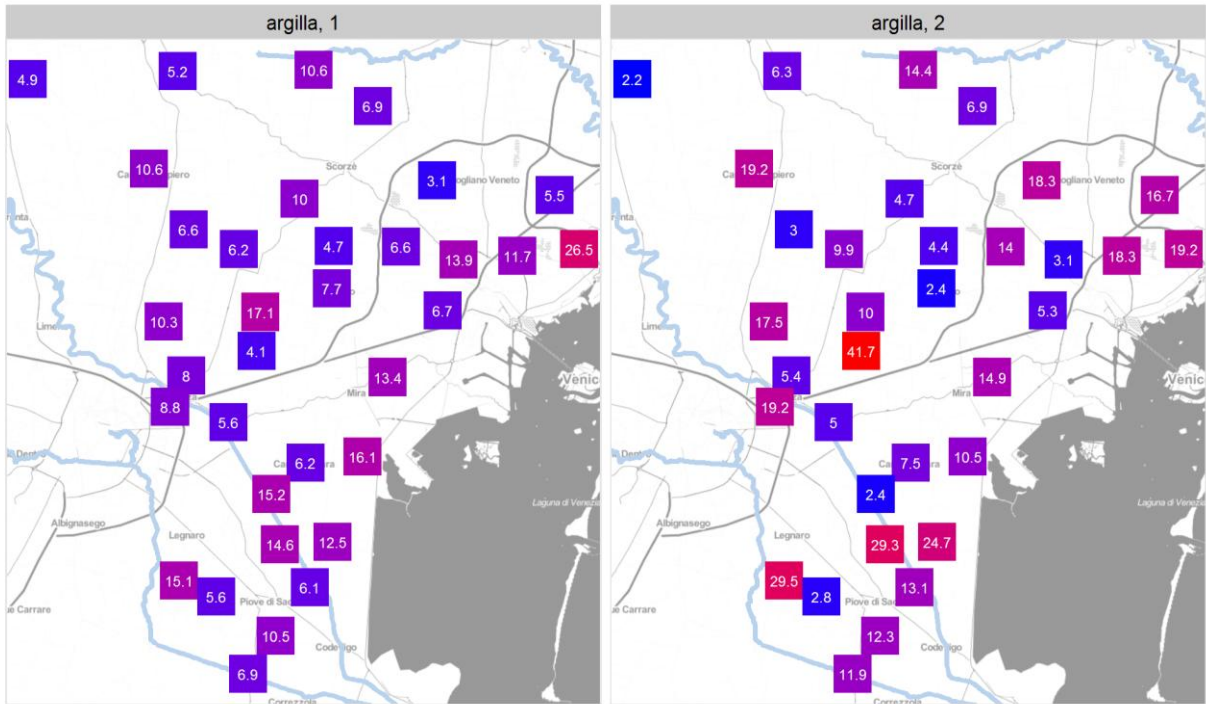


Figura E-5. Distribuzione spaziale della % di argilla nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

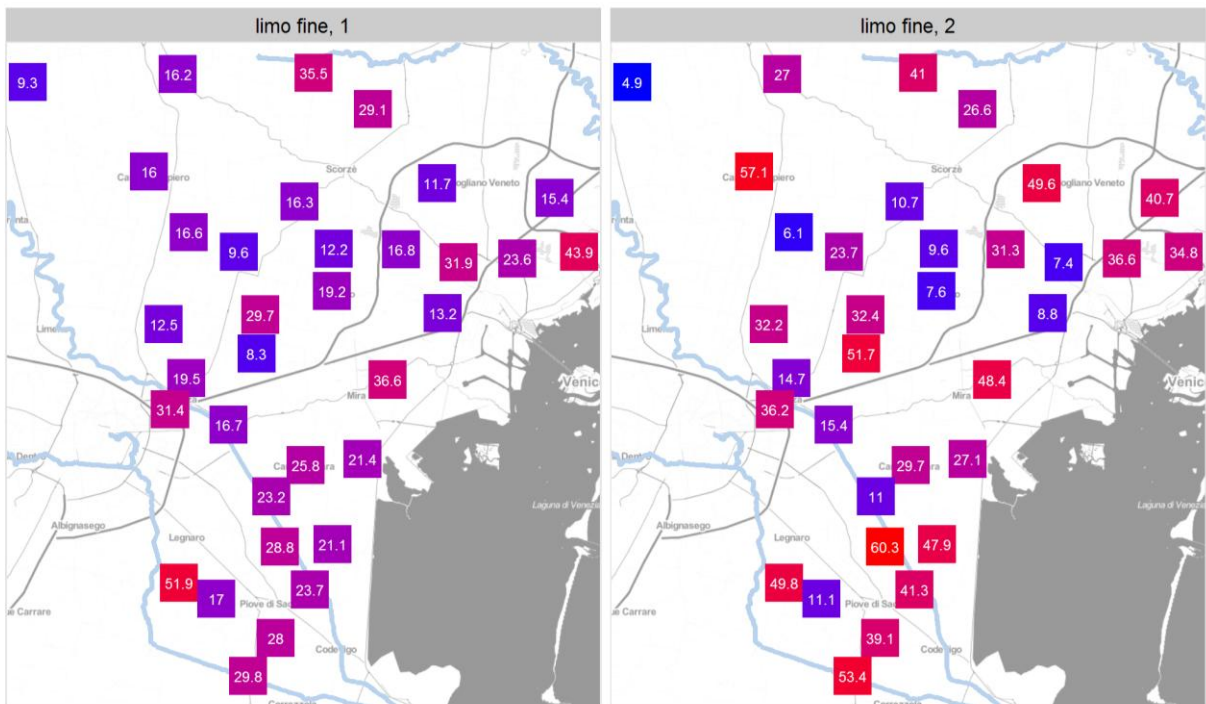


Figura E-6. Distribuzione spaziale della % di limo fine nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

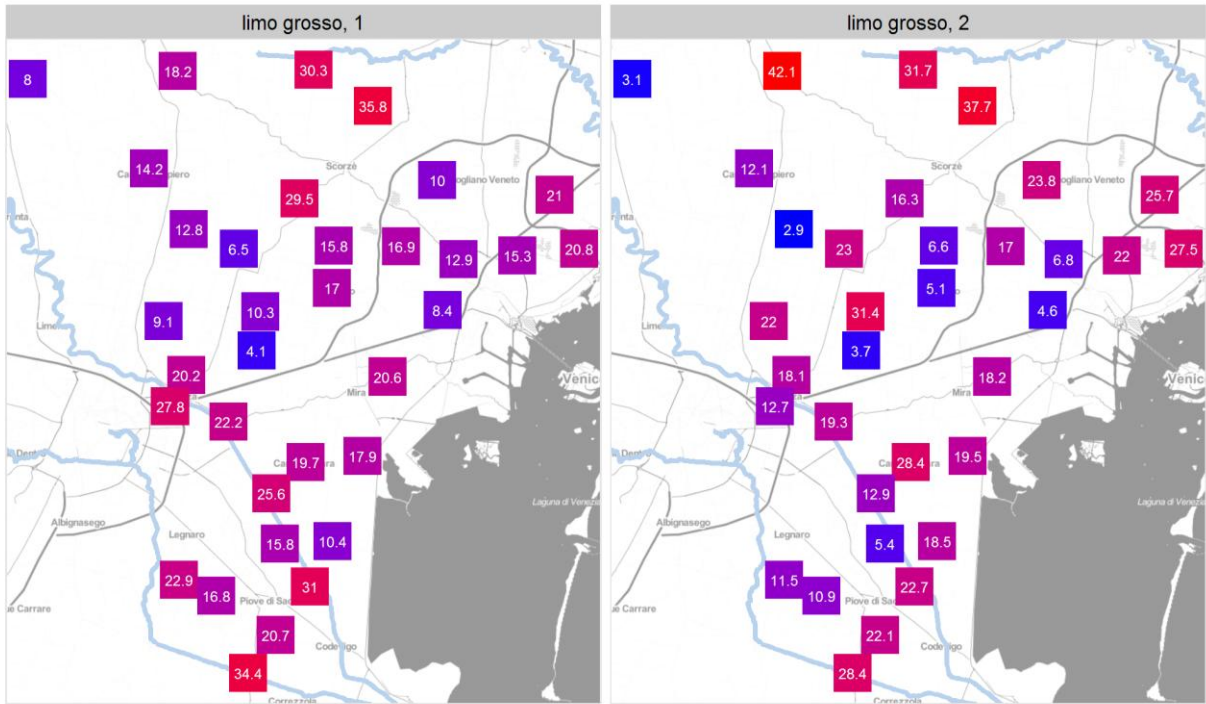


Figura E-7. Distribuzione spaziale della % di limo grosso nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

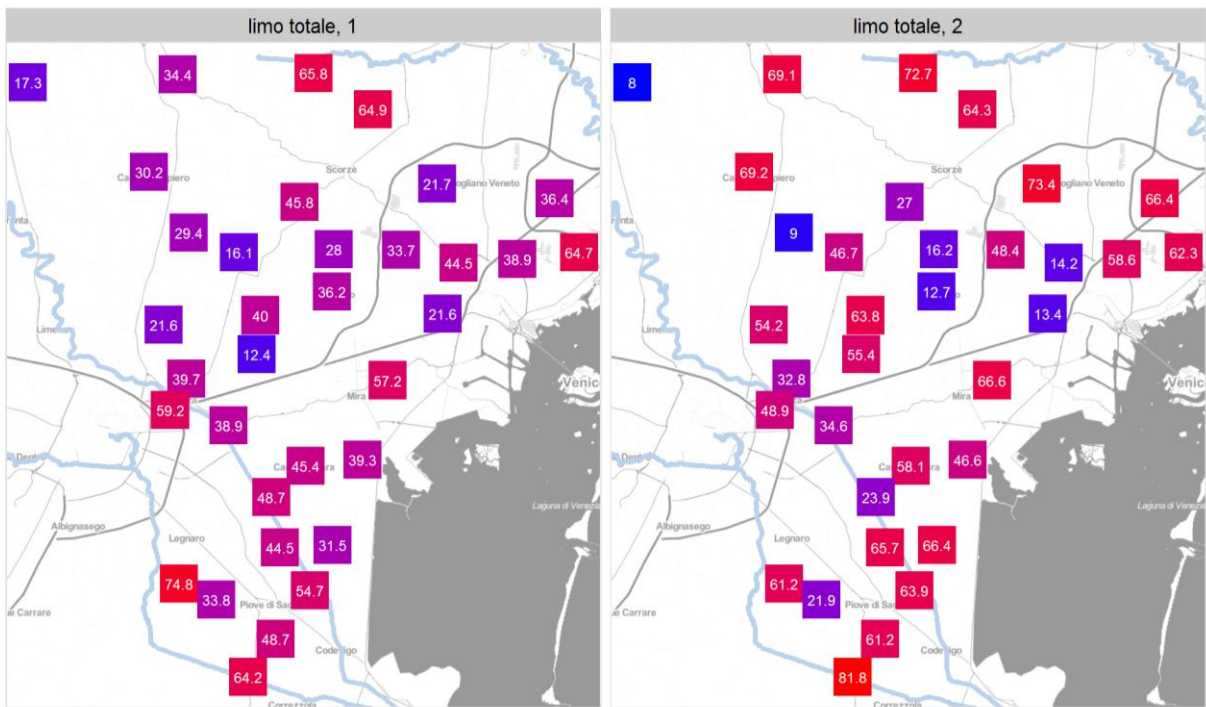


Figura E-8. Distribuzione spaziale della % di limo nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

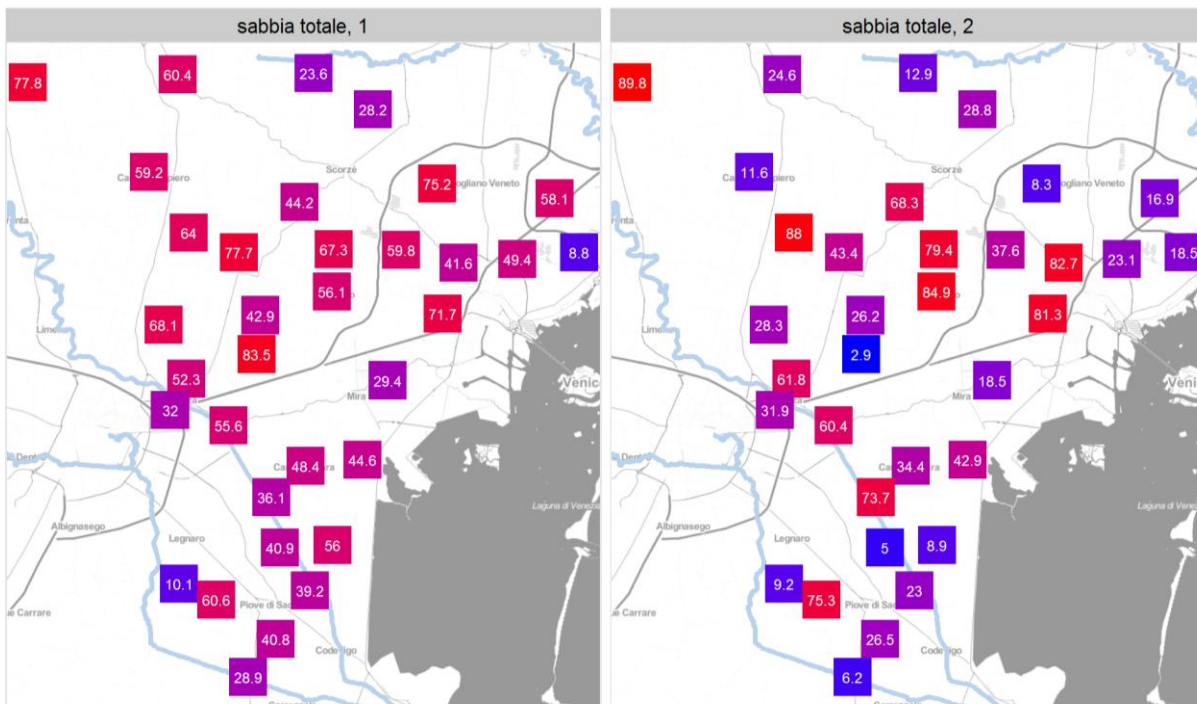


Figura E-9. Distribuzione spaziale della % di sabbia nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

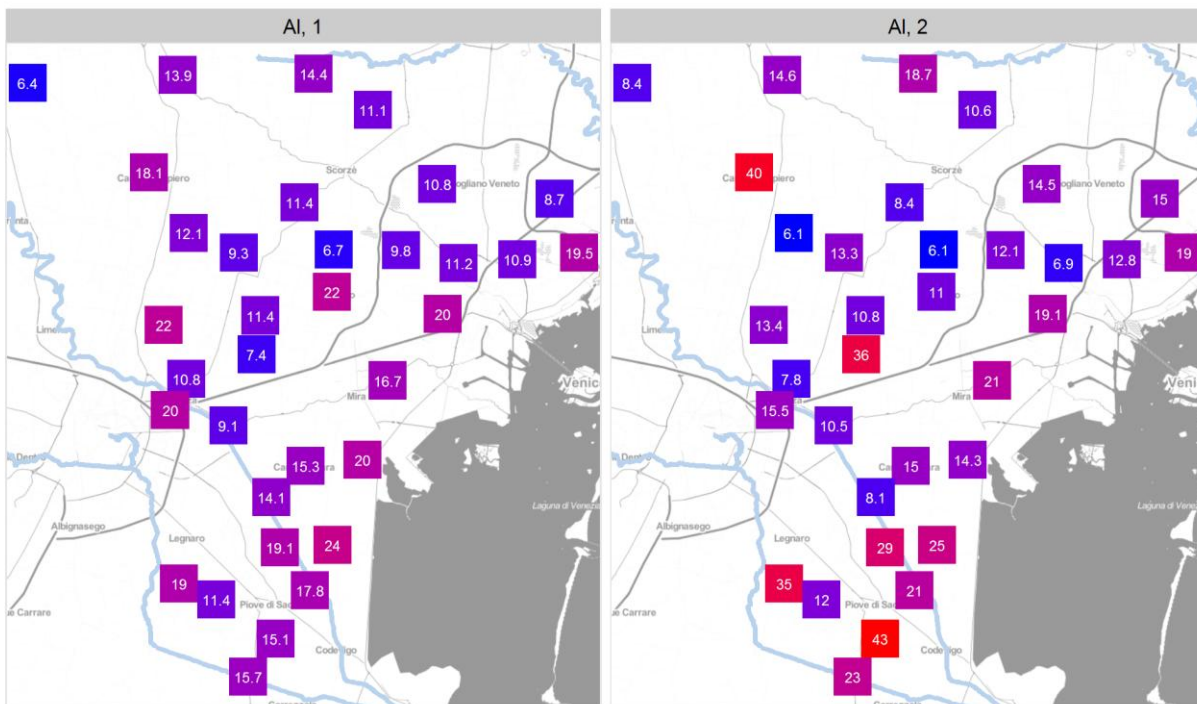


Figura E-10. Distribuzione spaziale dell' alluminio (g/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

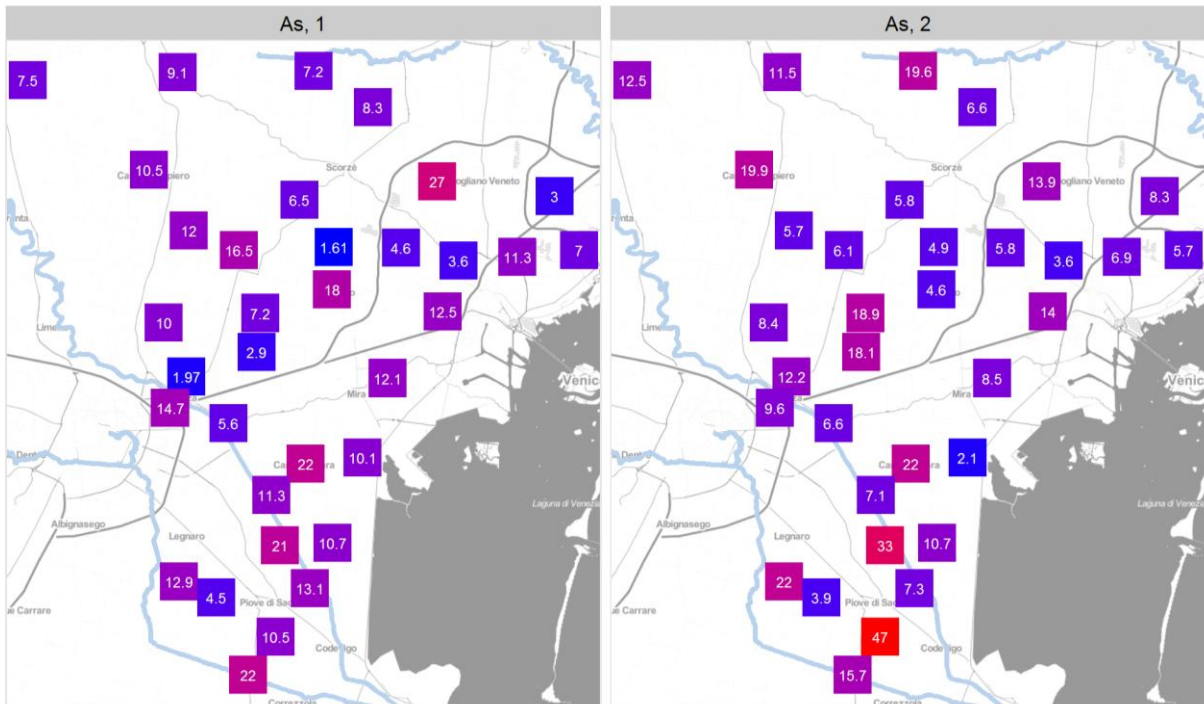


Figura E-11. Distribuzione spaziale dell'arsenico (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

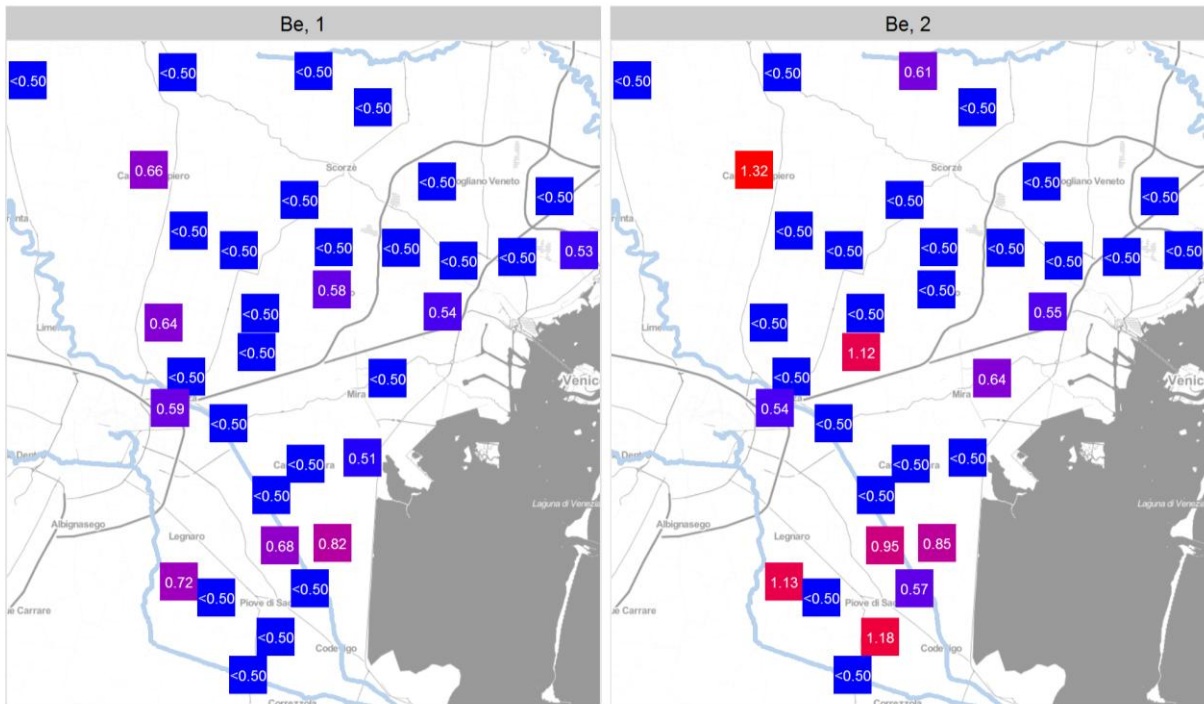


Figura E-12. Distribuzione spaziale del berillio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

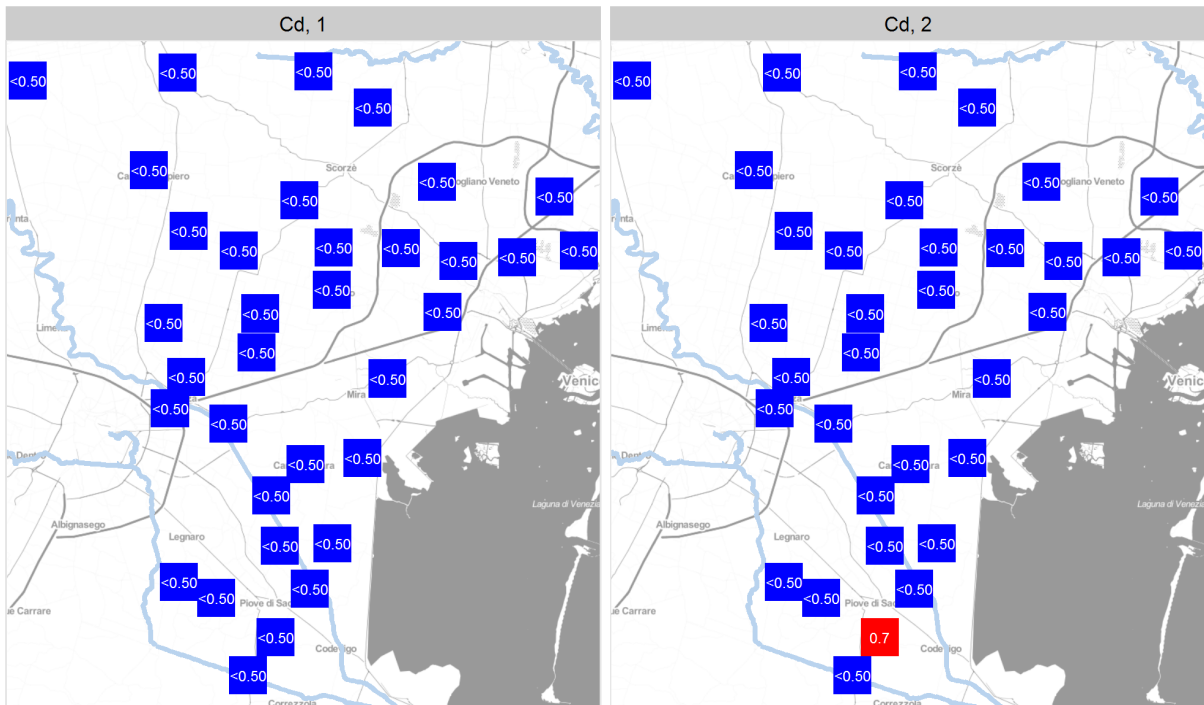


Figura E-13. Distribuzione spaziale del cadmio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

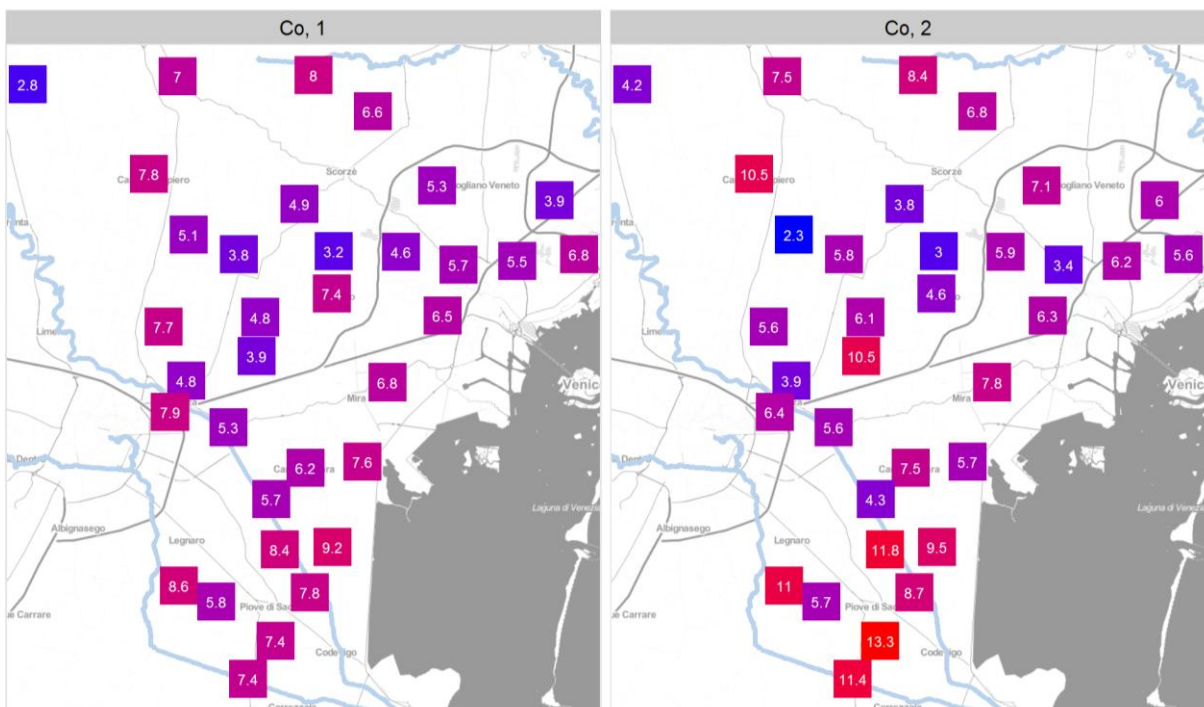


Figura E-14. Distribuzione spaziale del cobalto (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

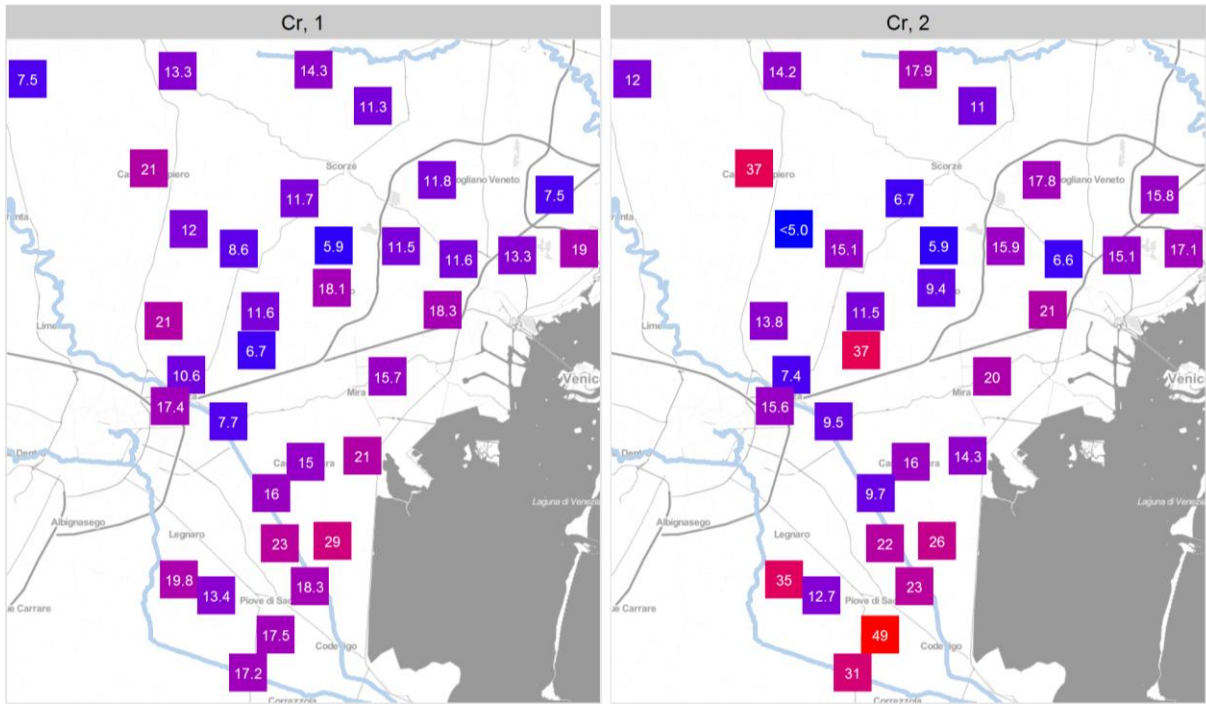


Figura E-15. Distribuzione spaziale del cromo (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

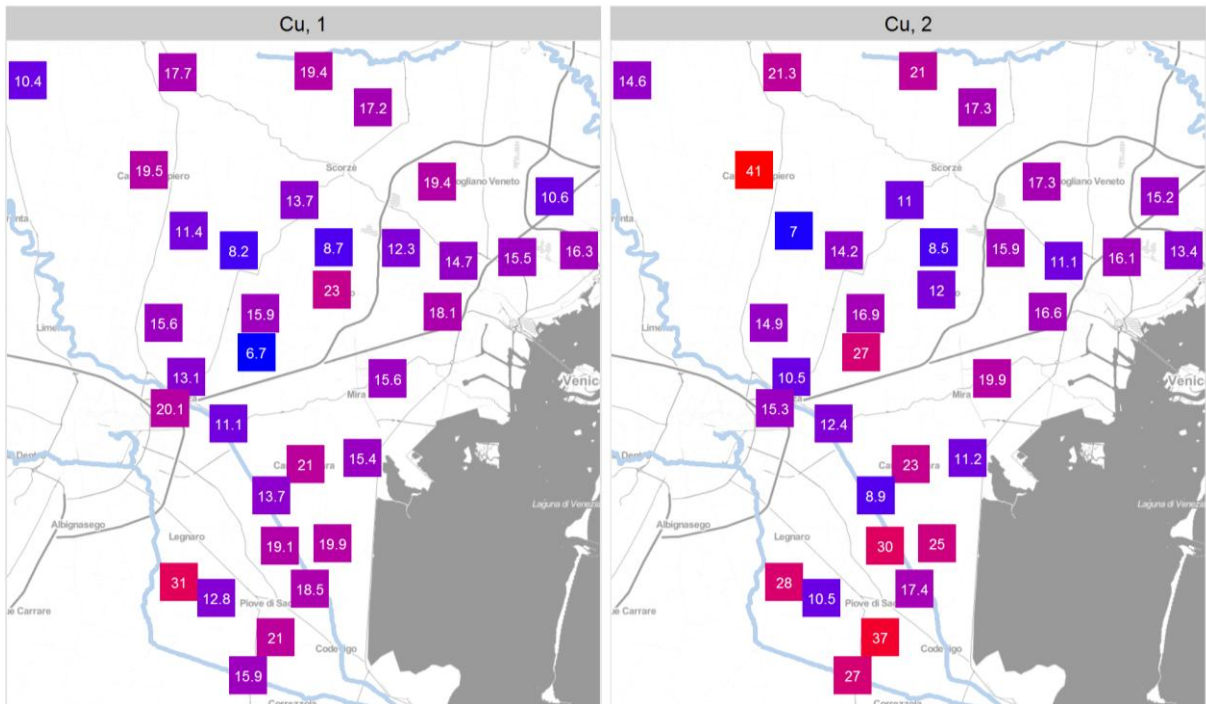


Figura E-16. Distribuzione spaziale del rame (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

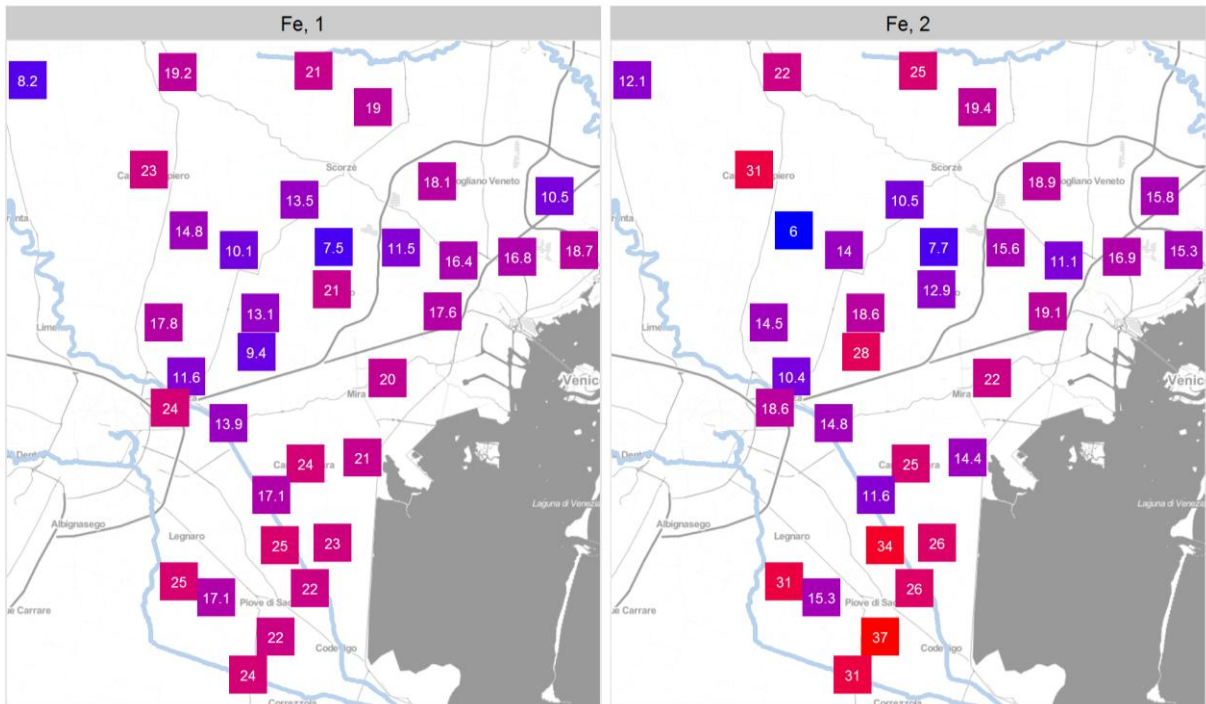


Figura E-17. Distribuzione spaziale del ferro (g/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

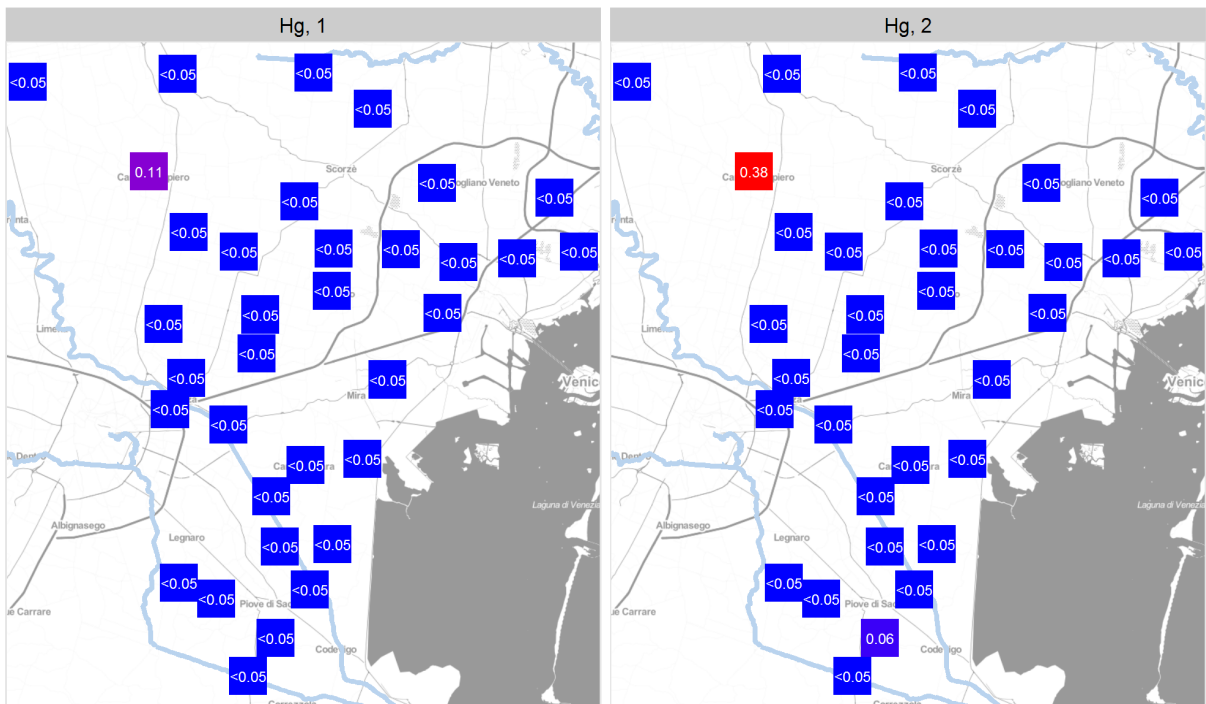


Figura E-18. Distribuzione spaziale del mercurio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

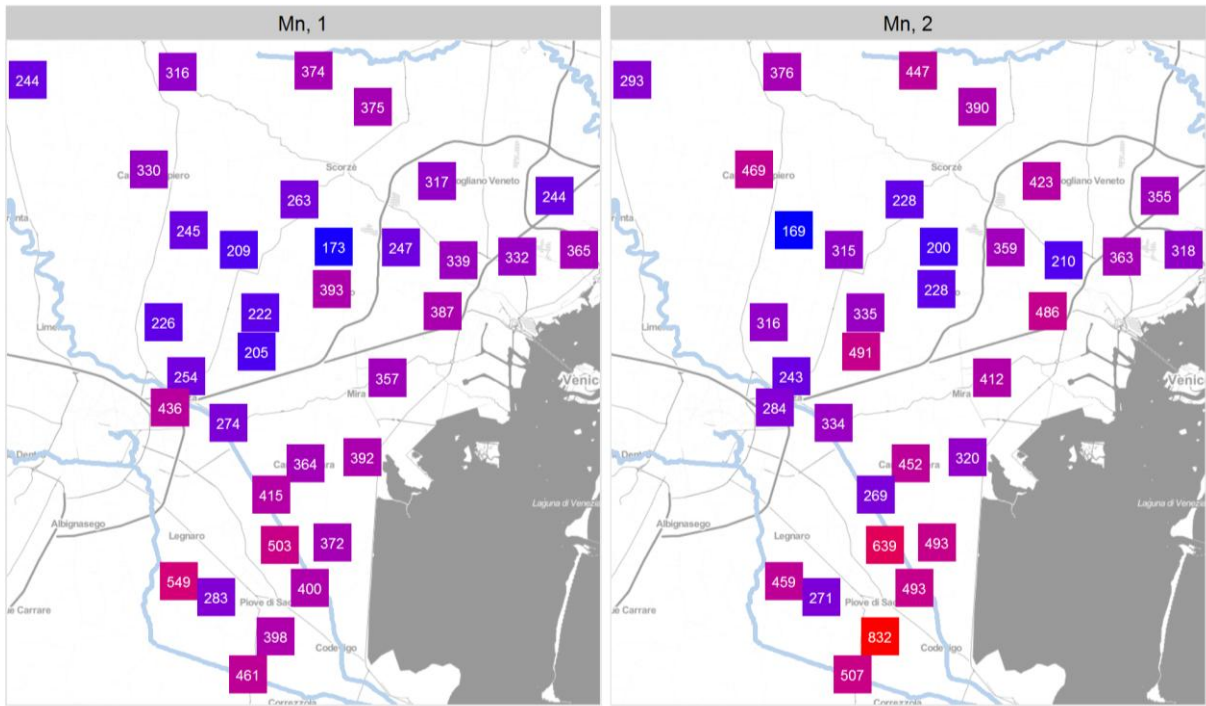


Figura E-19. Distribuzione spaziale del manganese (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

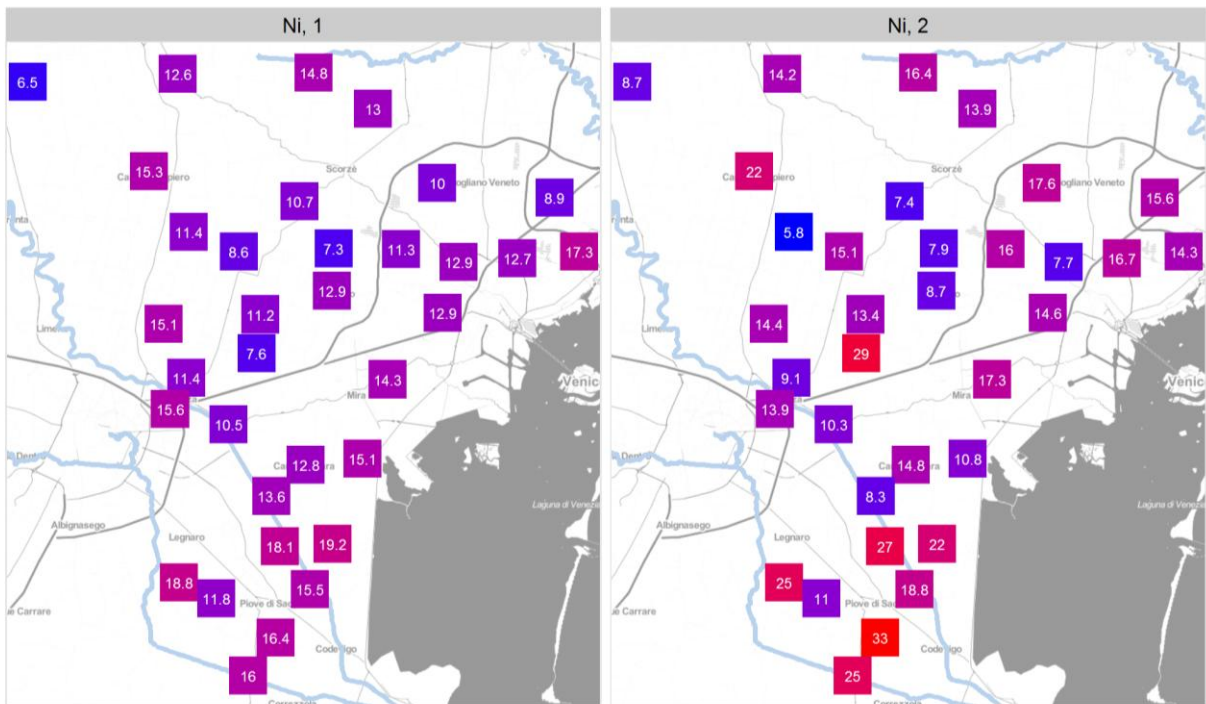


Figura E-20. Distribuzione spaziale del nichel (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).



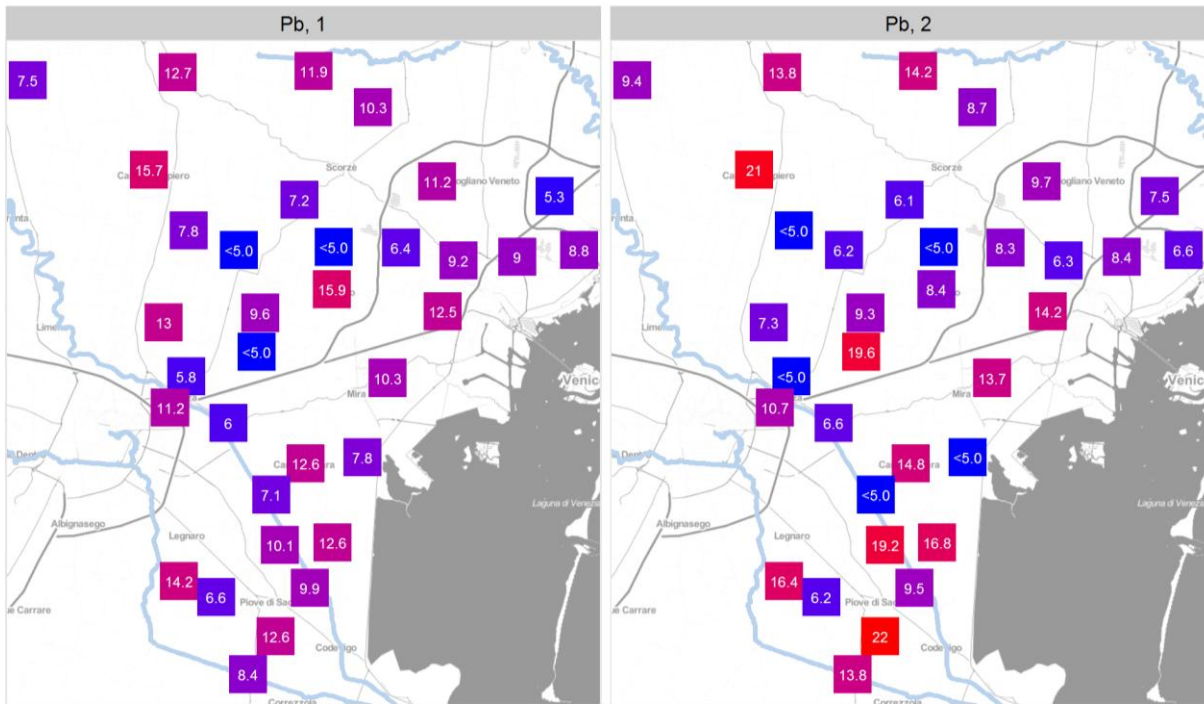


Figura E-21. Distribuzione spaziale del piombo (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

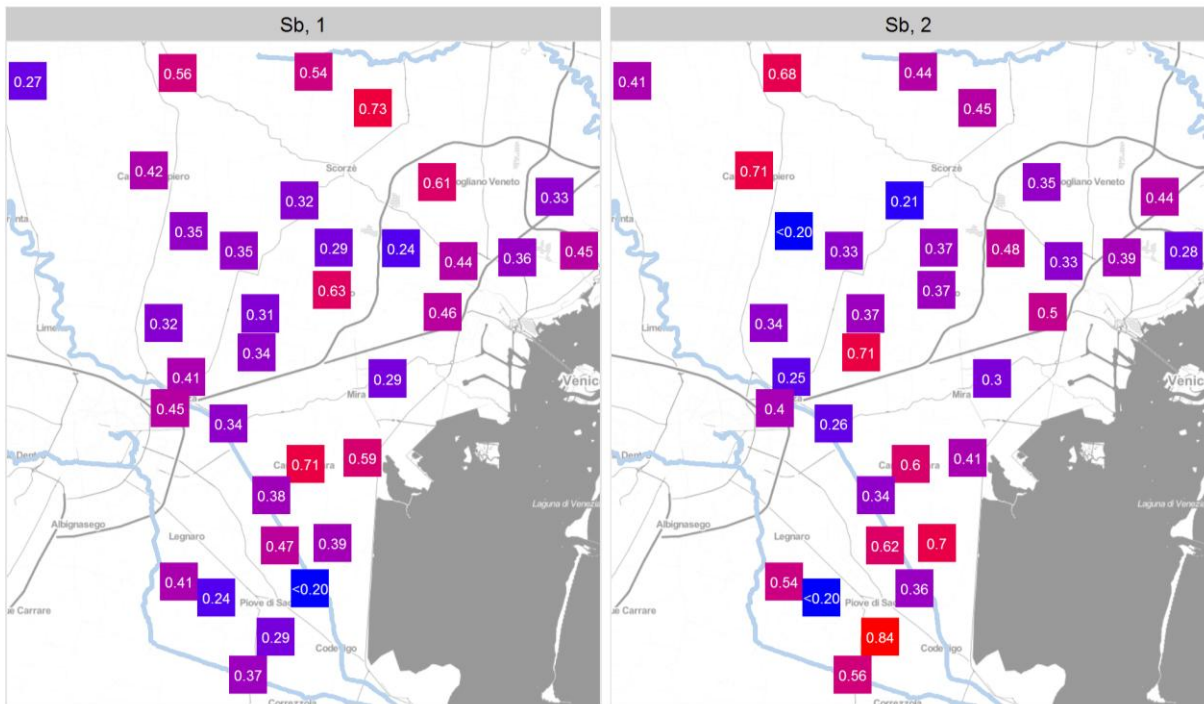


Figura E-22. Distribuzione spaziale dell'antimonio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall'orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

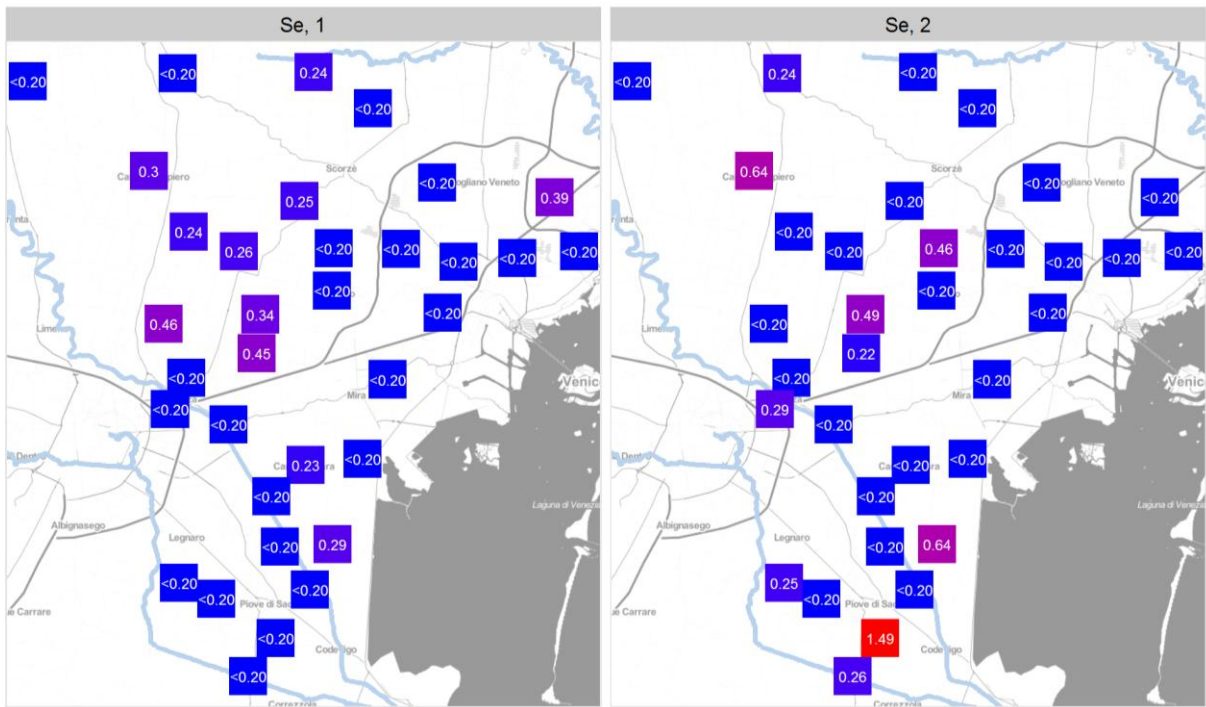


Figura E-23. Distribuzione spaziale del selenio (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).

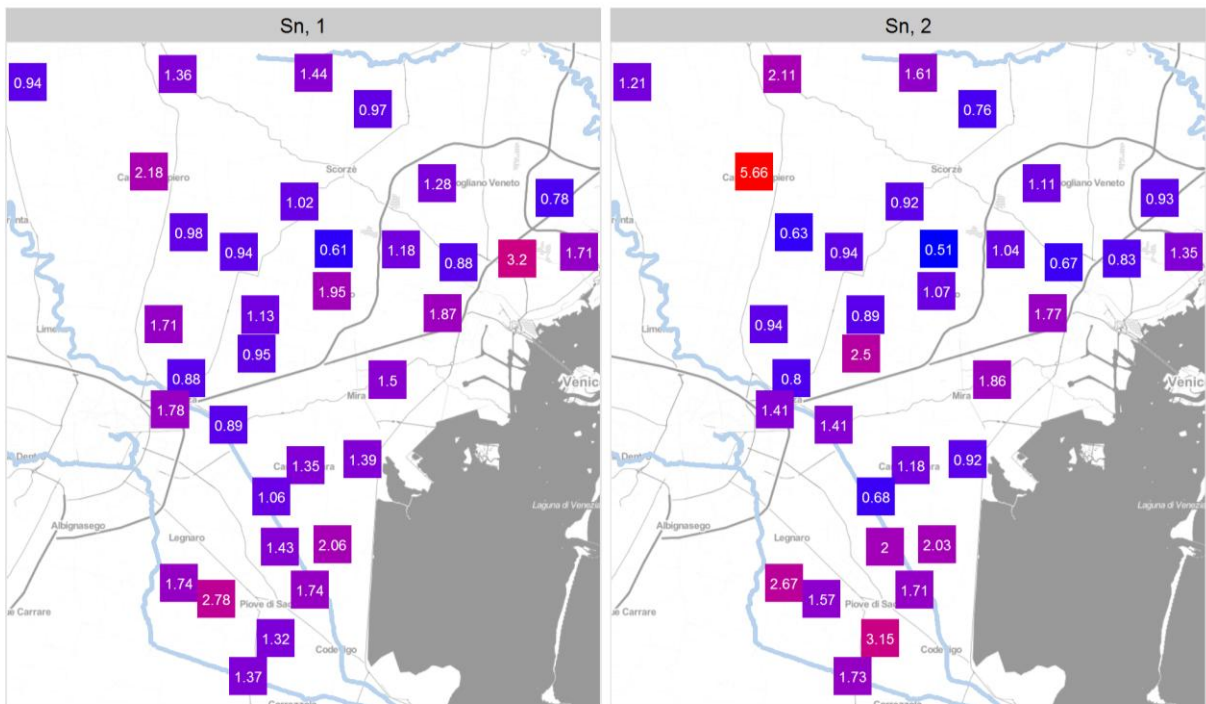


Figura E-24. Distribuzione spaziale dello stagno (mg/kg) nei campioni di terreno prelevati dall' orizzonte superficiale (1) e profondo (2).





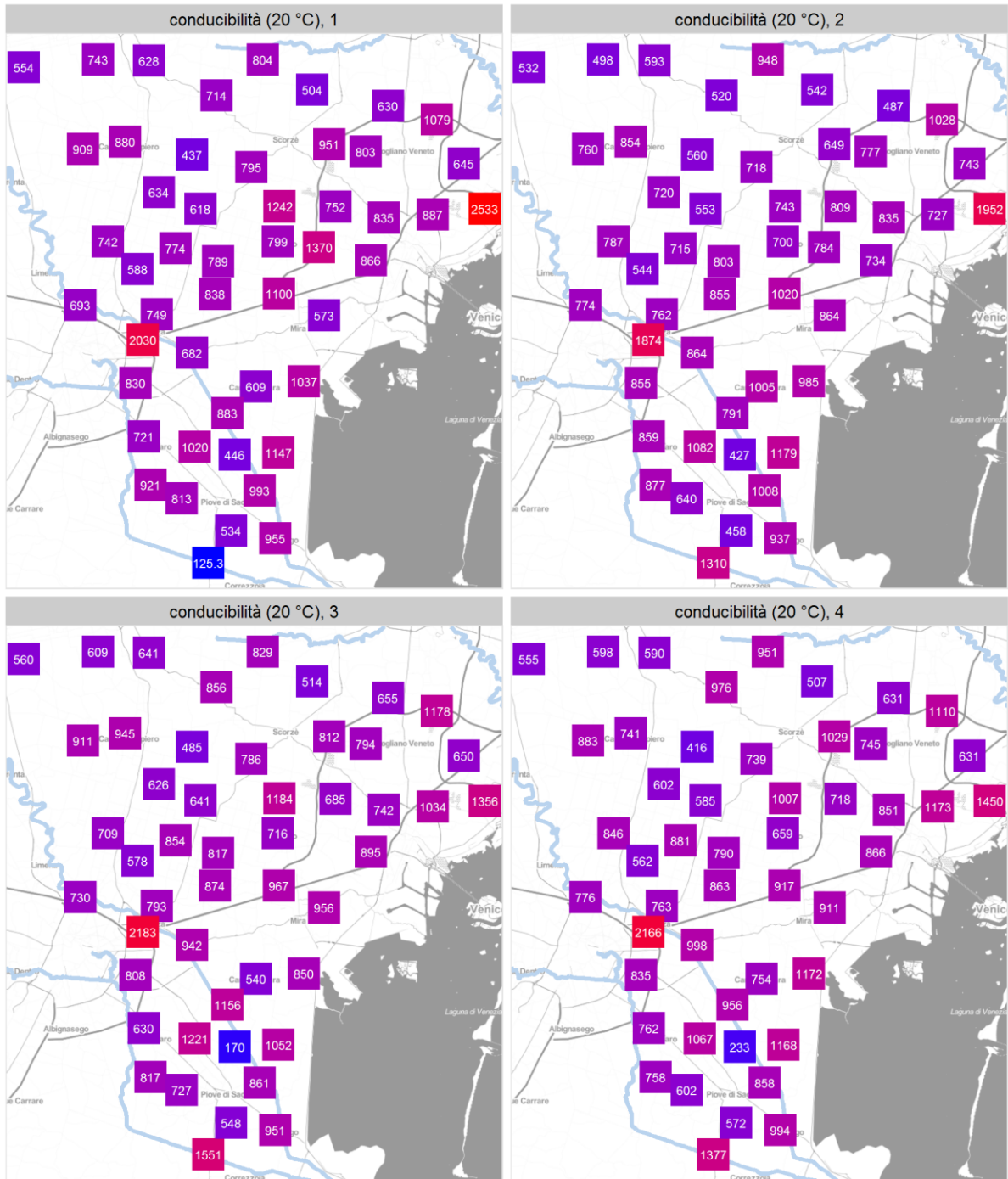


Figura F-2. Distribuzione spaziale della conducibilità elettrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nei campioni di acque sotterranee.

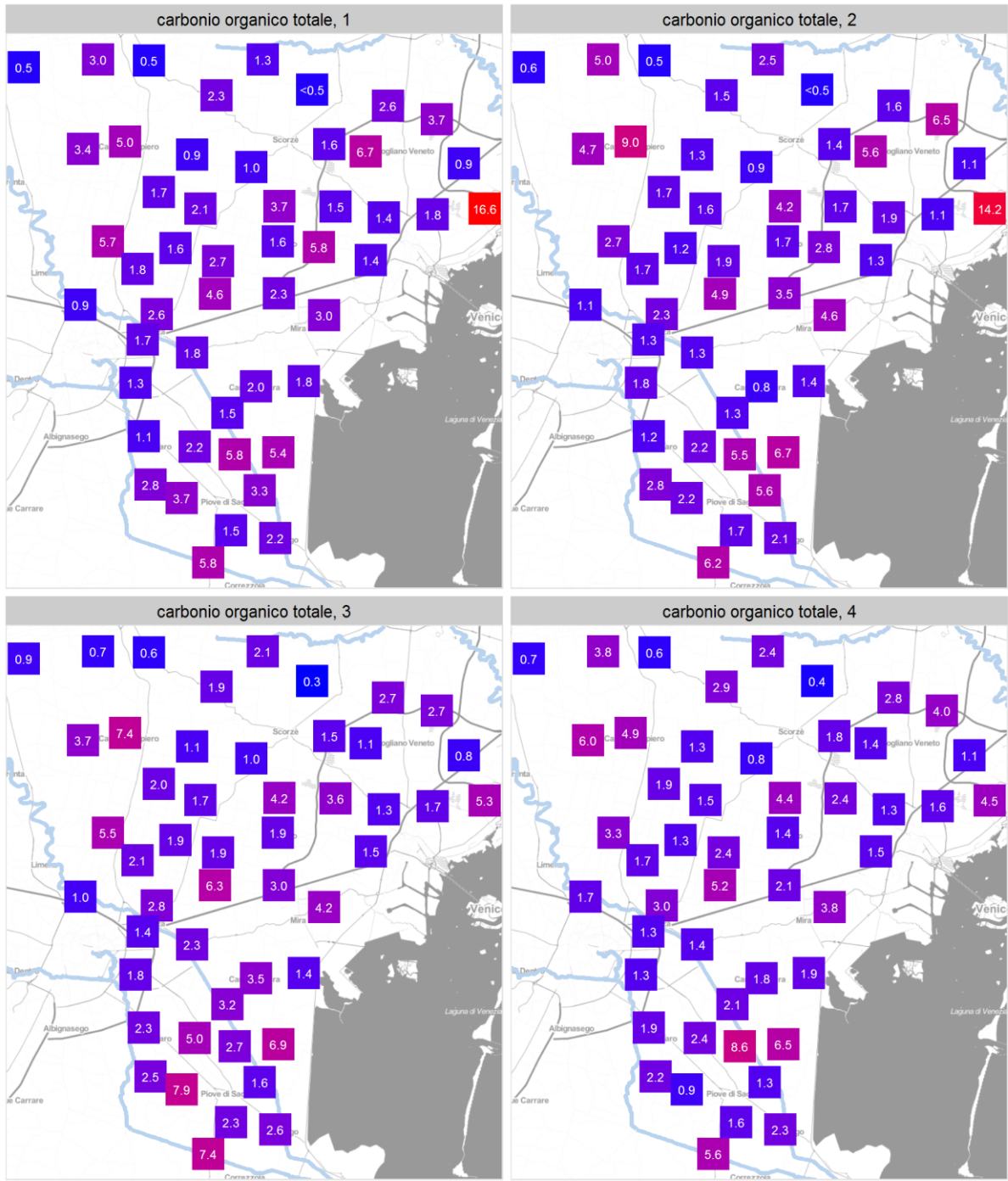


Figura F-3. Distribuzione spaziale del carbonio organico totale (mg/l) nei campioni di acque sotterranee.

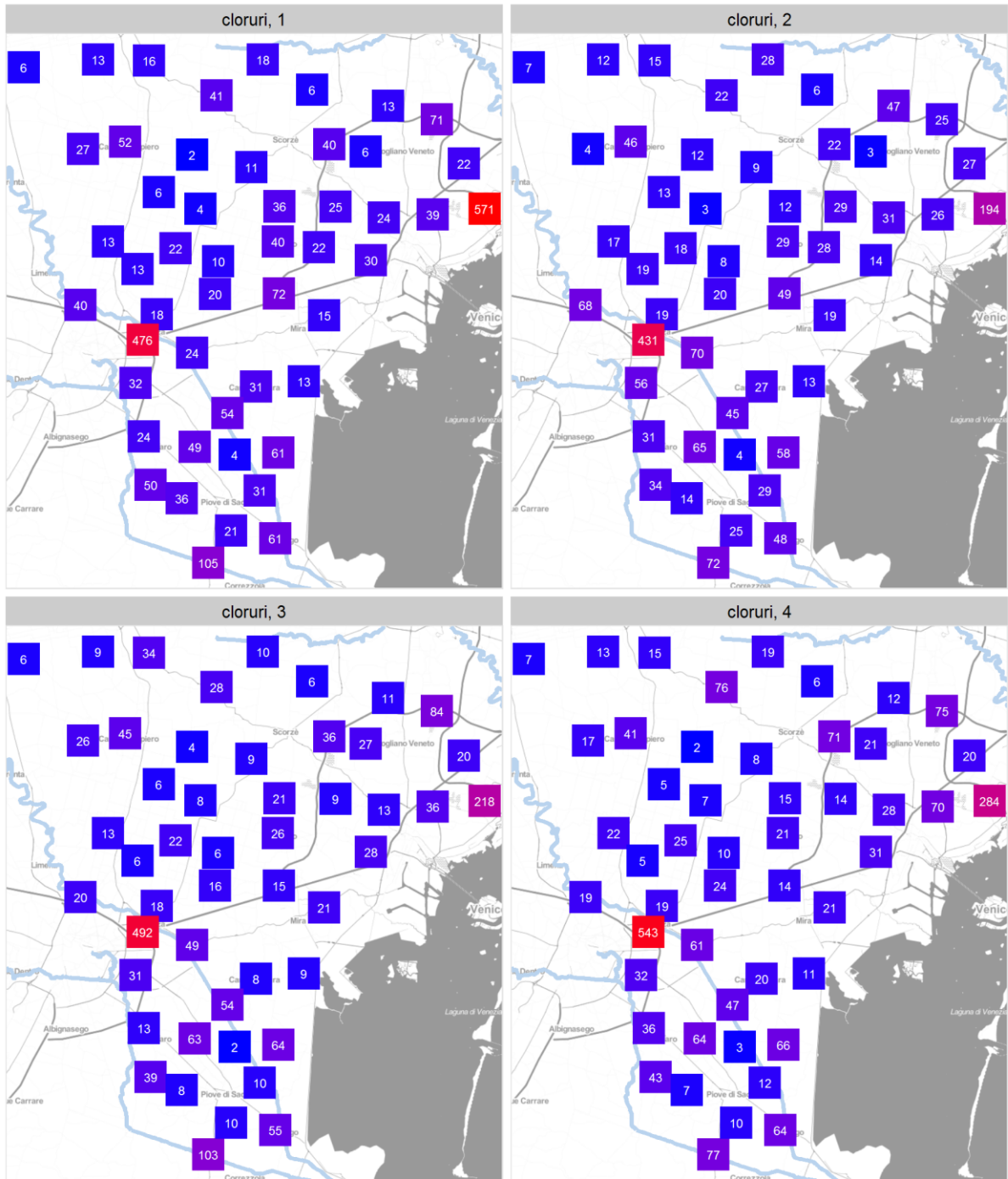


Figura F-4. Distribuzione spaziale dei cloruri (mg/l) nei campioni di acque sotterranee.

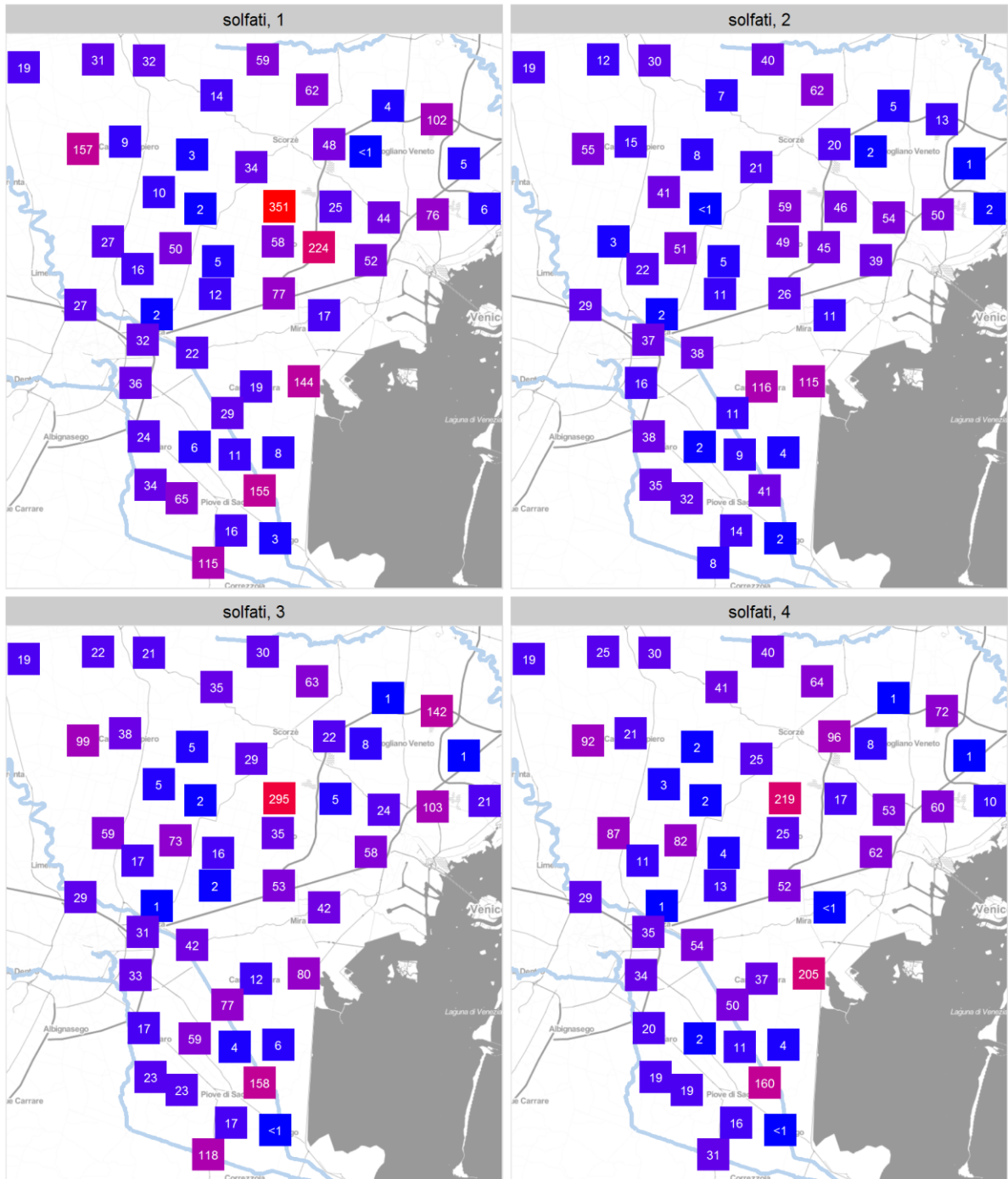


Figura F-5. Distribuzione spaziale dei solfati (mg/l) nei campioni di acque sotterranee.



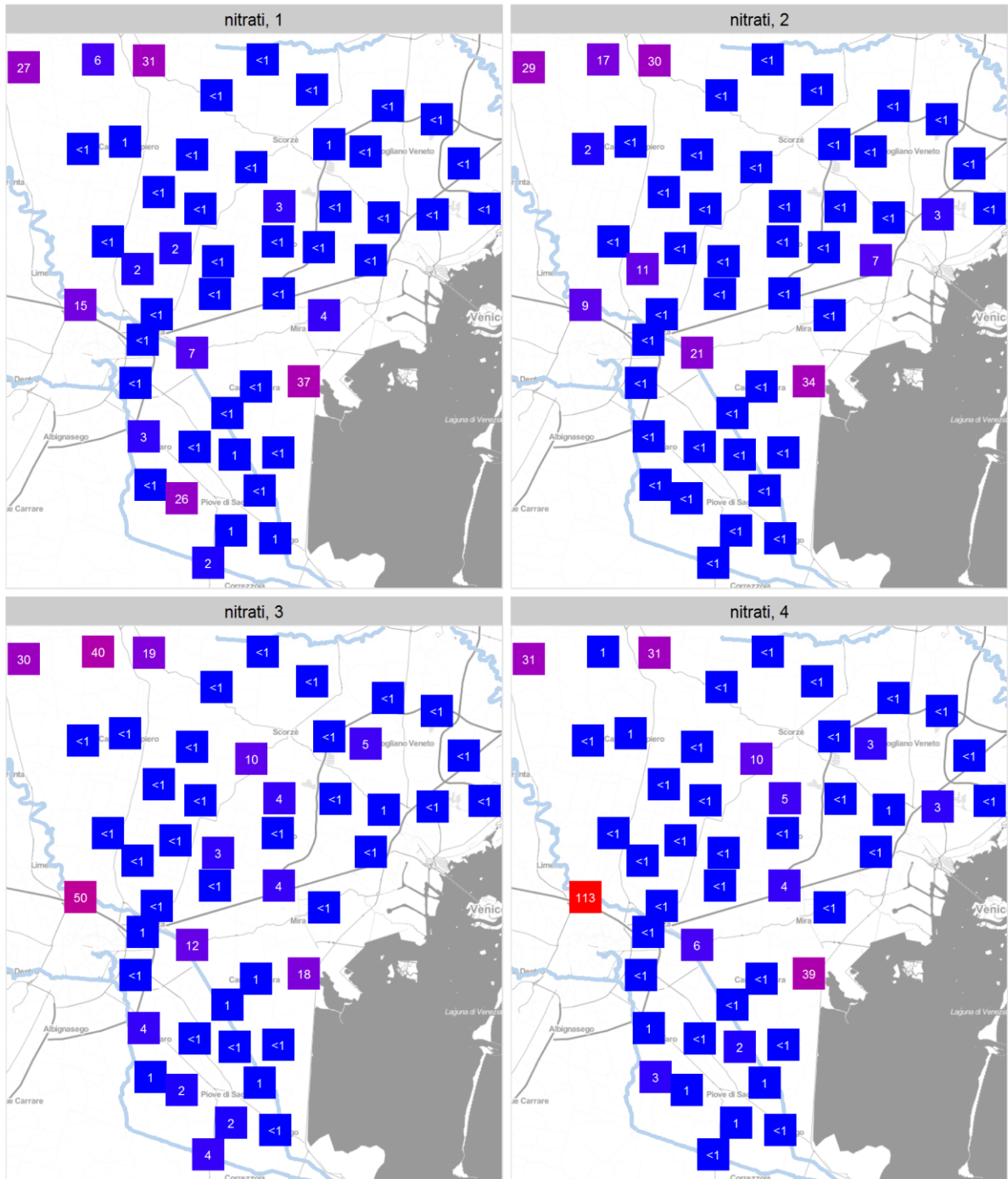


Figura F-6. Distribuzione spaziale dei nitrati (mg/l NO<sub>3</sub>) nei campioni di acque sotterranee.

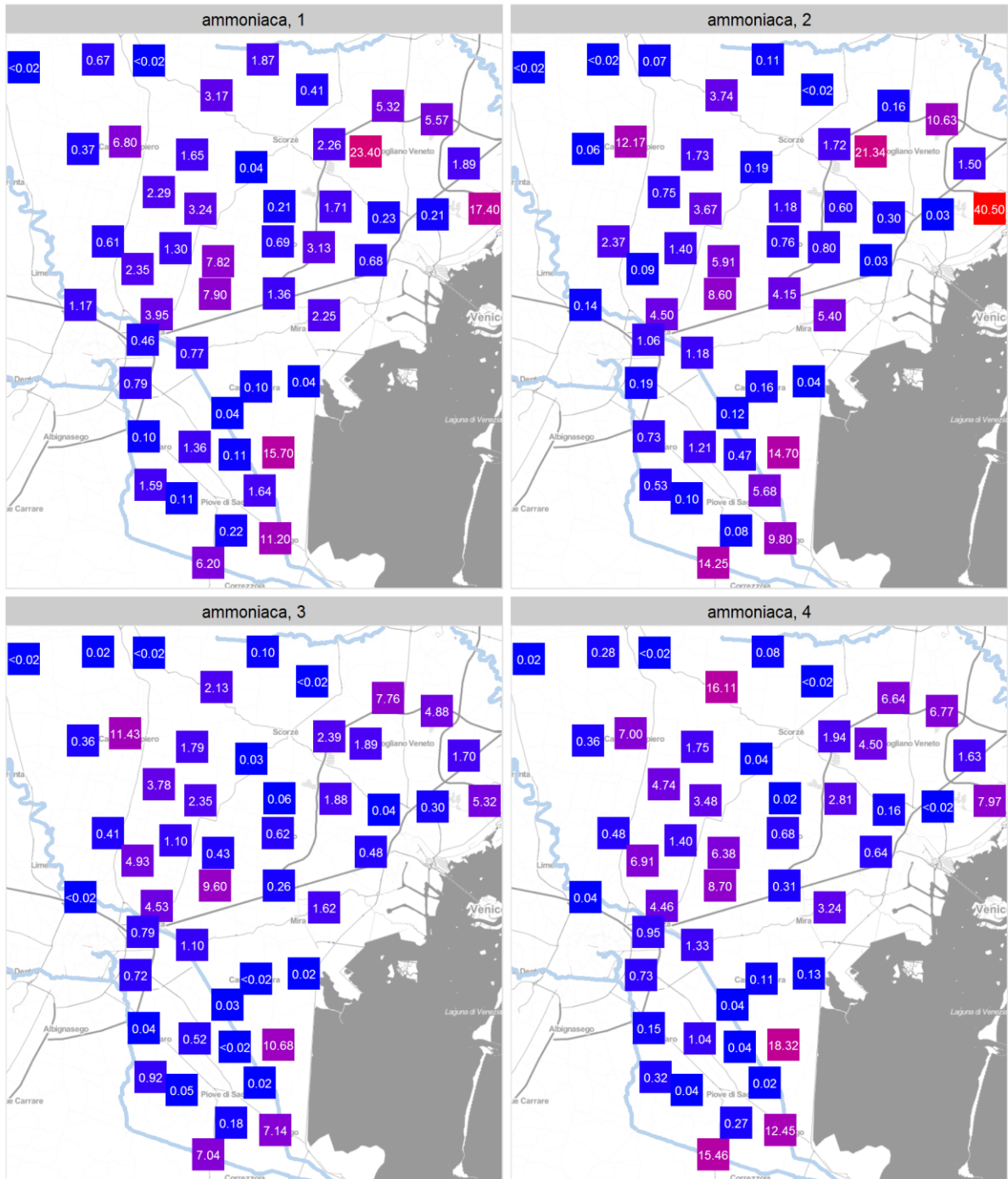


Figura F-7. Distribuzione spaziale dell'ammoniaca (mg/l NH<sub>4</sub>) nei campioni di acque sotterranee.

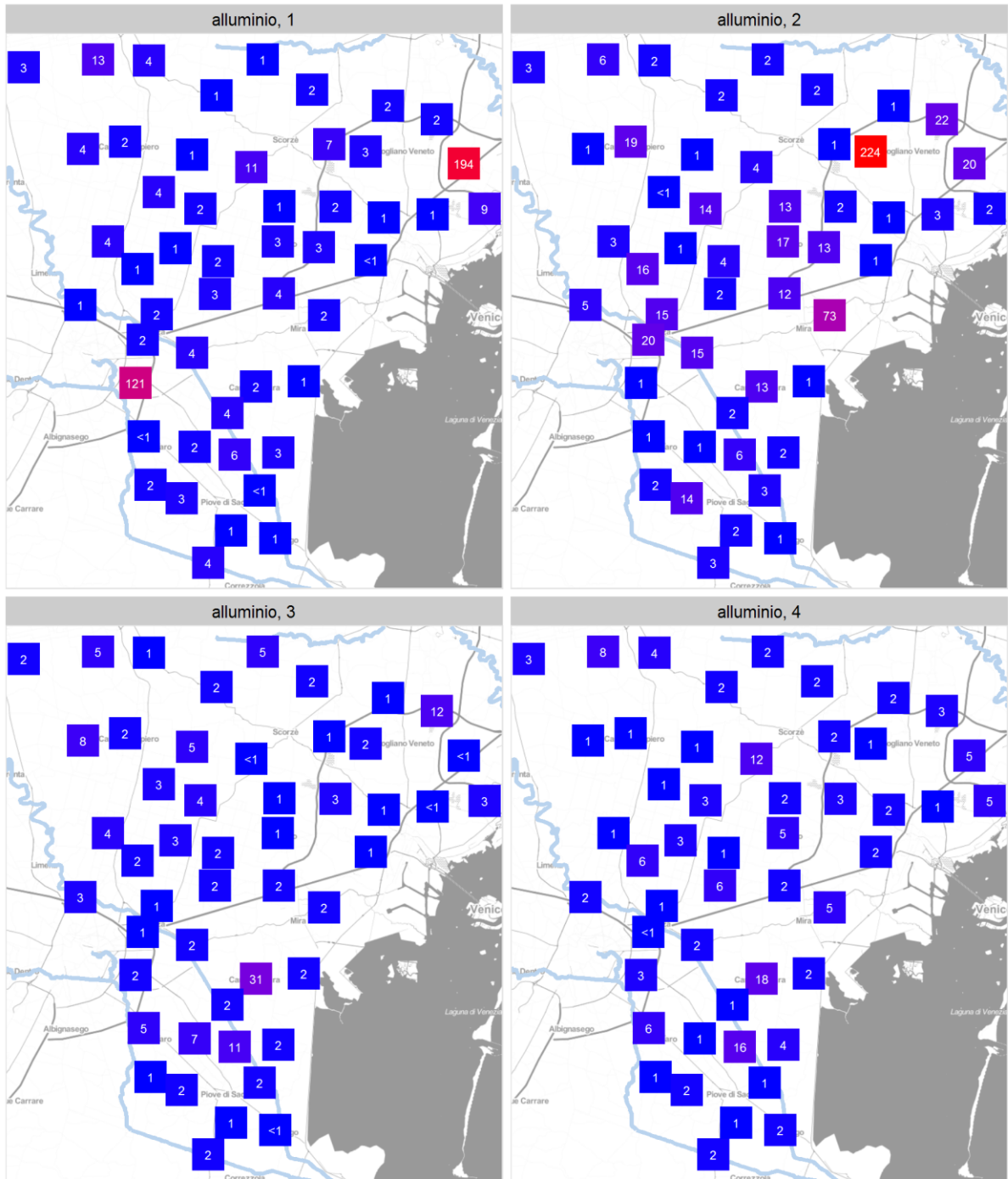


Figura F-8. Distribuzione spaziale della'alluminio ( $\mu\text{g/l}$ ) ei campioni di acque sotterranee.

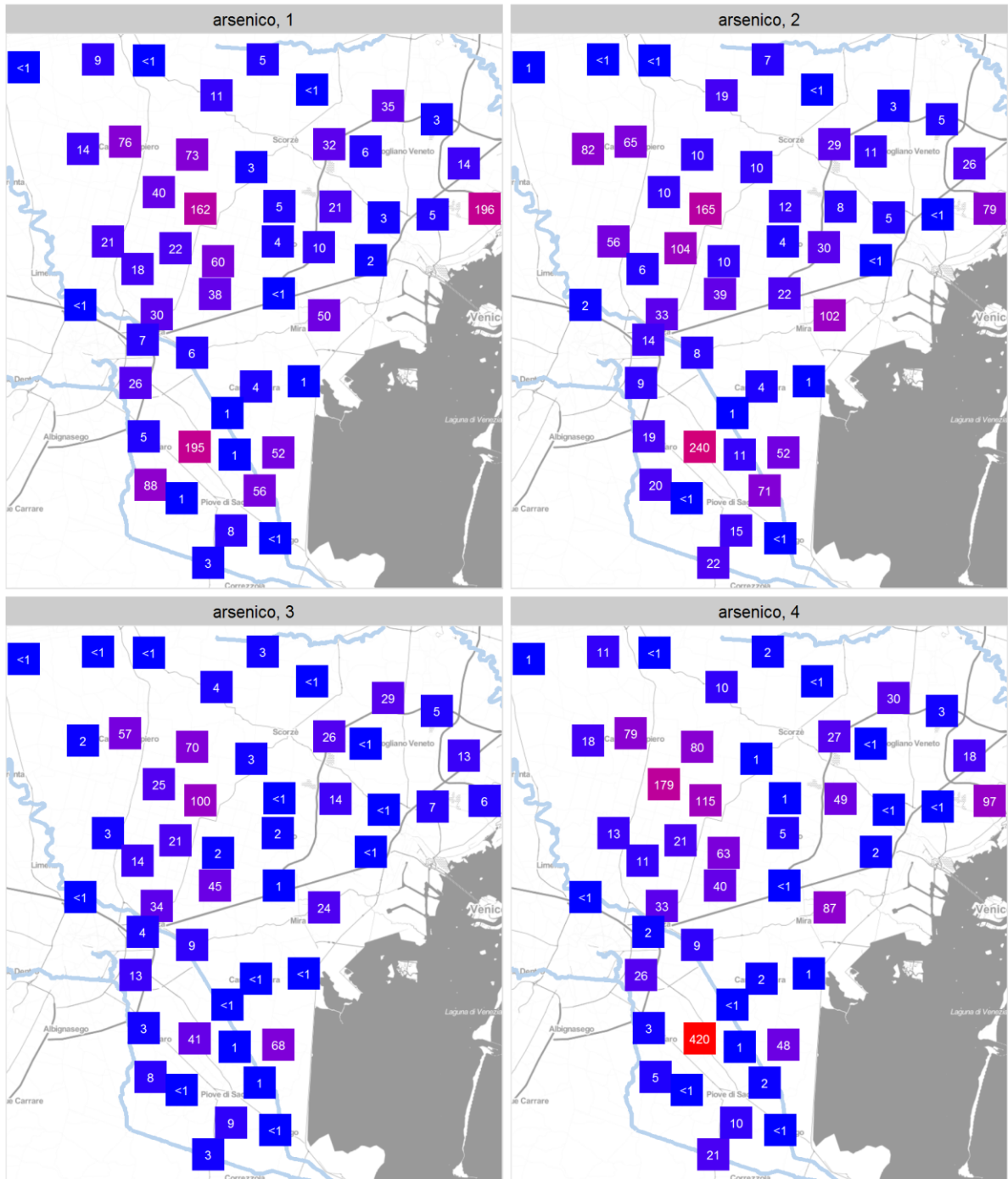


Figura F-9. Distribuzione spaziale dell'arsenico ( $\mu\text{g/l}$ ) nei campioni di acque sotterranee.

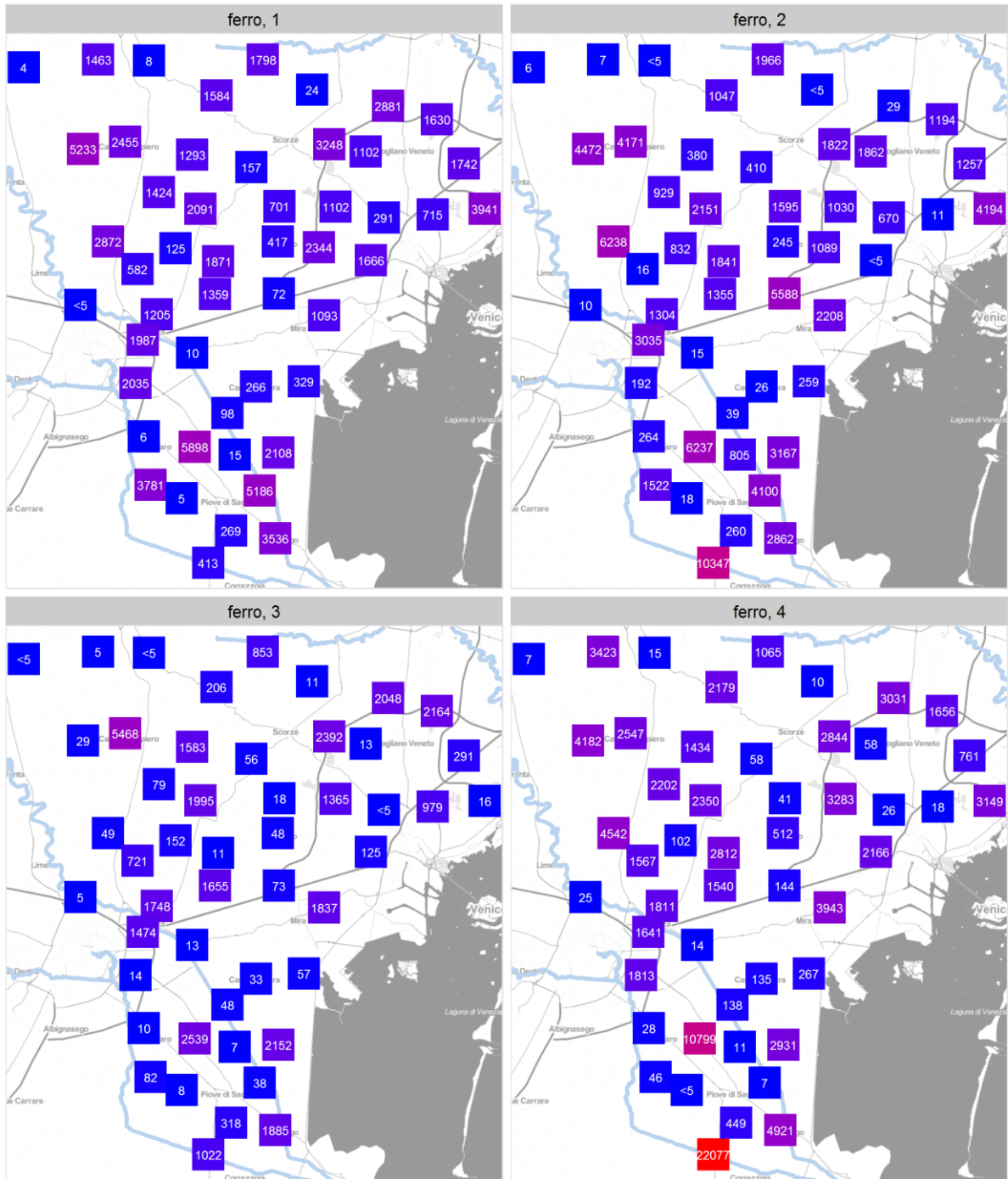


Figura F-10. Distribuzione spaziale del ferro ( $\mu\text{g/l}$ ) nei campioni di acque sotterranee.



## Appendice G – Distribuzione spaziale Al, As, Fe e Mn nelle diverse matrici

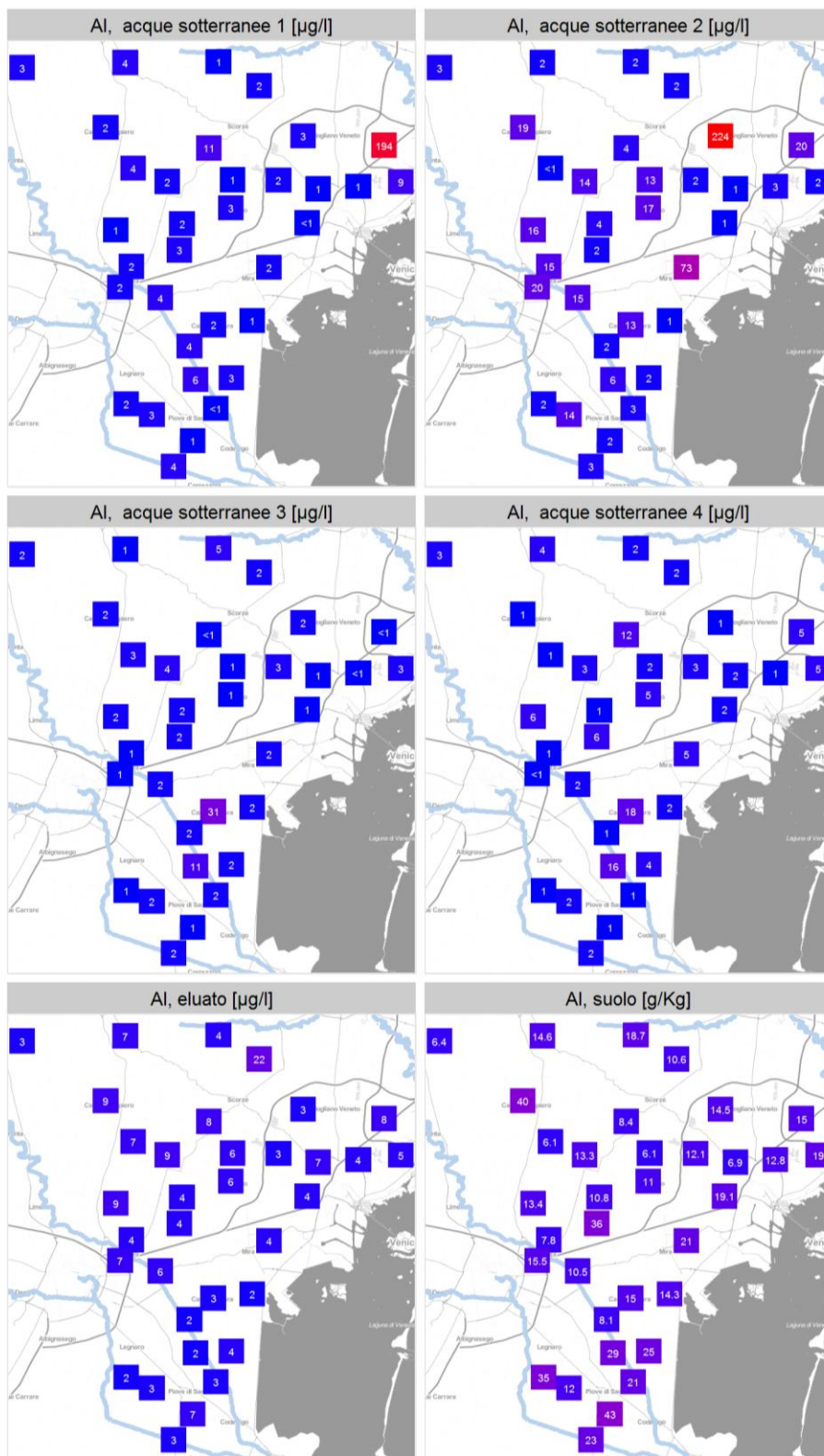


Tabella G-1. Distribuzione spaziale dell'alluminio nelle diverse matrici: acque, eluato e suolo.

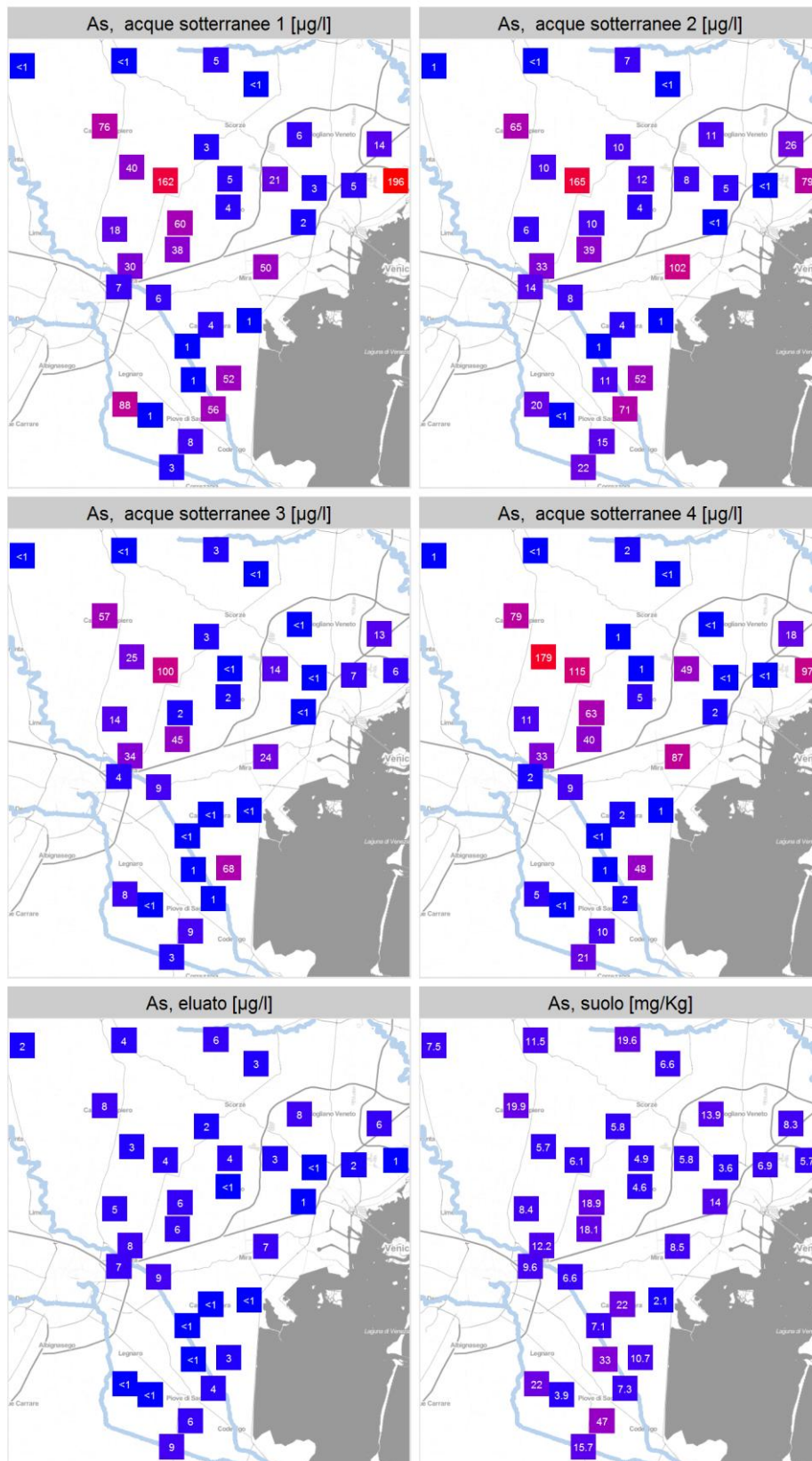


Tabella G-2. Distribuzione spaziale dell'arsenico nelle diverse matrici: acque, eluato e suolo.



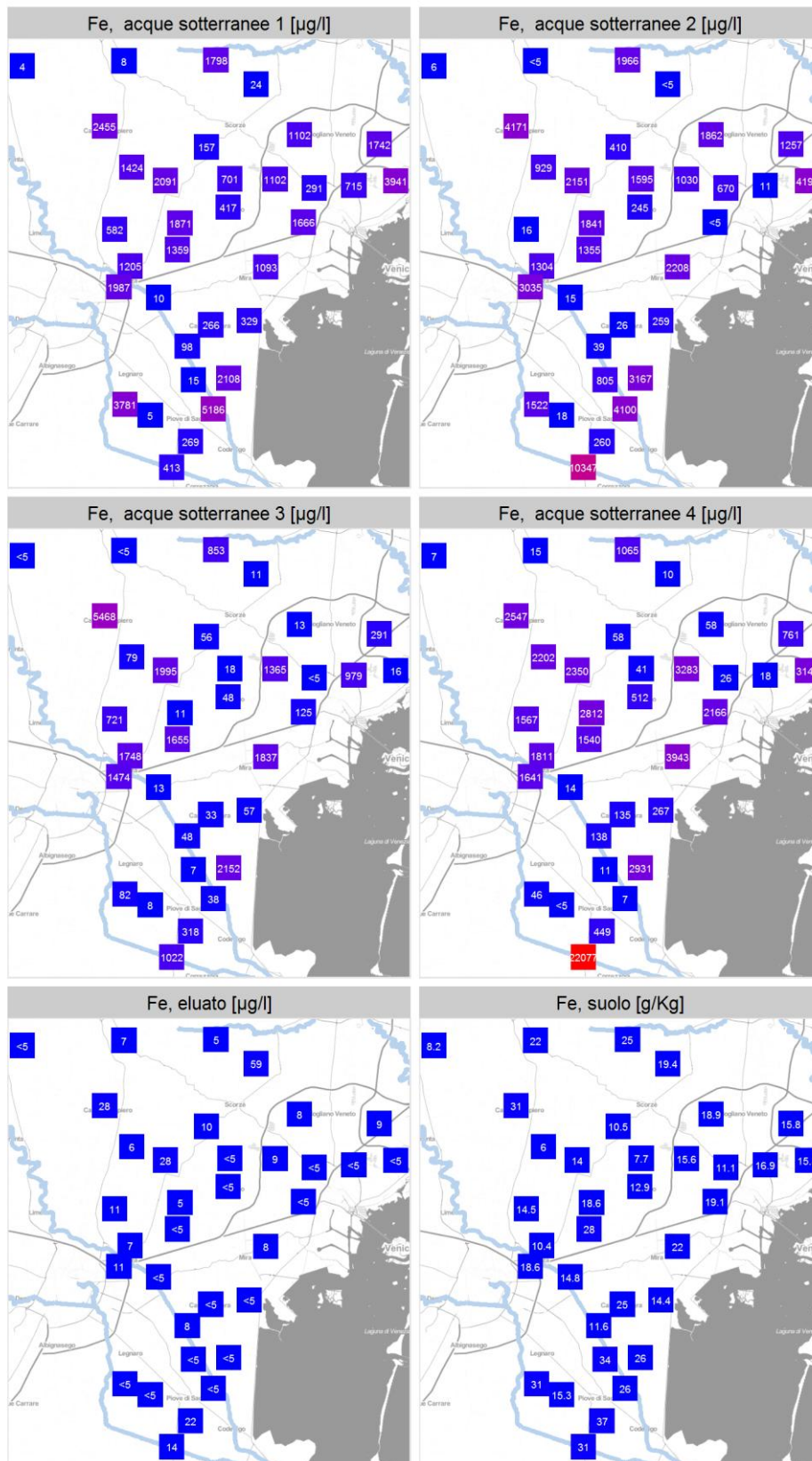


Tabella G-3. Distribuzione spaziale del ferro nelle diverse matrici: acque, eluato e suolo.

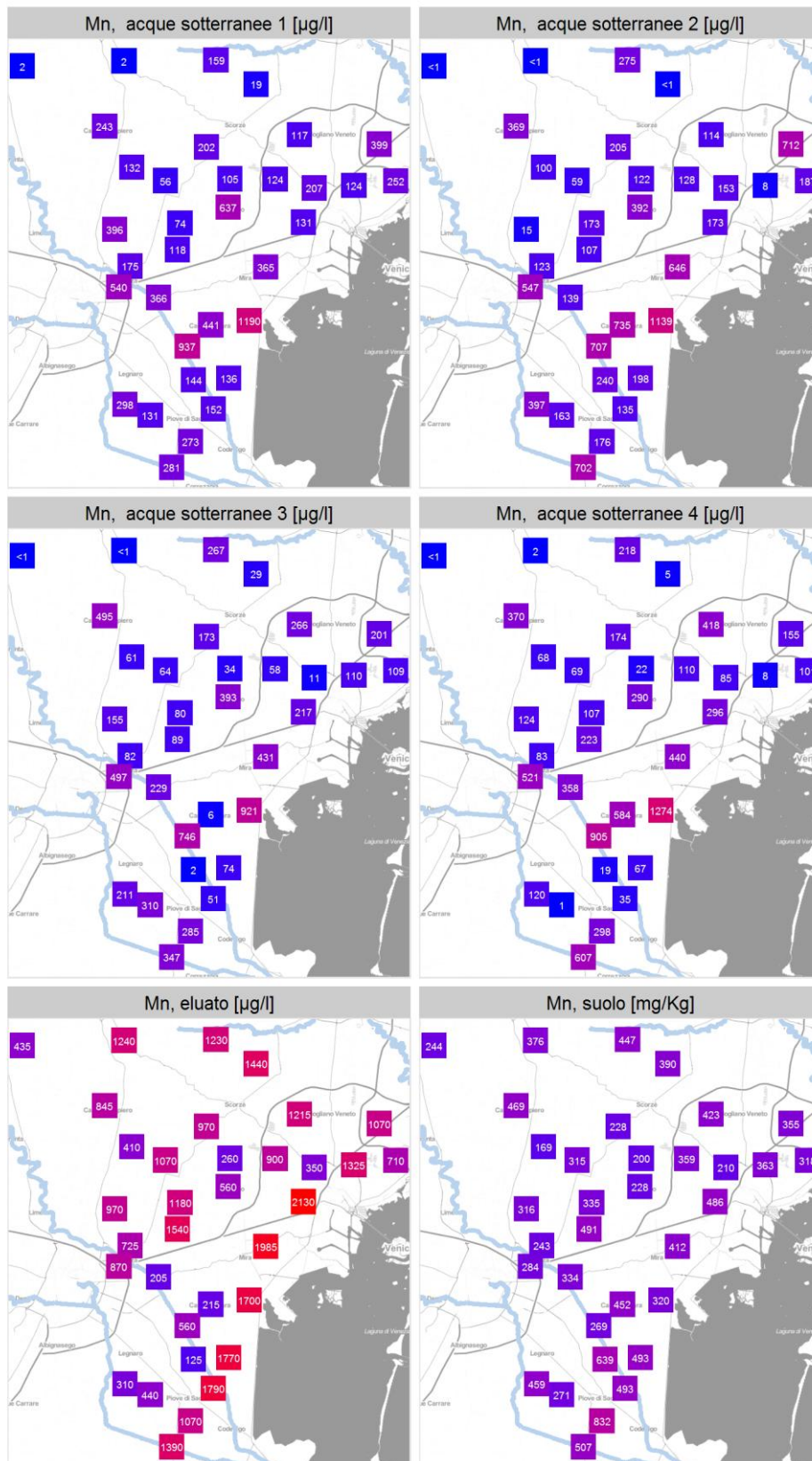


Tabella G-4. Distribuzione spaziale del manganese nelle diverse matrici: acque, eluato e suolo.

## Appendice H – Outlier, tipo di distribuzione e calcolo percentili

Per ciascuno dei parametri sono riportati i seguenti grafici:

- a) grafico della distribuzione cumulativa empirica dei dati (empirical cumulative distribution function, *ecdf-plot*);
- b) *boxplot* per dati censored (*cenboxplot*);
- c) confronto tra la distribuzione cumulativa empirica dei dati e la distribuzione normale;
- d) *quantile-quantile plot* per una distribuzione normale;
- e) confronto tra la distribuzione cumulativa empirica dei dati e la distribuzione lognormale;
- f) *quantile-quantile plot* per una distribuzione lognormale;
- g) confronto tra la distribuzione cumulativa empirica dei dati e la distribuzione gamma;
- h) *quantile-quantile plot* per una distribuzione gamma.

I grafici sono stati realizzati con le funzioni *ecdfPlotCensored*, *cdfCompareCensored* e *qqPlotCensored* del pacchetto *EnvStats* e *cenboxplot* del pacchetto *NADA*.

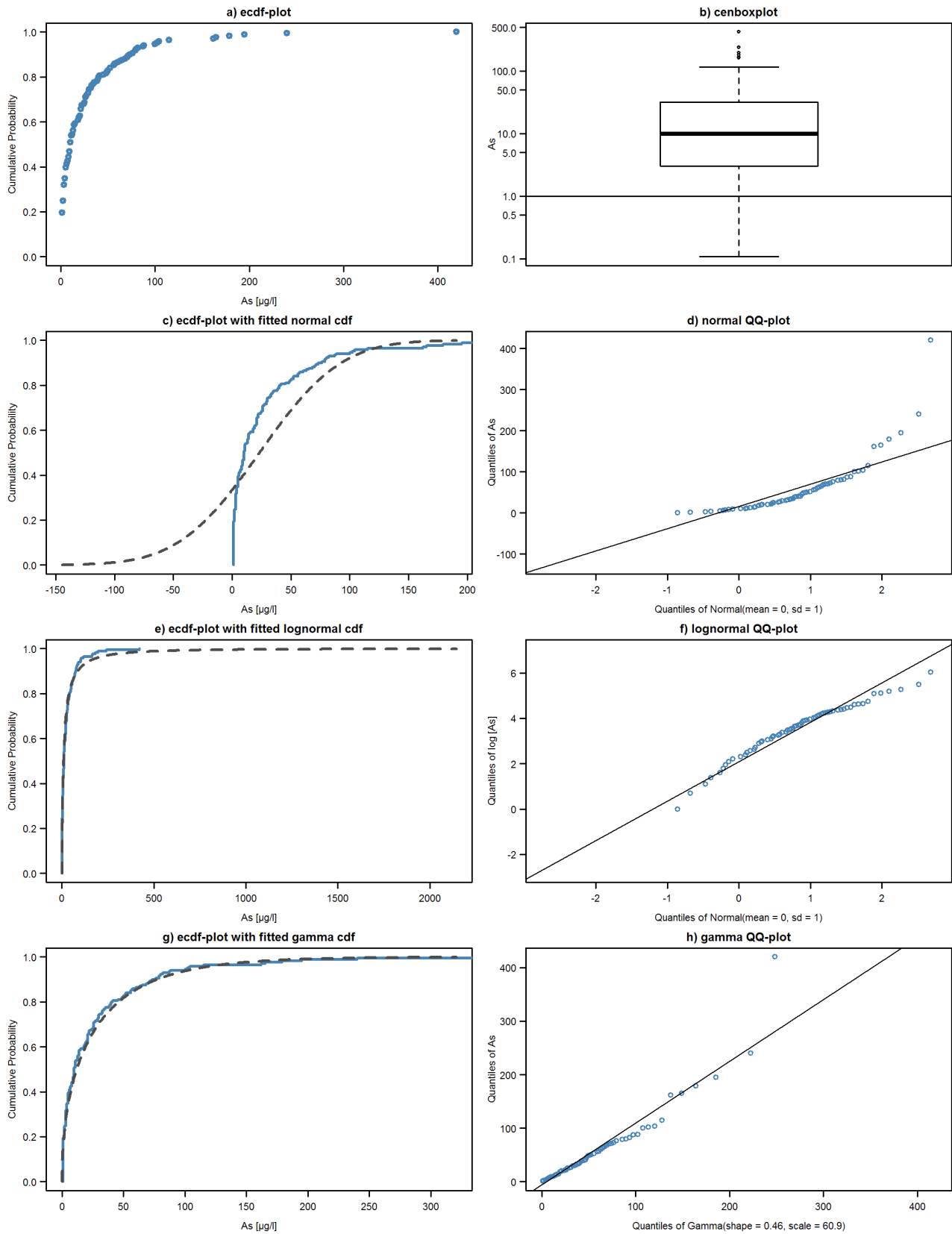
La bontà dell'adattamento è stata testata con le funzioni *gofTestCensored* e *gofTest* del pacchetto *EnvStats* e *lillie.test* del pacchetto *notes*. In caso di risultati discordanti tra i diversi test si è ritenuto che i dati non contenessero sufficienti informazioni per assumere il tipo di distribuzione ipotizzata.

Per il test di Walsh è stata creata una funzione seguendo quanto riportato nel documento EPA's QA/G-9S.

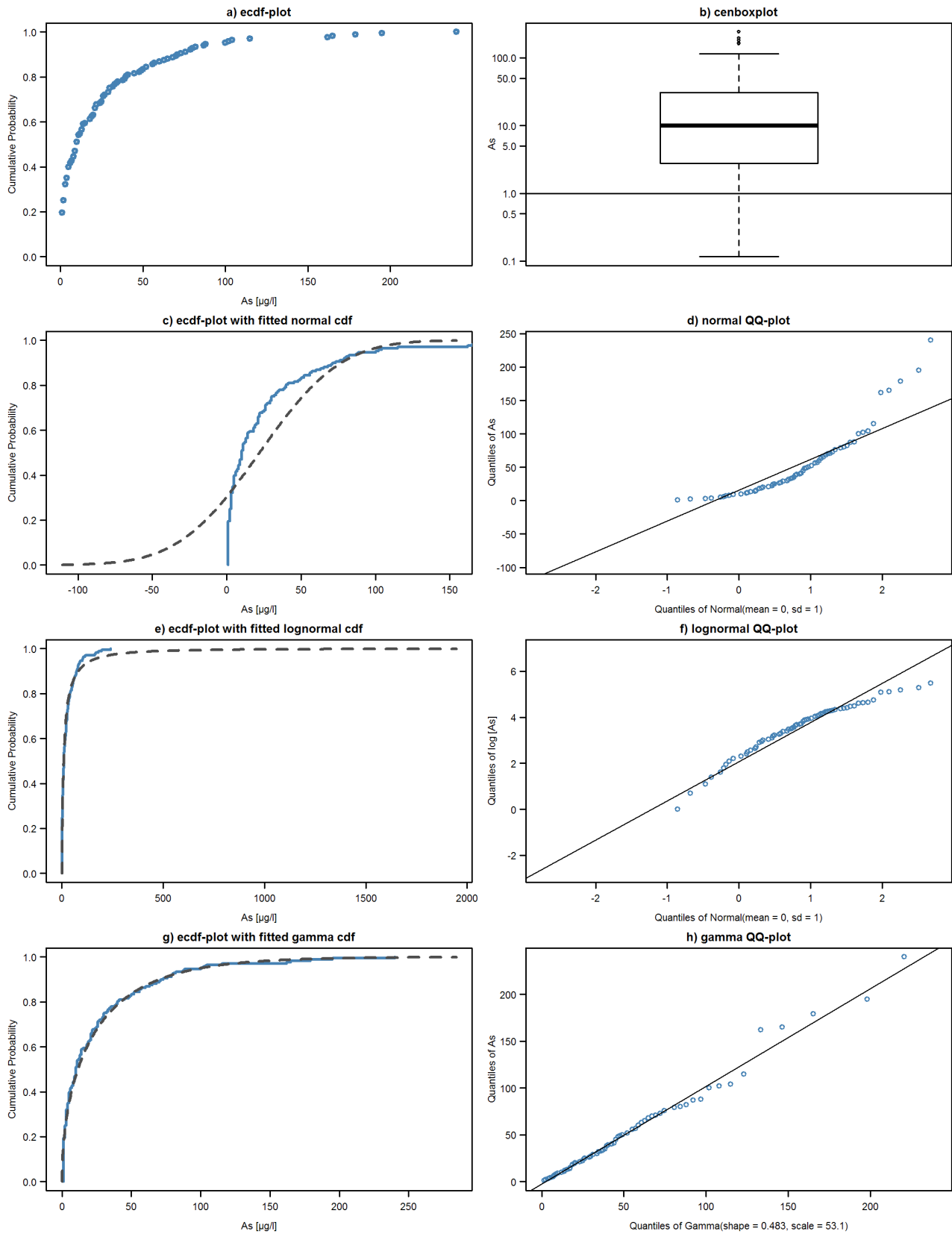
Per il calcolo dei percentili è stata utilizzata la funzione *eqnpar* per il calcolo dei quantili in caso di distribuzione non parametrica e *eqgamma* in caso di distribuzione gamma.

**Tabella H-1. Risultati del test di Walsh per l'individuazione degli outlier ( $\alpha=0.10$ ).**

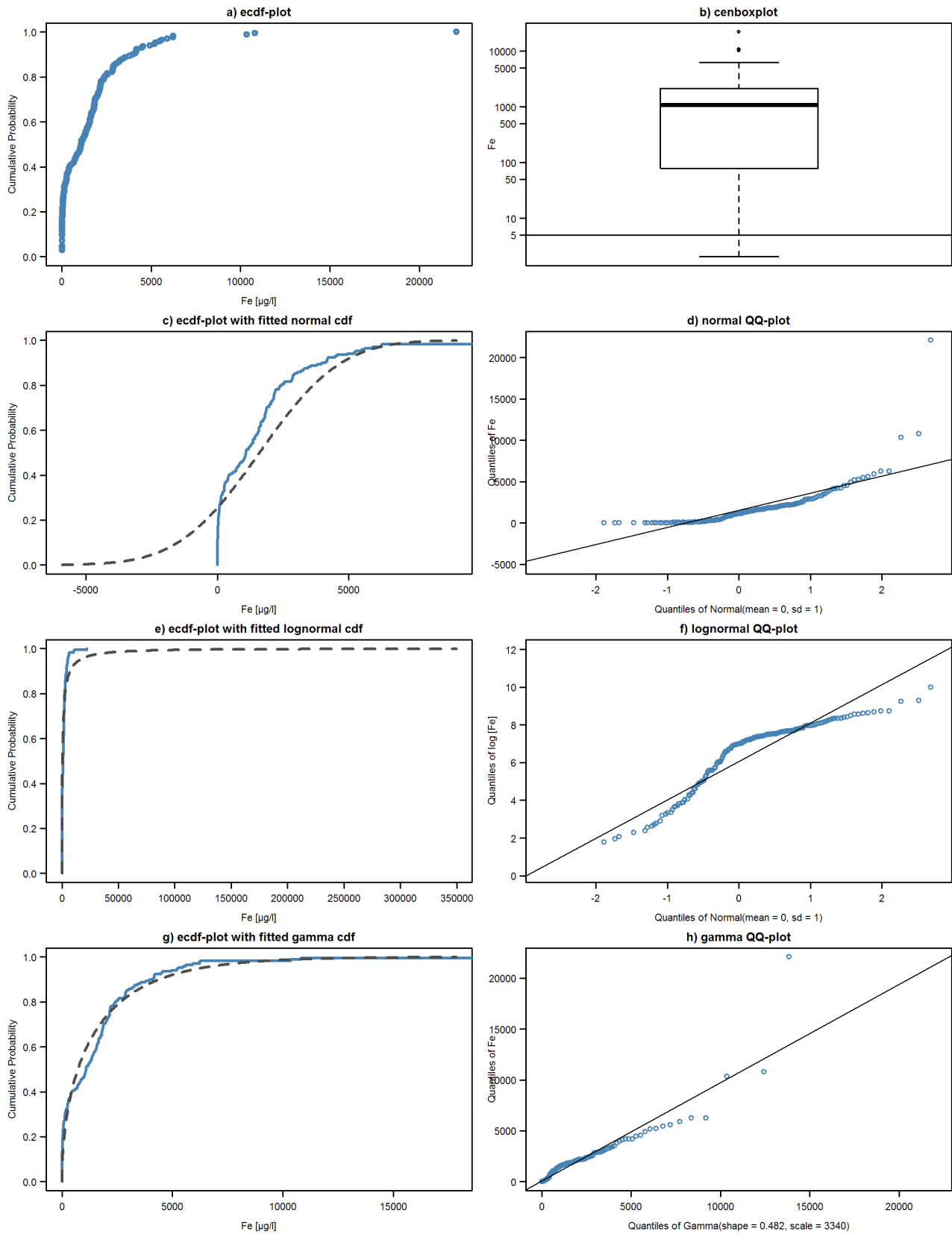
| nome      | n dati | statistica | n outliers | valori              |
|-----------|--------|------------|------------|---------------------|
| ammoniaca | 169    | 10,83      | 1          | 40.5                |
| arsenico  | 169    | 111,23     | 1          | 420                 |
| ferro     | 169    | 2913,68    | 3          | 10347, 10799, 22077 |
| manganese | 169    | 1,83       | 2          | 905, 937            |



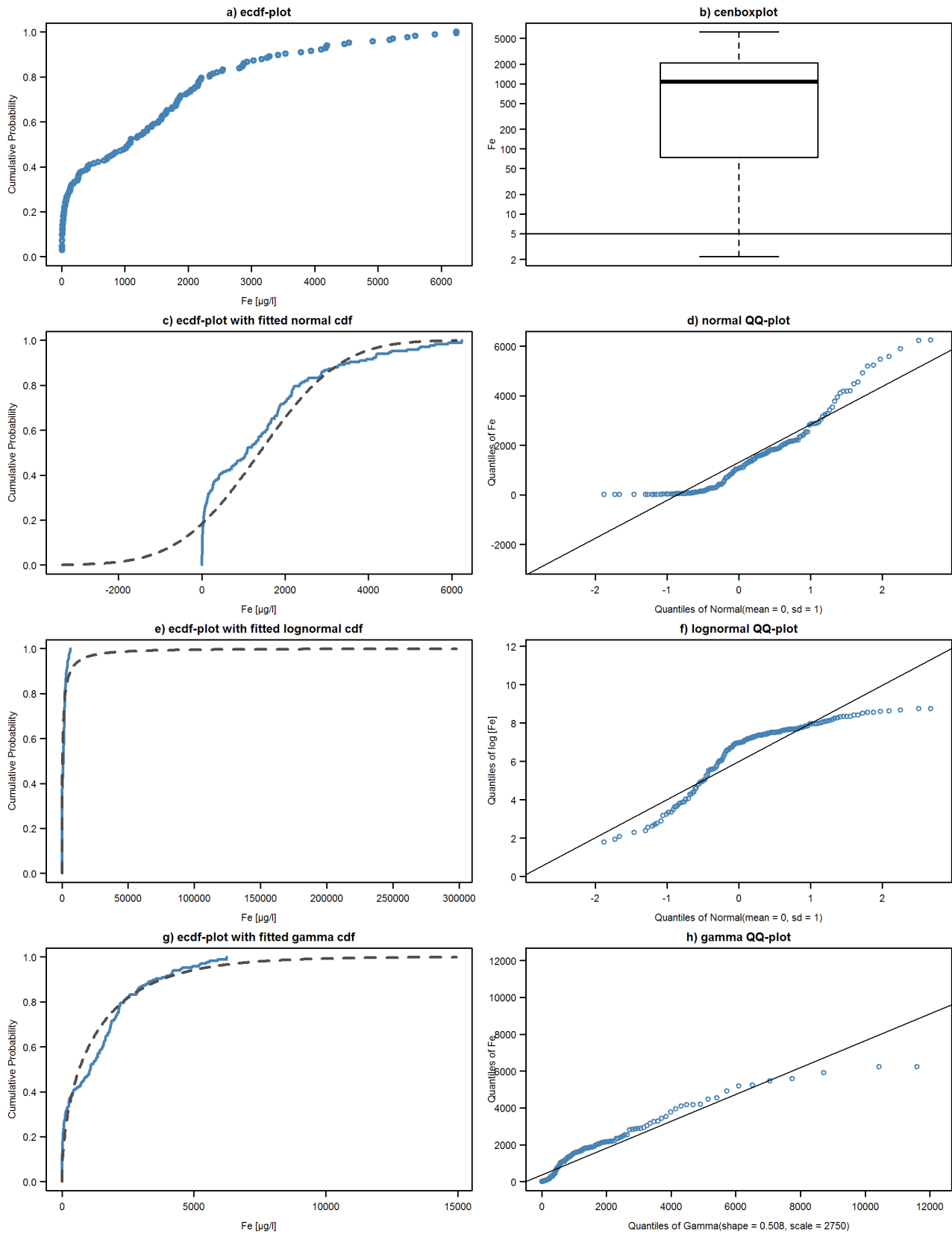
**Figura H-1. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo dell'arsenico.**



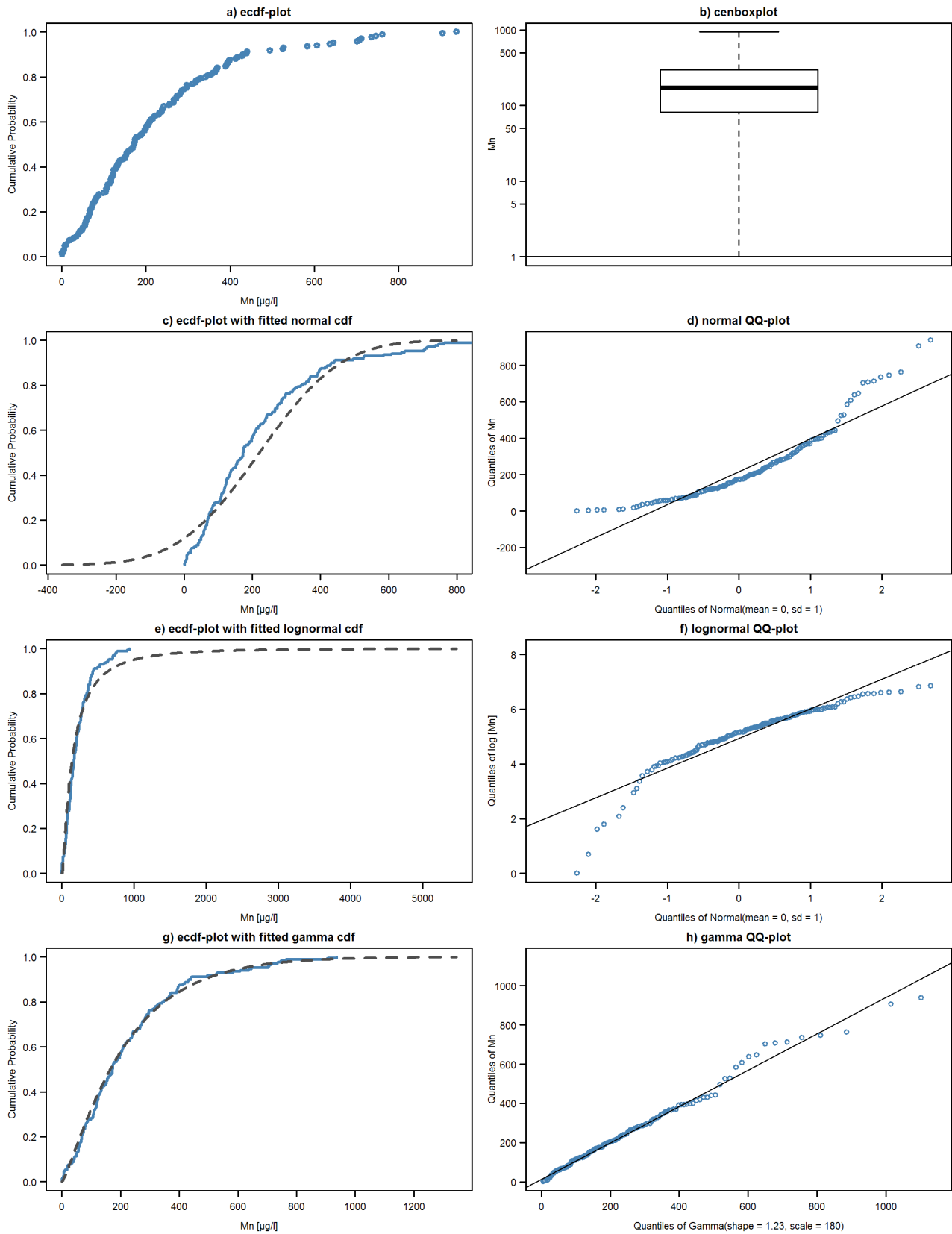
**Figura H-2. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo dell'arsenico dopo la rimozione del valore estremo di 420 µg/l.**



**Figura H-3. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo del ferro.**

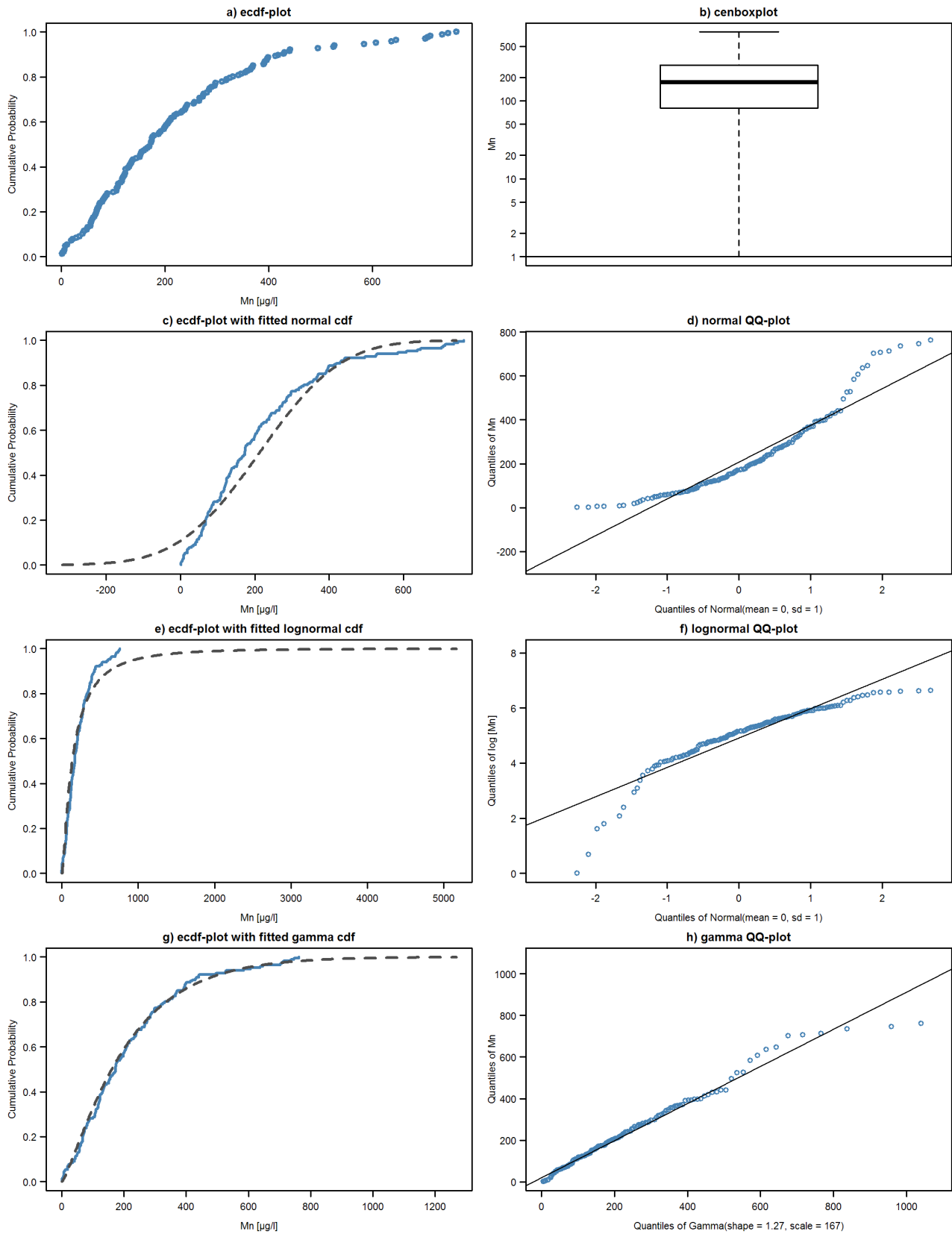


**Figura H-4. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo del ferro dopo la rimozione dei tre valori estremi di 10347, 10799, 22077.**

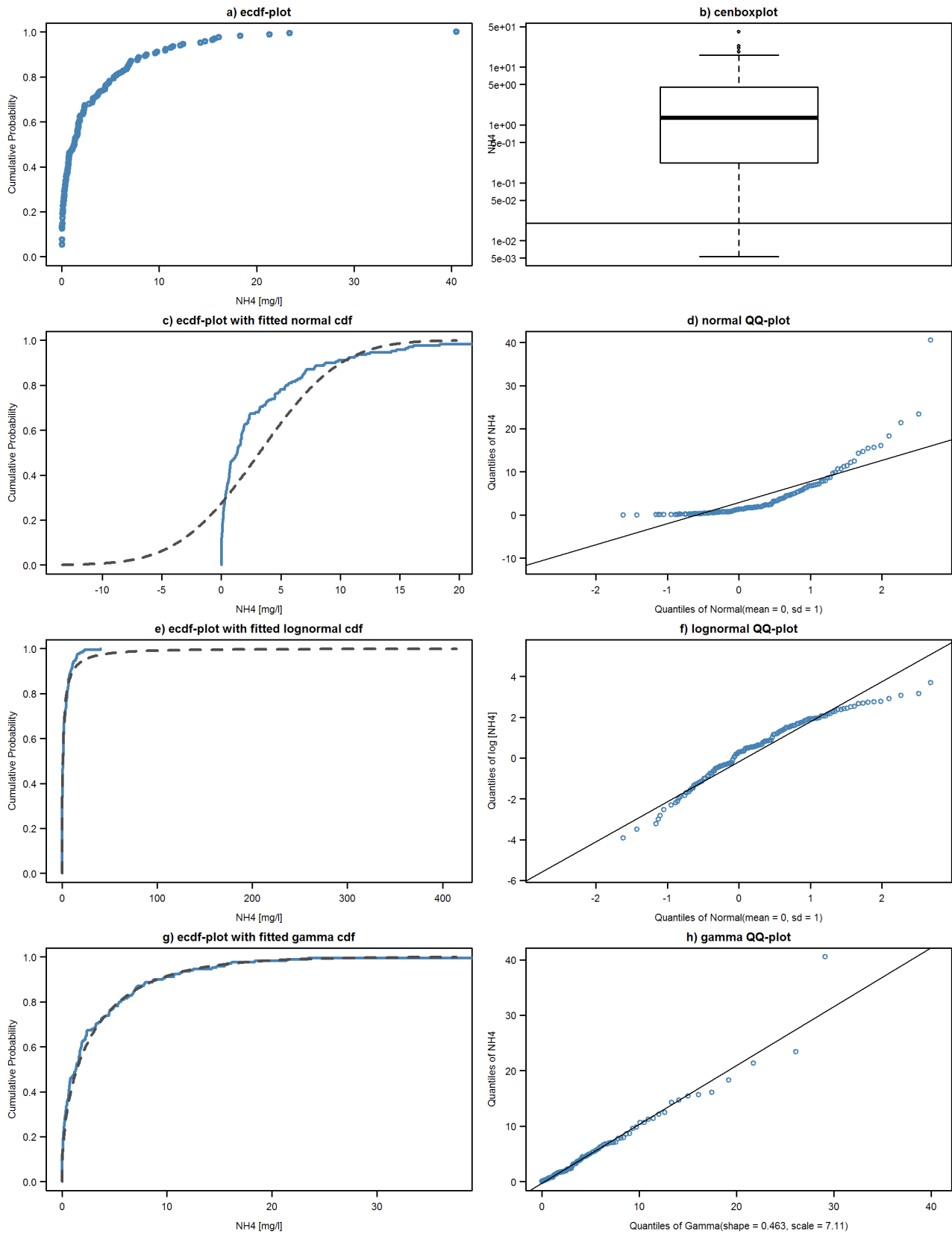


**Figura H-5. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo del manganese.**

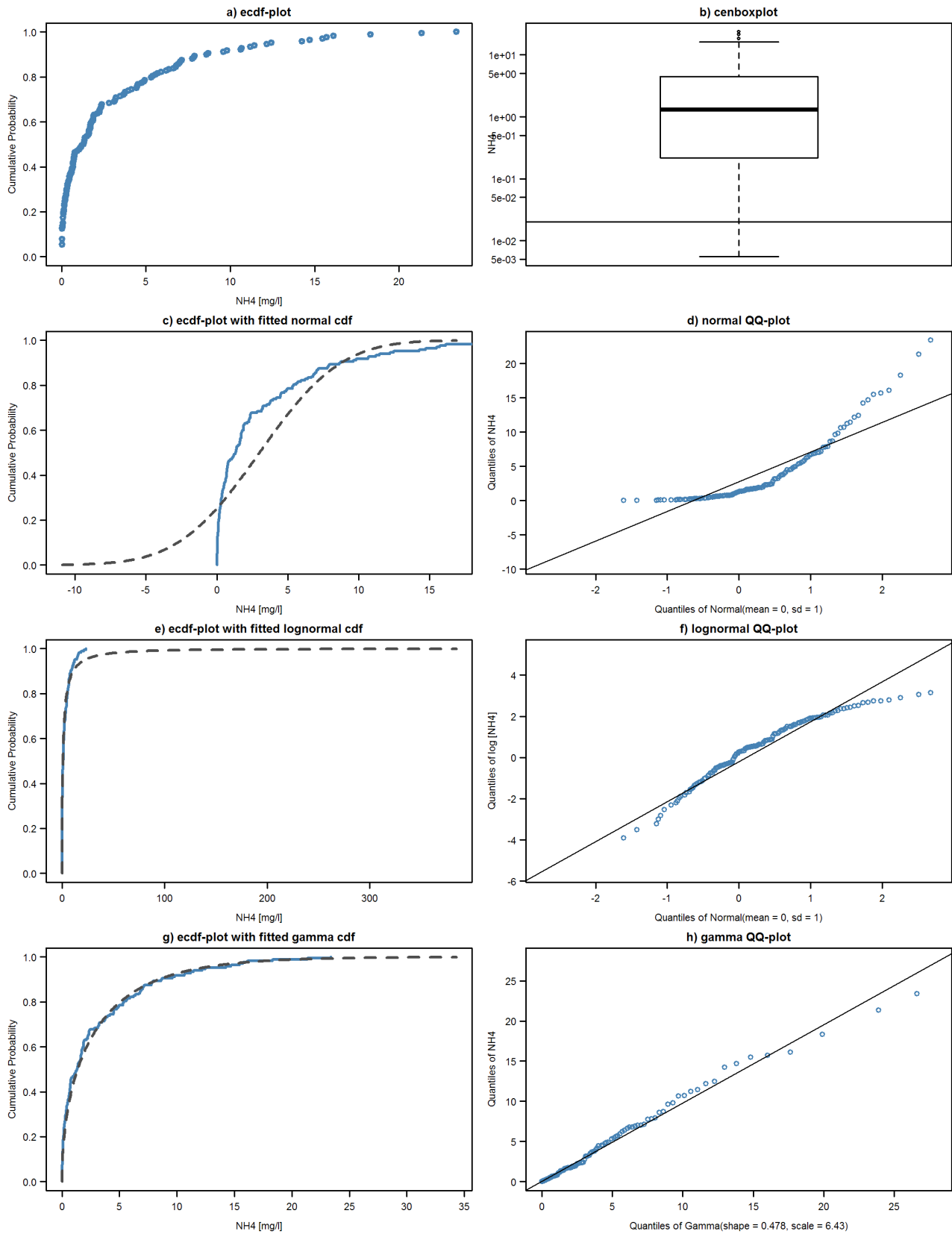




**Figura H-6. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo del manganese dopo la rimozione dei due valori estremi di 905, 937.**



**Figura H-7. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo dell'ammoniaca.**



**Figura H-8. Combinazione di ecdf-plot e QQ-plot per il dataset per la determinazione del valore di fondo dell'ammoniaca dopo la rimozione del valore di 40.5 mg/l.**

**Tabella H-2. Risultati dei test per la selezione del tipo di distribuzione sul dataset di 169 osservazioni. Legenda: mvue=minimum variance unbiased estimator; mle=maximum likelihood estimates; nobs=numero di osservazioni; %cen=percentuale dati censored.**

| parametro | statistica    | p.value      | distribuzione    | metodo  | metodo stima | nobs | %cen |
|-----------|---------------|--------------|------------------|---|--------------|------|------|
| ammoniaca | 0,266         | 0,000        | Normal           | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 169  | 4    |
| ammoniaca | 0,629         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 169  | 4    |
| ammoniaca | 0,682         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 169  | 4    |
| ammoniaca | 3,311         | 0,000        | Normal           | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 169  | 4    |
| ammoniaca | 0,087         | 0,003        | Lognormal        | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 169  | 4    |
| ammoniaca | 0,963         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 169  | 4    |
| ammoniaca | 0,962         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 169  | 4    |
| ammoniaca | -0,377        | 0,042        | Lognormal        | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 169  | 4    |
| ammoniaca | 40,325        | 0,000        | Gamma            | Chi-square GOF                                      | MLE          | 169  | 4    |
| ammoniaca | 0,985         | 0,002        | Gamma            | PPCC GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995)         | MLE          | 169  | 4    |
| ammoniaca | 0,968         | 0,001        | Gamma            | Shapiro-Wilk GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995) | MLE          | 169  | 4    |
| arsenico  | 0,290         | 0,000        | Normal           | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 169  | 14   |
| arsenico  | 0,549         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 169  | 14   |
| arsenico  | 0,667         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 169  | 14   |
| arsenico  | 4,308         | 0,000        | Normal           | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 169  | 14   |
| arsenico  | 0,117         | 0,000        | Lognormal        | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 169  | 14   |
| arsenico  | 0,949         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 169  | 14   |
| arsenico  | 0,970         | 0,004        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 169  | 14   |
| arsenico  | <b>0,043</b>  | <b>0,818</b> | <b>Lognormal</b> | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 169  | 14   |
| arsenico  | 70,432        | 0,000        | Gamma            | Chi-square GOF                                      | MLE          | 169  | 14   |
| arsenico  | 0,959         | 0,000        | Gamma            | PPCC GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995)         | MLE          | 169  | 14   |
| arsenico  | 0,920         | 0,000        | Gamma            | Shapiro-Wilk GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995) | MLE          | 169  | 14   |
| ferro     | 0,249         | 0,000        | Normal           | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 169  | 2    |
| ferro     | 0,603         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 169  | 2    |
| ferro     | 0,636         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 169  | 2    |
| ferro     | 4,541         | 0,000        | Normal           | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 169  | 2    |
| ferro     | 0,184         | 0,000        | Lognormal        | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 169  | 2    |
| ferro     | 0,904         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 169  | 2    |
| ferro     | 0,894         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 169  | 2    |
| ferro     | -0,673        | 0,000        | Lognormal        | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 169  | 2    |
| ferro     | 46,006        | 0,000        | Gamma            | Chi-square GOF                                      | MLE          | 169  | 2    |
| ferro     | 0,978         | 0,000        | Gamma            | PPCC GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995)         | MLE          | 169  | 2    |
| ferro     | 0,955         | 0,000        | Gamma            | Shapiro-Wilk GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995) | MLE          | 169  | 2    |
| manganese | 0,128         | 0,000        | Normal           | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 169  | 1    |
| manganese | 0,865         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 169  | 1    |
| manganese | 0,875         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 169  | 1    |
| manganese | 1,492         | 0,000        | Normal           | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 169  | 1    |
| manganese | 0,123         | 0,000        | Lognormal        | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 169  | 1    |
| manganese | 0,883         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 169  | 1    |
| manganese | 0,888         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 169  | 1    |
| manganese | -1,578        | 0,000        | Lognormal        | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 169  | 1    |
| manganese | <b>20,444</b> | <b>0,085</b> | <b>Gamma</b>     | Chi-square GOF                                      | MLE          | 169  | 1    |
| manganese | <b>0,993</b>  | <b>0,074</b> | <b>Gamma</b>     | PPCC GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995)         | MLE          | 169  | 1    |
| manganese | <b>0,985</b>  | <b>0,070</b> | <b>Gamma</b>     | Shapiro-Wilk GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995) | MLE          | 169  | 1    |

**Tabella H-3. Risultati dei test per la selezione del tipo di distribuzione sul dataset eliminati gli outlier statistici. Legenda: mvue=minimum variance unbiased estimator; mle=maximum likelihood estimates; nobs=numero di osservazioni; %cen=percentuale dati censored.**

| parametro | statistica    | p.value      | distribuzione    | metodo  | metodo stima | nobs | %cen |
|-----------|---------------|--------------|------------------|---|--------------|------|------|
| ammoniaca | 0,244         | 0,000        | Normal           | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 168  | 4    |
| ammoniaca | 0,708         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 168  | 4    |
| ammoniaca | 0,765         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 168  | 4    |
| ammoniaca | 2,167         | 0,000        | Normal           | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 168  | 4    |
| ammoniaca | 0,089         | 0,002        | Lognormal        | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 168  | 4    |
| ammoniaca | 0,959         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 168  | 4    |
| ammoniaca | 0,957         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 168  | 4    |
| ammoniaca | -0,401        | 0,031        | Lognormal        | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 168  | 4    |
| ammoniaca | 40,190        | 0,000        | Gamma            | Chi-square GOF                                      | MLE          | 168  | 4    |
| ammoniaca | 0,986         | 0,003        | Gamma            | PPCC GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995)         | MLE          | 168  | 4    |
| ammoniaca | 0,968         | 0,001        | Gamma            | Shapiro-Wilk GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995) | MLE          | 168  | 4    |
| arsenico  | 0,261         | 0,000        | Normal           | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 168  | 14   |
| arsenico  | 0,656         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 168  | 14   |
| arsenico  | 0,788         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 168  | 14   |
| arsenico  | 2,761         | 0,000        | Normal           | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 168  | 14   |
| arsenico  | 0,119         | 0,000        | Lognormal        | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 168  | 14   |
| arsenico  | 0,945         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 168  | 14   |
| arsenico  | 0,963         | 0,001        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 168  | 14   |
| arsenico  | <b>0,002</b>  | <b>0,993</b> | <b>Lognormal</b> | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 168  | 14   |
| arsenico  | 69,524        | 0,000        | Gamma            | Chi-square GOF                                      | MLE          | 168  | 14   |
| arsenico  | 0,965         | 0,000        | Gamma            | PPCC GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995)         | MLE          | 168  | 14   |
| arsenico  | 0,929         | 0,000        | Gamma            | Shapiro-Wilk GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995) | MLE          | 168  | 14   |
| ferro     | 0,178         | 0,000        | Normal           | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 166  | 2    |
| ferro     | 0,848         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 166  | 2    |
| ferro     | 0,888         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 166  | 2    |
| ferro     | 1,254         | 0,000        | Normal           | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 166  | 2    |
| ferro     | 0,188         | 0,000        | Lognormal        | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 166  | 2    |
| ferro     | 0,889         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 166  | 2    |
| ferro     | 0,876         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 166  | 2    |
| ferro     | -0,710        | 0,000        | Lognormal        | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 166  | 2    |
| ferro     | 42            | 0,000        | Gamma            | Chi-square GOF                                      | MLE          | 166  | 2    |
| ferro     | 0,973         | 0,000        | Gamma            | PPCC GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995)         | MLE          | 166  | 2    |
| ferro     | 0,942         | 0,000        | Gamma            | Shapiro-Wilk GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995) | MLE          | 166  | 2    |
| manganese | 0,117         | 0,000        | Normal           | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 167  | 1    |
| manganese | 0,888         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 167  | 1    |
| manganese | 0,897         | 0,000        | Normal           | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 167  | 1    |
| manganese | 1,281         | 0,000        | Normal           | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 167  | 1    |
| manganese | 0,126         | 0,000        | Lognormal        | Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test      |              | 167  | 1    |
| manganese | 0,875         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF                                 | mvue         | 167  | 1    |
| manganese | 0,880         | 0,000        | Lognormal        | Shapiro-Francia GOF (Singly Censored Data)          | MLE          | 167  | 1    |
| manganese | -1,635        | 0,000        | Lognormal        | Zero-Skew GOF                                       | mvue         | 167  | 1    |
| manganese | <b>18,581</b> | <b>0,137</b> | <b>Gamma</b>     | Chi-square GOF                                      | MLE          | 167  | 1    |
| manganese | 0,991         | 0,029        | Gamma            | PPCC GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995)         | MLE          | 167  | 1    |
| manganese | 0,981         | 0,021        | Gamma            | Shapiro-Wilk GOF Based on Chen & Balakrisnan (1995) | MLE          | 167  | 1    |