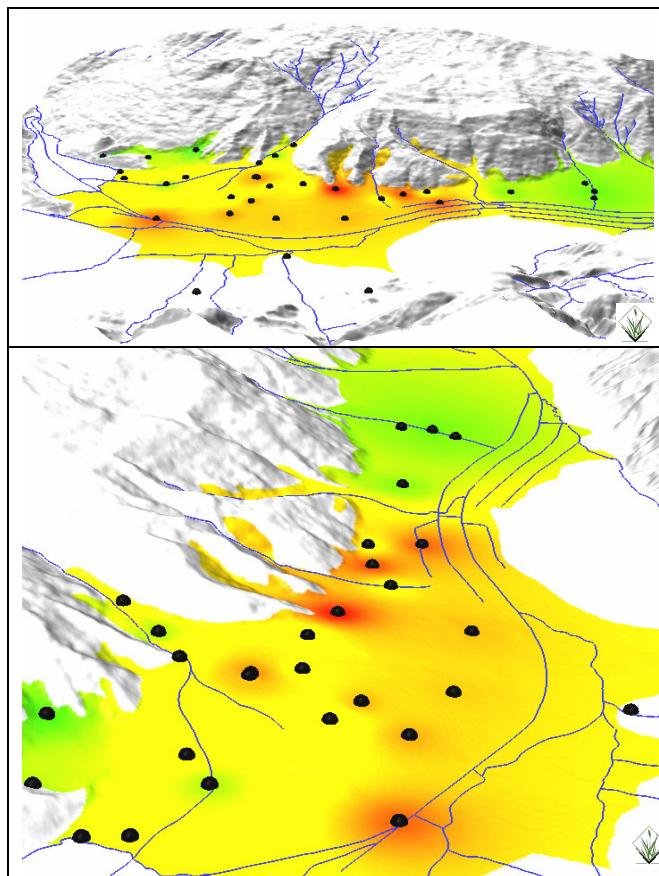




## **AMMINISTRAZIONE COMUNALE**

### **COMUNE DI LEVICO TERME**



MAPPATURA AMBIENTALE DEL CONTENUTO IN METALLI DEL TERRENO AL  
FINE DELLA DEFINIZIONE DEL FONDO NATURALE IN PARTE DEL  
TERRITORIO COMUNALE DI LEVICO TERME

### **RELAZIONE TECNICA**

dicembre 2007

STUDIO DI GEOLOGIA  
*dott. Paolo Passardi*  
Largo Nazario Sauro, 22 - 38100 Trento  
Telefono e Fax 0461/261109  
C.F. PSSPLA61M28L378V P. IVA 01438490227

1. PREMESSA.....	2
2. UBICAZIONE DELL'AREA ESAMINATA.....	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	5
4. SITUAZIONE GEOMORFOLOGICA GENERALE .....	14
5. CAMPIONAMENTO .....	15
<i>5.1 Distribuzione dei sondaggi .....</i>	15
<i>5.2 Procedura di campionamento .....</i>	16
<i>5.3 Litologia dei livelli campionati .....</i>	18
<i>5.4 Riporto .....</i>	19
6. RISCONTRI ANALITICI.....	20
7. ELABORAZIONE DEI DATI .....	25
<i>7.1 Identificazione dei dati utili all'elaborazione .....</i>	25
<i>7.2 Presenza di metalli in profondità .....</i>	25
<i>7.3 Presenza di metalli nei differenti substrati.....</i>	27
<i>7.4 Distribuzione geografica .....</i>	28
<i>7.5 Criteri per la zonizzazione .....</i>	34
<i>7.6 Set di dati per la determinazione del fondo naturale e determinazione degli "outliers" .....</i>	37
8. VALORI DI CONCENTRAZIONE DEI METALLI – FONDI NATURALI.....	45
9. DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI METALLI ARSENICO, PIOMBO, RAME, STAGNO, ZINCO MEDIANTE INTERPOLAZIONE .....	46
10. CONCLUSIONI .....	49

## MAPPATURA AMBIENTALE DEL CONTENUTO IN METALLI DEL TERRENO AL FINE DELLA DEFINIZIONE DEL FONDO NATURALE IN PARTE DEL TERRITORIO COMUNALE DI LEVICO TERME

### 1. PREMessa

Su incarico e per conto dell'**AMMINISTRAZIONE COMUNALE** del **COMUNE DI LEVICO TERME** è stato eseguito il presente studio sul contenuto naturale in metalli del terreno di una porzione del territorio comunale di Levico Terme; l'indagine si è sviluppata a fronte dei risultati di alcune analisi chimiche di terreni oggetto di escavazione per lavori diversi, in cui era stata messa in luce la presenza di metalli in percentuali consistenti.

Il territorio comunale di Levico si estende per oltre 62 kmq nel Trentino Orientale, e presenta a sud la zona dell'altopiano di Vezzena, con ampie superfici subpianeggianti che sono chiuse verso settentrione dalla Cima di Vezzena, che si affaccia sulla ripidissima scarpata che costituisce il fianco meridionale della Valsugana, al cui piede si allargano alcune piccole conoidi alluvionali su cui sorgono, da ovest ad est, le frazioni di Quaere, S.Giuliana e Barco. Comprendendo quindi un tratto di fondovalle della Valsugana, solcato dal Fiume Brenta ed in cui, ad ovest, si pongono gli specchi lacustri del Lago di Caldronazzo e del Lago di Levico, il territorio risale il fianco montuoso verso nord fino a comprendere l'area di Vetriolo, da cui prende origine il Rio Maggiore che ha formato la conoide ove si erge la città, e quindi si sviluppa sul Monte Fronte e si estende a raggiungere il crinale soprastante, dominato dalla catena Cima Storta (q. 1870 m) - M. Panarotta (q. 2001 m s.l.m.).

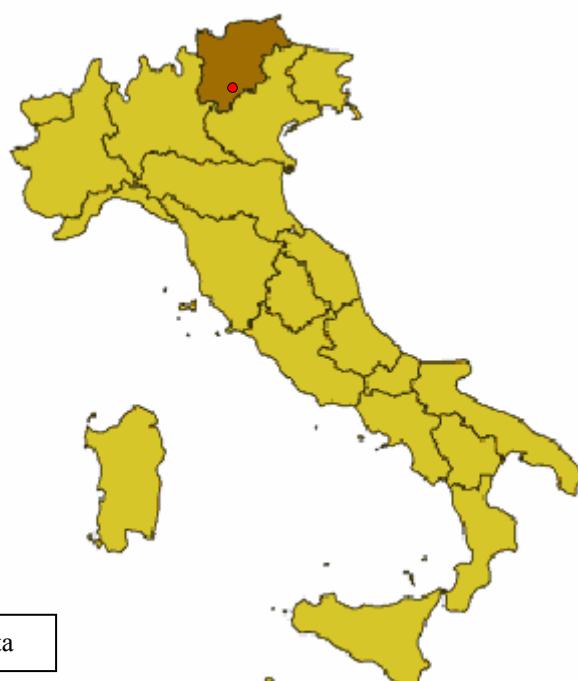


Figura 1: ubicazione dell'area studiata

Lo studio ha interessato essenzialmente la conoide alluvionale del torrente Rio Maggiore su cui si sviluppa l'abitato di Levico, e parte del fondovalle; le indagini e le analisi eseguite sono da ritenersi sufficienti, secondo gli standard in vigore, per identificare un valore del contenuto naturale di metalli; ulteriori indagini potranno consentire lo sviluppo dello studio e l'ampliamento della zona interessata.

Lo studio è stato sviluppato in collaborazione e sotto la supervisione della **PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO**, nello specifico dell'**Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente (APPA) - Unita' operativa Tutela del suolo e del Progetto Speciale Recupero ambientale e urbanistico delle Aree industriali.**

Riferimento primario per l'impostazione dello studio sono stati gli elaborati **"Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale"**, giugno 2006, e **"SITO DI INTERESSE NAZIONALE DI PORTO MARGHERA – Studio sui valori di concentrazione dell'arsenico nei suoli ad uso residenziale"**, novembre 2006, editi nel dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici dell'Istituto Superiore di Sanità. Si è tenuto conto inoltre di quanto riportato in **"L'arsenico nelle rocce, nelle acque superficiali e nelle acque sotterranee della Valle dell'Adige fra Mezzolombardo e Matterello e presso Roverè della Luna (TRENTO)"** – 2005 di A.Fuganti, G.Morteani, G.Bazzoli, S.Cocco, E.Santuliana, M.Visintainer.

Le tabelle di riferimento per le concentrazioni limite dei metalli sono state tratte dal **Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"**.

Per quanto compete agli aspetti relativi alla geologia ed alla morfologia della zona si è fatto riferimento anche al capitolo **"INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO DI LEVICO TERME"** a cura di Paolo Passardi, contenuto nel volume I del libro **"LEVICO – I segni della storia"** edito nell'anno 2000 dalla CASSA RURALE DI LEVICO TERME.

L'analisi dei dati è stata sviluppata in collaborazione con lo **Studio Ingegneria Ambientale WSC STUDIO di Ing. G.Marcazzan e M.Tovazzi**, che ha curato anche gli aspetti grafici.

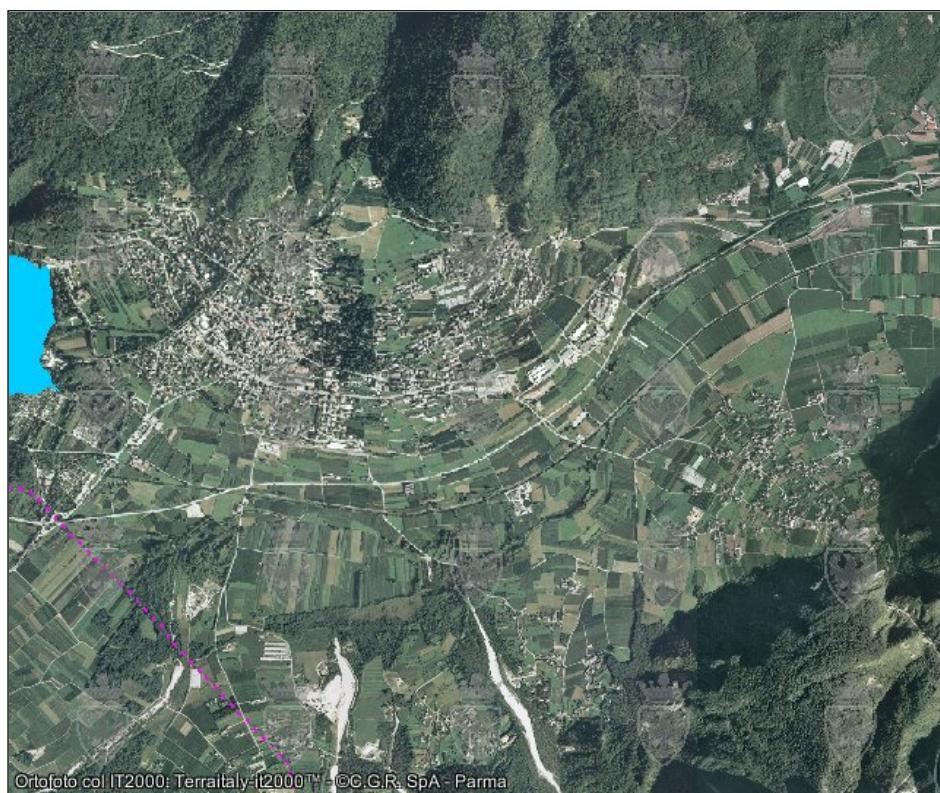


Figura 2:  
panoramica della  
zona di indagine  
sul fondovalle  
della Valsugana

## **2. UBICAZIONE DELL'AREA ESAMINATA**

Il territorio comunale di Levico ha notevole estensione e si sviluppa su un'area che presenta morfologia e litologia molto varie e differenti (vedi immagine sottostante).

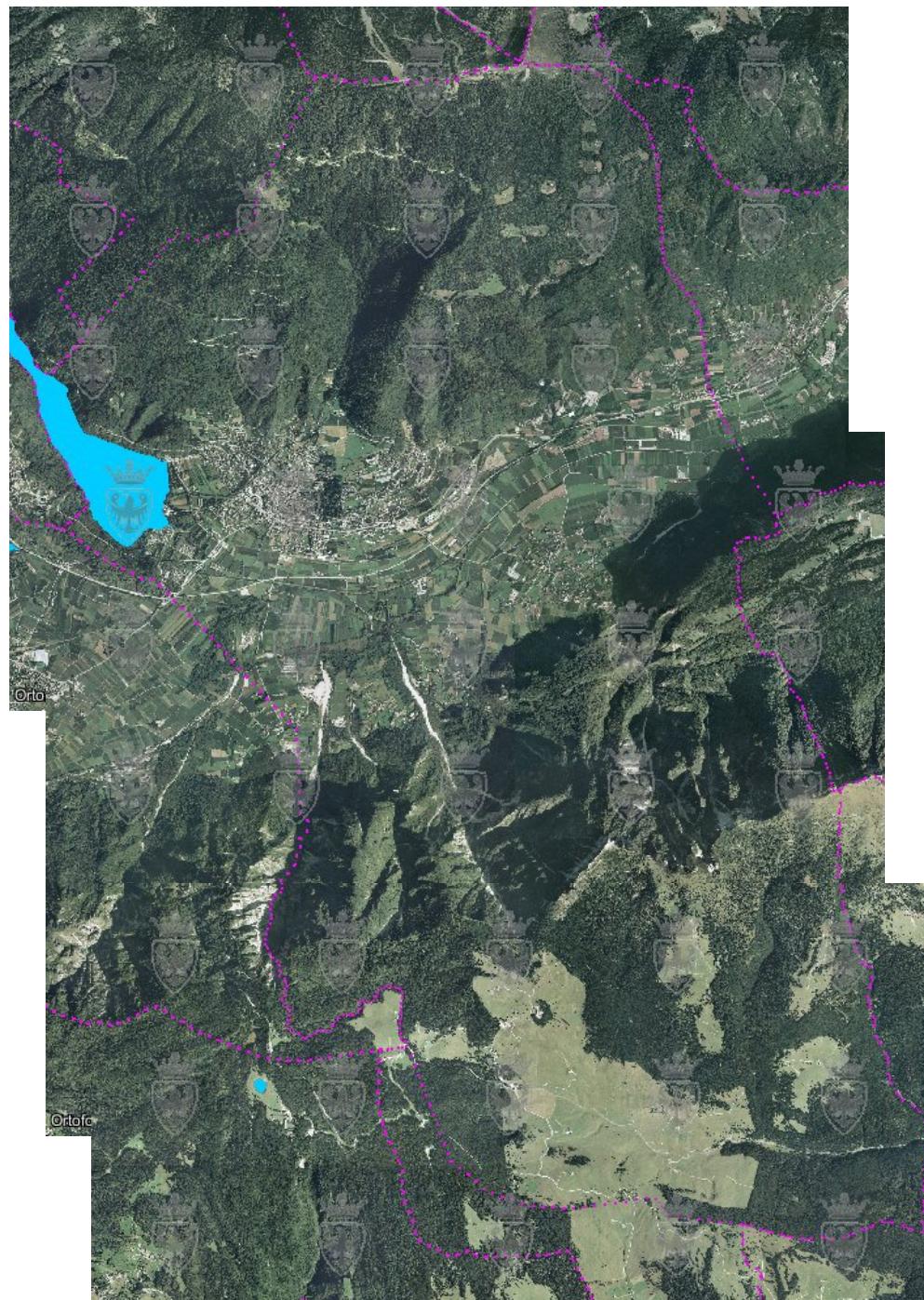


Figura 3: territorio comunale dalla cartografia on-line della PAT

La zona che costituisce il versante meridionale della Valsugana e l'ampia area dell'altopiano di Vezzena possiede un substrato roccioso costituito prevalentemente dalla successione carbonatica giurassico-cretacea in facies veneta, con stratificazioni a giaciture suborizzontali o leggermente inclinate, in cui si identificano per lo più la formazione del Biancone e del Rosso Ammonitico e le formazioni dell'Oolite di S. Vigilio

e dei Calcari Grigi di Noriglio. Essa costituisce una zona poco o nulla mineralizzata, e quindi non riveste importanza, al momento per il presente elaborato.

Ben diversa la situazione del versante settentrionale della Valsugana, ed in particolare del tratto a monte della città di Levico, ove da tempo immemore si sono esercitate attività legate allo sfruttamento ed alla coltivazione delle miniere nella zona Panarotta – Vetriolo. La zona oggetto dello studio costituisce il tratto basale di questo fianco montuoso ed il fondovalle immediatamente sottostante; dal punto di vista topografico, la zona del Monte Fronte, di Vetriolo e della città di Levico si colloca nella Tavola 060160 “Levico T.” della *carta topografica generale del territorio provinciale*, edita dalla P.A.T. in scala 1:10.000, cui si è fatto riferimento per alcune delle tavole indicate.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Al fine di presentare un quadro geologico sufficientemente esplicativo, si deve sottolineare che l'area in esame comprende il lineamento tettonico della **Linea della Valsugana**, una delle principali discontinuità del Sudalpino; essa ha avuto un importante ruolo nel movimento di compressione e deformazione della crosta terrestre che ha origine nella collisione dei due continenti europeo ed africano ed ha un ruolo nel fatto che sui rilievi presso Levico *si siano manifestate le aggregazioni minerali sfruttate nei secoli per l'estrazione di prodotti rari in altre zone*.

La Linea della Valsugana delimita verso sud la Piattaforma Porfirica Atesina; in base a quanto descritto nelle Note Illustrative della carta geologica d'Italia, Foglio 21 – TRENTO, *si ritiene che vi sia al di sotto della Piattaforma Porfirica Atesina un bacino magmatico, a cui vanno riferite sia le vulcaniti paleozoiche sia le rocce intrusive del gruppo di Cima d'Asta*.

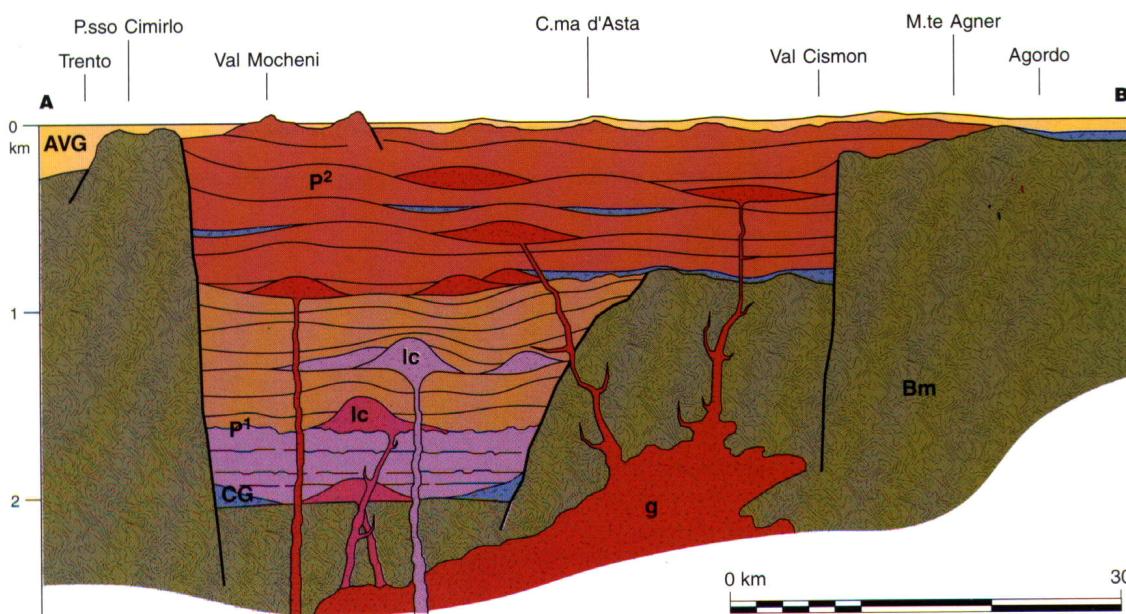


Figura 4. schema tratto da “Geologia delle Dolomiti” - A.Bosellini, 1996

Nella precedente figura, tratta da “Geologia delle Dolomiti” - A.Bosellini, 1996), si rinviene facilmente la posizione della zona adiacente a Levico (indicata come Val dei Mocheni) e si può osservare *la complessità e la variabilità dei prodotti vulcanici nella*

parte inferiore, mentre quella superiore è più omogenea e costituita quasi completamente da ignimbriti riolitiche (da Bosellini, 1996)

L'azione della Linea della Valsugana prima confinante nei confronti delle vulcaniti, e successivamente dislocante della porzione a settentrionale, può essere compresa più facilmente mediante gli schemi successivi dell'inversione della Linea della Valsugana, ad illustrazione dei quali scrive il prof. A.Bosellini: “*La Paleo-Valsugana, cioè la faglia permiana che bordava la Caldera di Bolzano, viene ripresa durante la fase neoalpina e diventa una faglia di compressione sudvergente. L'inversione è favorita dalla relativa indeformabilità del Complesso Porfirico Atesino e dalla forte differenza di rigidità rispetto alle rocce situate immediatamente a sud della Valsugana*”.

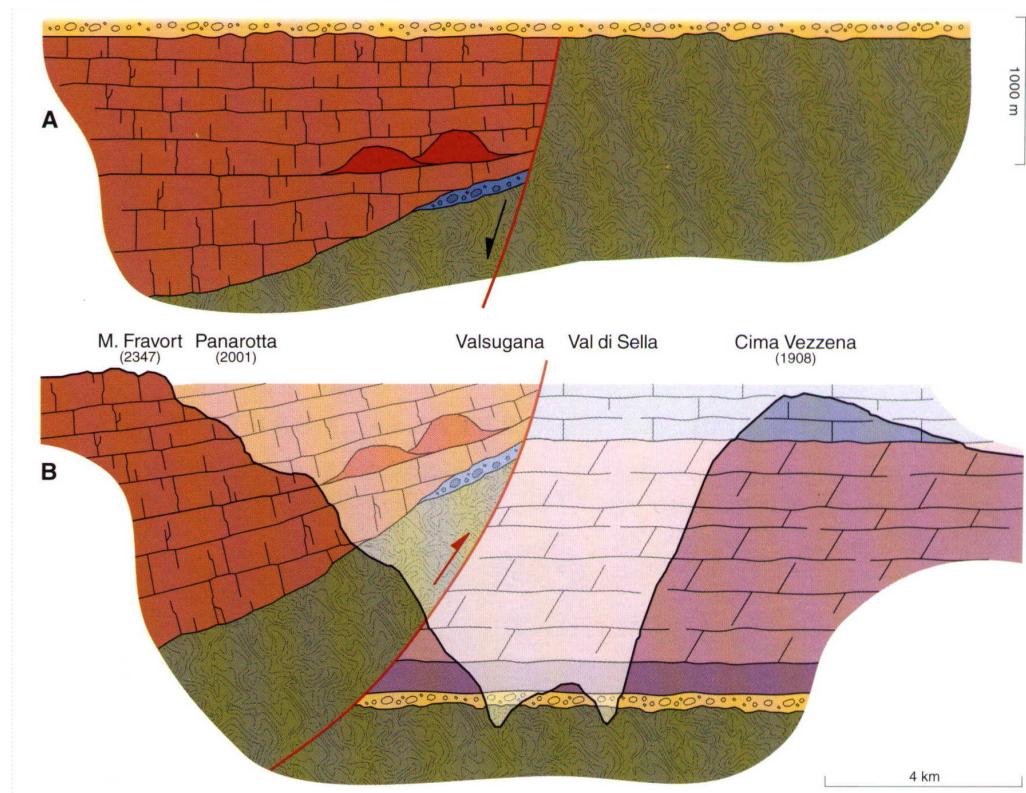


Figura 5. schemi illustrativi tratti da “Geologia delle Dolomiti” - A.Bosellini, 1996

Questa importante dislocazione porta dunque le formazioni del basamento cristallino e i depositi vulcanici permiani a sovrascorrere, in ragione dell'inclinazione del piano di movimento, sulle formazioni più recenti

La stratigrafia dell'area in esame può essere così schematizzata:

- *alluvioni di fondovalle* (QUATERNARIO): presenti sul fondo della Valsugana, sono costituite da depositi alluvionali derivanti dall'abbandono del materiale trasportato dalle acque del fiume Brenta nelle fasi di piena; la costituzione delle alluvioni è identificabile essenzialmente in ghiaie e sabbie disposte in letti gradati, con presenza di livelli formati da materiale fine sabbioso-limoso anche in superficie, relativi alle fasi di ritiro delle acque di piena, ed lenti e livelli limosi in profondità; tali materiali sono frammisti nell'area studiata con quelli lacustri essenzialmente limo-argillosi, che si depositavano ove le acque permanevano nei periodi privi di apporti da parte dei corsi d'acqua circostanti. Si tratta di sedimenti medio-finì, interpretabili come depositi prodotti sia dalle esondazioni

del fiume Brenta che dalla parte più fine del trasporto solido dei corsi d'acqua provenienti dai versanti, che qui possono interdigitarsi. I depositi alluvionali che riempiono il fondo vallivo sono caratterizzati da spessori dell'ordine di parecchie decine di metri ed in genere nella porzione più superficiale risultano composti da sedimenti assai fini, che possono risultare anche argillosi o torbosi; dal punto di vista litologico la parte granulare può appartenere a formazioni diverse, derivando anche dai depositi morenici asportati dai versanti ed in generale facendo riferimento ad un bacino imbrifero molto più vasto;

- *depositi di conoide alluvionale* (QUATERNARIO): si estendono sia alla base del versante settentrionale, con i coni di Levico (Rio Maggiore) e Campiello, sia di quello meridionale, con i coni di Quaere, S.Giuliana e Barco. Essi derivano dal deposito del trasporto solido dei torrenti allo sbocco delle loro incisioni nella valle principale; la natura dell'accumulo corrisponde a ghiaie e sabbie con ciottoli di dimensioni eterogenee, più o meno fortemente arrotondati secondo l'entità del trasporto subito, con ciottoli e massi anche di grandi dimensioni in matrice sabbiosa, a tratti limosa. La natura litologica degli elementi lapidei è riferibile essenzialmente alle rocce che si rinvengono nel bacino idrogeologico del corso d'acqua. In considerazione delle modalità di deposizione del materiale (fasi di piena e di esondazione del torrente, e relative regressioni) e delle caratteristiche delle rocce a monte, sono rinvenibili all'interno del sedimento letti a granulometria fine, spesso disposti con forma lenticolare;
- *roccia in posto* che si rinviene nell'area a monte delle incisioni, sui fianchi delle vallecole e sui dossi privi di copertura; la roccia ha sovente una copertura data da materiale di disfacimento, il cui spessore è variabile da pochi decimetri ad alcuni metri.

Come sudetto, la netta differenziazione tra la porzione a nord e quella sud della Valsugana, porta il territorio comunale di Levico a mostrare litologie molto diverse nella porzione che si sviluppa nella zona di Vezzena, da quelle che si riconoscono nella zona della Panarotta. Tralasciando le formazioni del fianco meridionale della Valsugana, sul versante a nord, invece, compaiono i seguenti termini stratigrafici, la cui descrizione deriva in gran parte dalle definizioni presenti nelle Note illustrative del Foglio 21 “TRENTO” della Carta Geologica d’Italia: le formazioni descritte appartengono quindi al *basamento cristallino*, e sono date da:

*Filladi quarzifere* (ARCHEOZOICO-PALEOZOICO) corrispondenti a rocce metamorfiche a grana minuta, con aspetto scistoso che può risultare localmente massiccio; hanno colore da verde brillante a grigio-verde, che può passare al giallo-bruno, con caratteristico aspetto sericeo dovuto alla presenza di minerali micacei; si riscontra la presenza di lenti e letti quarzitici; in genere risultano fittamente ripiegate, con fenomeni di spiccata e fitta scistosità e di clivaggio;

*Graniti porfirici*: sono rocce decisamente acide e con profonde trasformazioni postmagmatiche, in particolare albitizzazioni e cloritzazioni; i porfidi granitici costituiscono filoni un po’ dovunque; i porfidi felsitici e le felsiti della zona della Panarotta formano corpi irregolari con locali impasti anche fittissimi di breccia filladica in felsite;

*Paragneiss*: parascisti albitici nodulari in facies a biotite e clorite, sono rocce mediamente scistose, di colore grigio a vario tono, con scistosità da piana ad ondulata, con cristalletti visibili di albite e quarzo in matrice minuta; si intercalano e sfumano a filladi, molto più scistose e a grana minuta e a fels quarzo-albitici;

*Porfiroidi*: rocce quasi massicce o mediamente scistose, per lo più grigio chiare o biancastre, con rossi cristalli feldspatici.

Per permettere di visualizzare la distribuzione dei termini litologici ed osservare la presenza dei filoni (sulla carta piccole lenti verdastre) che sono stati oggetto della coltivazione mineraria sia nella zona della Panarotta – Cinque Valli, che in quella di Vignola e di Campiello, si riporta un estratto della Carta Geologica d'Italia.

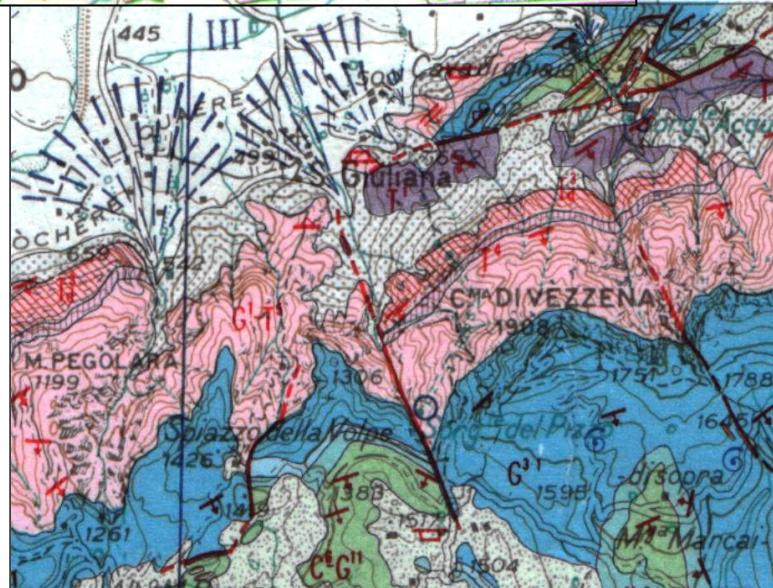


Figura 6: estratti dalla Carta geologica d'Italia:

- sopra, Foglio TRENTO
- a destra: Foglio SCHIO

Si riporta inoltre uno schema della distribuzione delle formazioni nella zona di Vetriolo, tratto da “Studio idrogeologico delle sorgenti di Vetriolo”, di A.Fuganti.

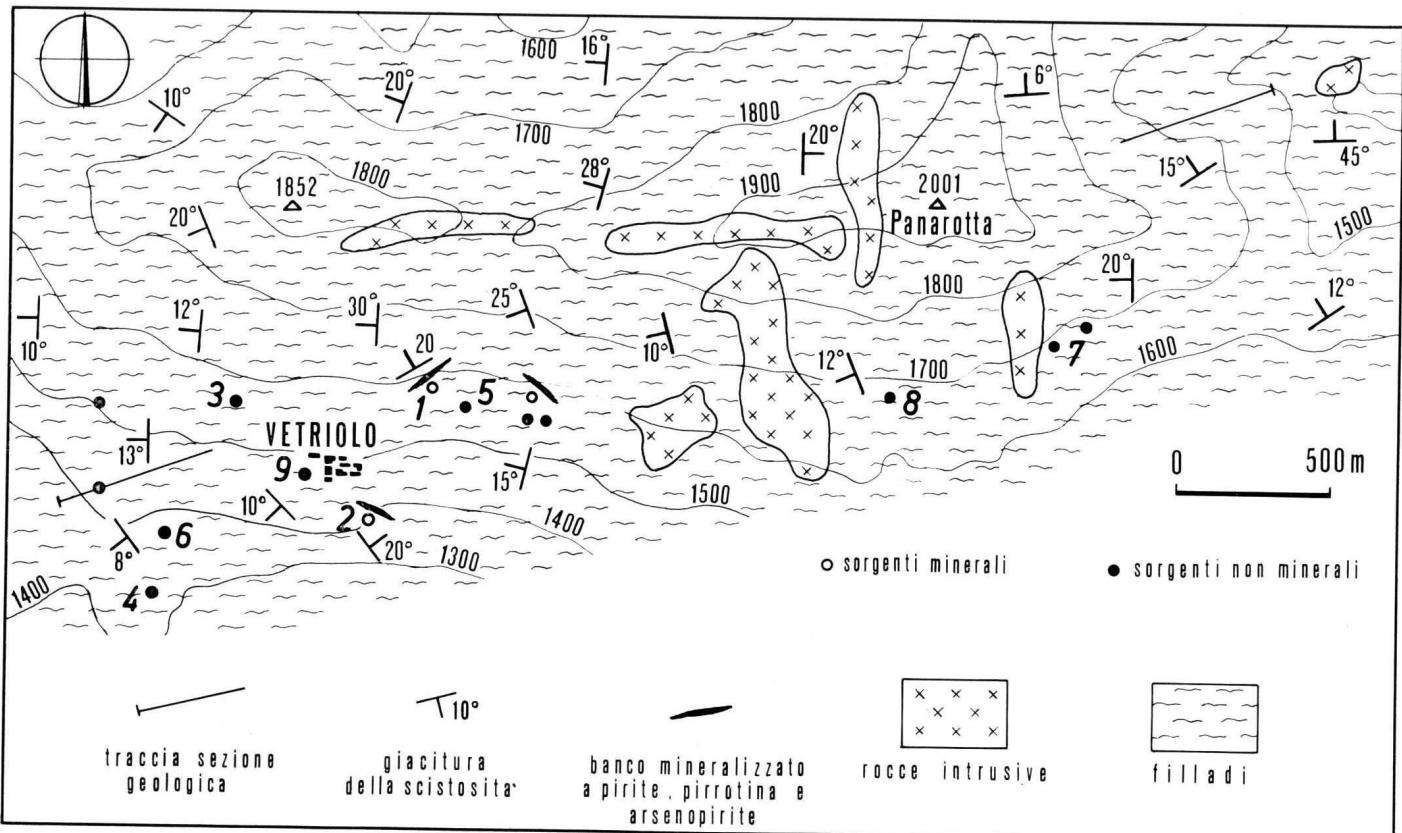


Figura 7: geologia della zona di Vетriolo, tratto da “Studio idrogeologico delle sorgenti di Vетriolo”, A.Fuganti.

Dal citato volume “LEVICO – I segni della storia” si riporta per intero il paragrafo dedicato all’attività mineraria:

Questo argomento sarà trattato diffusamente nei capitoli successivi, ma si ritiene opportuno segnare almeno le osservazioni presenti nelle **Note Illustrative** del Foglio geologico “Trento”, che riportano:

*Numerosissime manifestazioni di minerali metallici e non metallici sono presenti nell’area ...La maggior parte di esse ha attualmente una importanza solamente storica e scientifica a causa dell’esaurimento dei giacimenti e della esiguità delle manifestazioni ...omissis...Gli ambienti geologico-petrografici principali in cui si insediano le mineralizzazioni, sotto forma di filoni, corpi stratoidi, vene, o per diffusa impregnazione e sostituzione in determinanti sedimenti, sono le metamorfiti sudalpine, le vulcaniti della piattaforma porfirica atesina ed i sedimenti permiani. I minerali primari principali sono, fra i metallici galena, blenda, calcopirite e pirite, e tra i non metallici barite, fluorite e quarzo; nelle varie associazioni si riscontrano in bassa percentuale anche arsenopirite, tettreadite, siderite, antimonite, pirrotina, ecc. Il distretto metallifero principale si trova nei dintorni di Pergine Valsugana.*

Tra i giacimenti principali vengono citati nelle Note:

- *Vignola*, sfruttato dapprima per piombo e zinco, quindi per fluorite;
- *Valar di Pergine*, costituito da due filoni a blenda, galena, calcopirite, siderite, arsenopirite e tettreadite;
- *Cinquevalli*, costituito da corpi filoniani a blenda e galena e calcopirite, con associazioni di sulfuri vari;
- *Calceranica*, dato da una lente a pirite in elevata percentuale (90%), associata a galena, blenda, arsenopirite e jamsonite.

Per quanto riguarda la zona di interesse, si descrive: nella zona di Vетriolo è stato coltivato un corpo mineralizzato (tipo Calceranica) concordante con le filladi, a pirite, associato con uno ad arsenopirite: dalle vecchie gallerie scaturiscono attualmente le acque minerali di Levico e Vетriolo.

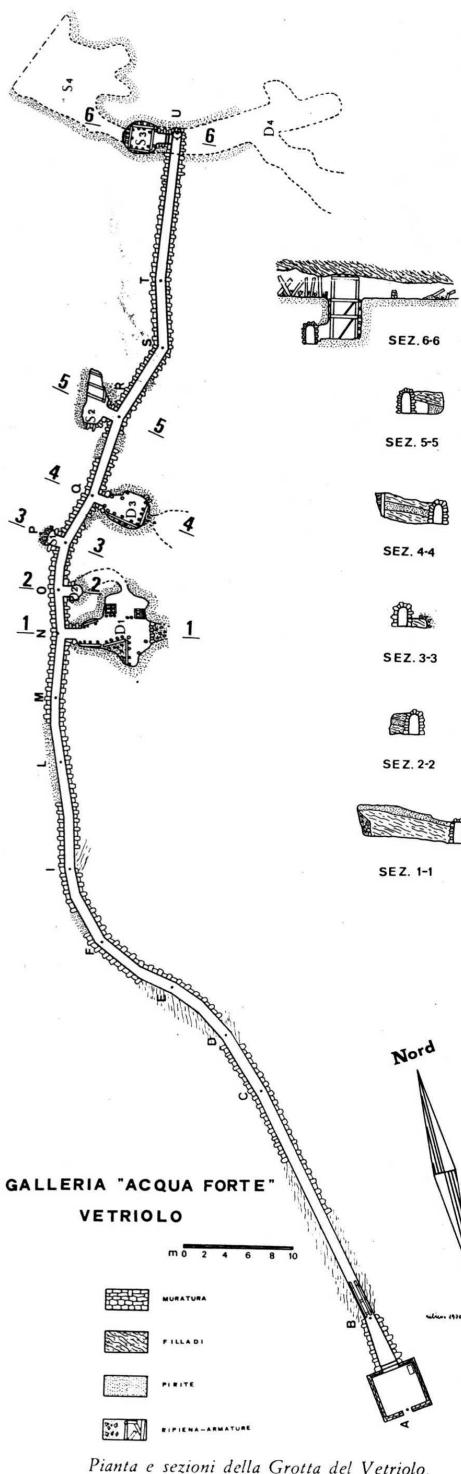


Figura 8: planimetria della galleria dell'acqua "forte" da *Le sorgenti minerali di Levico - Vетriolo e Roncegno* di Brigatti M.F., Detomaso G., Perna G., Poppi L., 1974

A riconferma della concentrazione dell'attività mineraria nel distretto di Pergine, ed in particolare nella zona tra il Brenta ed il Fersina, si allega la carta mineraria relativa al Trentino - Alto Adige, per quanto si riferisce a galena e blenda, tratta da "Galena e Blenda"- G. Perna, L'industria

mineraria nel Trentino Alto Adige; la fitta presenza di coltivazioni rispetto al resto della regione appare evidente.

Si deve per altro rimarcare che, mentre su giacimenti e coltivazioni più ricche o forse solo più recenti, presenti anche in vicinanza della zona in esame, esiste una abbondante messe di pubblicazioni, sull'area oggetto di gran parte della presente pubblicazione esse sono rare, se non inesistenti. Tra le prime, rintracciabili in particolare nella collana “L'industria mineraria nel Trentino - Alto Adige” de “ECONOMIA TRENTINA”, si ritiene opportuno ricordare *Il giacimento piombifero di Valar*, di D.di Cobertaldo e G. Murara, *Le manifestazioni piombifere del Doss le Grave*, di D.di Cobertaldo e M.Nardin, *Il giacimento piombo-zincifero di Nogarè*, di D.di Cobertaldo e A.Venzo, *La miniera di Calceranica*, di A.Morra, *La Miniera di Vignola*, di G. Lattuca, oltre alle preziose note su *Galena e Blenda e Pirite e Calcopirite* di G. Perna; tra le seconde *Ricerche petrografiche sul M.Panarotta (Trentino)* di Azzini F., 1931-32 Atti R.Ist.Ven Lett. e Arti e soprattutto l'interessantissimo *Le sorgenti minerali di Levico – Vetriolo e Roncegno* di Brigatti M.F., Detomaso G., Perna G., Poppi L., 1974 in Economia Trentina, da cui è tratta anche l'illustrazione a fianco (che illustra la planimetria della galleria di Vetriolo da cui fuoriesce l'acqua cosiddetta “forte”, dopo i lavori del 1974) ed a cui senz'altro si rimanda per una trattazione più completa degli aspetti idrogeologici legati allo sfruttamento delle acque nel tempo. In questa sede ci si limiterà a riportare alcuni brani significativi sotto l'aspetto geologico, con la seguente premessa tratta dal volume citato: *Sia l'acqua forte che l'acqua debole di Vetriolo fuoriescono dalle vecchie gallerie delle miniere di pirite di Vetriolo e traggono la mineralizzazione prevalentemente dal banco stesso, molto fratturato, e dalle vecchie ripiene, ove la circolazione idrica è facilitata dalla permeabilità in grande. L'alterazione della pirite avviene con una serie di reazioni di ossidazione che liberano acido solforico e gli elementi metallici accessori del banco. L'acido solforico agisce inoltre sulla roccia filladica, portando in soluzione altri ioni. L'acqua oligominerale della sorgente Cappuccio nasce invece dalle filladi e non attraversa il banco metallifero. Essendo tali rocce costituite da quarzo e silicati ben poco solubili, essa risulta povera di mineralizzazione (0.060 g/l di residuo fisso a 180 °).*

L'acqua debole e l'acqua forte derivano da antiche gallerie minerarie, e precisamente la prima dalla “Grotta dell'Ocra”, così denominata per la presenza di abbondanti depositi di ossidi di ferro, e la seconda dalla “Grotta del Vetriolo”, cosiddetta per l'elevato contenuto di  $H_2SO_4$  nelle acque che la percorrono.

Citando, sempre dalla pubblicazione suddetta, la descrizione della mineralizzazione presso la **galleria dell'acqua forte**: *La paragenesi risulta costituita in misura assolutamente predominante da pirite e, in sottordine, da blenda, calcopirite, arsenopirite, galena; accessori: marcasite, pirrotina, cubanite, tetraedite, calcopirrotina, mackinawite, oro nativo, boulangerite, limonite e covellina. Minerali di ganga sono i costituenti comuni delle filladi quarzifere incassanti. La tessitura scistosa, appena intuibile macroscopicamente, è evidente all'osservazione microscopica: si ha una distribuzione in letti più o meno sottili che, nel quadro generale, appaiono paralleli alla scistosità, anche se non mancano lenticelle e venette discordanti e di dimensioni esigue, impregnazioni e mineralizzazioni massicce. Le singole bande parallele possono essere monomineraliche (es. pirite e calcopirite), ma più spesso sono di tipo poliminerale. Fra i minerali che accompagnano la pirite non si è notata una distribuzione preferenziale entro il banco, né verso il letto, né verso il tetto. Così pure non si osserva una successione paragenetica a causa di fenomeni di ricristallizzazione... omissis.... Per quanto riguarda la **galleria dell'acqua debole**, vengono invece fatte le seguenti considerazioni: la grotta del Vetriolo è caratterizzata da una ricca mineralizzazione secondaria che interessa le pareti, il tetto e gli stessi manufatti di sostegno. Specialmente le camere laterali presentano un aspetto quanto mai suggestivo sia per la ricca paragenesi valutabile già da una sommaria osservazione di insieme, sia per la grande varietà delle tonalità di colore ... omissis... Da un primo sommario esame si è osservato che i minerali presenti sono, per la quasi totalità, dei solfati idrati, come era, del resto, lecito supporre data la natura chimica della soluzione circolante. Per la natura dei minerali, per la loro paragenesi, per i problemi geochimici coinvolti, lo studio si è rivelato complesso e variamente articolato. ... omissis...*

Riassumendo lo studio descritto in quella sede, i minerali individuati sono:

- per i SOLFATI, appartenenti al gruppo della **melanterite**, dell'**epsomite**, della **halotrichite**, della **mirabilite-syngenite**, del **gesso**, della **alluminite-cyanotrichite**;
- per gli ARSENIATI, la **calcophillite**.

Risultano importanti anche le considerazioni effettuate sulla genesi della mineralizzazione secondaria, che sono le seguenti:

Il fenomeno della mineralizzazione secondaria della galleria dell'acqua forte non è di facile interpretazione, soprattutto a causa dei tanti fattori che la influenzano. La formazione di una fase mineralogica da una fase gassosa o liquida è in genere condizionata da una variazione dell'ambiente chimico o fisico: ad esempio una variazione di temperatura, o della concentrazione dei componenti del sistema, o del pH, o del potenziale di ossido riduzione. Nel nostro caso quasi sicuramente questi fattori coesistono. L'esame delle analisi dell'acqua minerale porta ad alcune considerazioni:

1) *la soluzione è satura di una grande quantità di ioni: il che fa supporre l'esistenza di uno stato di soprassaturazione della soluzione prima del suo arrivo alla sorgente. Variazioni anche piccole dei valori di pressione e temperatura possono portare ad una variazione della concentrazione della soluzione con conseguente deposizione di parte del soluto sotto forma di nuove fasi mineralogiche;*

2) *la soluzione è molto acida: il pH e cioè molto più basso delle rocce che essa attraversa in prossimità dell'emergenza. La più o meno rapida variazione del pH può portare la soluzione alla ricerca di un nuovo equilibrio che si traduce in pratica nella deposizione di tutte quelle fasi mineralogiche che non possono essere tenute in soluzione. Anche l'ambiente di cristallizzazione è alquanto particolare: nel lungo e tortuoso cunicolo e, soprattutto, nelle varie camere, l'aria, greve di emanazioni solforose, ristagna, mentre dalla volta e lungo le pareti cadono stallicidi fortemente mineralizzati. La mineralizzazione secondaria è presente sia in zone umide che asciutte ma è molto più abbondante in queste ultime. Variazioni dell'ambiente chimico e fisico, nonché le particolari caratteristiche dell'ambiente genetico possono quindi essere ritenuti i fattori principali che influenzano la mineralizzazione in esame. ...omissis...*

*Le caratteristiche alquanto particolari sia della soluzione che dell'ambiente di cristallizzazione (ad esempio: il grado di umidità molto elevato, il buon isolamento dall'ambiente esterno, ecc....), che sono la causa della instabilità di alcune fasi mineralogiche, una volta allontanate dall'ambiente di formazione, sono pure responsabili di un fenomeno genetico difficilmente riconducibile a schemi usuali.*

Gli Autori citati infine, in base alle loro conoscenze, propongono una spiegazione alla composizione ed alla genesi della mineralizzazione delle acque di Vetrilo:

*A nostro modo di vedere il regime e la mineralizzazione di queste acque portano alle seguenti deduzioni :*

1) *l'acqua debole e quella forte sono acque relativamente profonde. Le vie di penetrazione e di percolazione attraverso il banco mineralizzato sono molto anguste ed una parte dell'alimentazione può derivare (soprattutto per l'acqua forte) dall'acqua di condensazione dell'umidità atmosferica dell'aria circolante nelle vecchie ripiene;*

2) *l'acqua oligominerale del Cappuccio non attraversa il banco mineralizzato;*

3) *l'acqua forte e l'acqua debole derivano dalla commistione di più vene variamente mineralizzate. L'acqua debole risulta in parte miscelata con acqua di tipo oligominerale. Ciò era già stato prospettato nello studio di BRAGAGNOLO, FACCI, TOMASI, 1956, che rilevarono come i valori inerenti alle sostanze più comuni nelle acque potabili (Na, K, Ca, Mg, Si) siano molto simili nelle acque forte e debole, mentre gli altri ioni caratteristici della mineralizzazione (Fe, Cu, Zn, ecc.) sono presenti nell'acqua forte in misura di una decina di volte superiore all'acqua debole;*

4) anche le analisi sulle due distinte vene dell'acqua forte mostrano sensibili differenze, per quanto molto minori che tra acqua forte ed acqua debole;

5) la precipitazione delle sostanze disciolte nell'acqua debole sono dovute alla variazione di pH che si ha con la commistione di una piccola polla di acqua satura (di tipo "forte") con una polla, molto maggiore di acqua oligominerale.

Si ricorda che quanto riportato in corsivo è tratto da **Le sorgenti minerali di Levico – Vetriolo e Roncegno di Brigatti M.F., Detomaso G., Perna G., Poppi L., 1974**; in L'industria mineraria nel Trentino – Alto Adige, ECONOMIA TRENTINA.

La formula della calcophillite risulta:  $\text{Cu}_{18}\text{Al}_2(\text{AsO}_4)_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{27} - 33\text{H}_2\text{O}$ ; per quanto si riferisce all'**Arsenico**, sostanza che, come illustrato nei capitoli seguenti, si presenta maggiormente problematica, si riporta per intero quanto descritto nel citato "**SITO DI INTERESSE NAZIONALE DI PORTO MARGHERA – Studio sui valori di concentrazione dell'arsenico nei suoli ad uso residenziale**".

#### GEOLOGIA DELL'ARSENICO

L'arsenico può essere principalmente trovato nella crosta terrestre in quantità anche indipendenti dalla composizione delle rocce madri, in virtù del fatto che è un componente estremamente difficile da convertire in prodotti solubili in acqua o volatili. Nelle acque è un componente abbastanza mobile e tranne che nei giacimenti minerari, è improbabile che grandi concentrazioni compaiano su un luogo specifico, di conseguenza può essere rinvenuto in aree distanti dalla sorgente naturale qualunque essa sia. L'arsenico non è estratto come tale perché è ricavato come sottoprodotto della raffinazione dei minerali di altri metalli, come rame e piombo possiede circa 250 specie mineralogiche e in quelle più importanti e diffuse si presenta combinato allo zolfo in diversi minerali (vedi tabella sottostante).

#### PRINCIPALI MINERALI DELL'ARSENICO

nome minerale	formula	nome minerale	formula
arsenopirite	$\text{AsFeS}$	tennanite	$\text{CU}_3\text{AsS}_3$
realgar	$\text{As}_4\text{S}_4$	proustite	$\text{Ag}_3\text{AsS}_3$
orpimento	$\text{As}_2\text{S}_3$	nickelina	$\text{NiAs}$
enargite	$\text{CU}_3\text{AsS}_4$	skutteridite	$(\text{Co},\text{Fe},\text{Ni})\text{As}_{2-3}$
cobaltite	$\text{CoAsS}$	glaucodoto	$(\text{Co},\text{Fe})\text{AsS}$

Si riscontra la presenza di arsenico sia nelle rocce vulcaniche, metamorfiche e in quelle sedimentarie. Molte formazioni contenenti arsenico sono quelle caratterizzate da un estensiva **mineralizzazione idrotermale**, la quale rappresenta la fase terminale di un'eruzione vulcanica, in cui la temperatura del bacino magmatico ormai cristallizzato, scende sotto i 400 °C e il vapore d'acqua passa allo stato liquido. L'acqua che ha in soluzione molti elementi minerali, li deposita nelle fessure e nelle fratture formando i "filoni" ove minerali, (anche preziosi), impregnano le rocce o sostituiscono in parte i minerali presenti dando origine ad associazioni mineralogiche tipiche in cui ristallizzano molti solfuri tra cui l'Arsenopirite ( $\text{AsFeS}$ ), sfalerite ( $\text{ZnS}$ ), pirite ( $\text{FeS}_2$ ), galena ( $\text{PbS}$ ), antimonite (stibnite,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) e cinabro ( $\text{HgS}$ ) associate ad altri minerali come fluorite ( $\text{CaF}_2$ ), siderite ( $\text{FeCO}_3$ ), baritina ( $\text{BaSO}_4$ ), quarzo ( $\text{SiO}_2$ ).

*Nelle fasi finali dell'orogenesi, masse magmatiche piccole e grandi, provenienti dal mantello, si intrudono all'interno della catena già formata, squarciano le falde di ricoprimento le quali vengono trascinate a varie profondità, dove subiscono complesse trasformazioni mineralogiche e strutturali, per effetto dell'aumento di temperatura e pressione. Tale fenomeno conosciuto come **metamorfismo di contatto** avviene a basse pressioni e temperature, è connesso ai vari ambienti di formazione, e i giacimenti minerari più interessanti risultano distribuiti proprio all'interno di particolari tipi di rocce caratterizzate da particolari assetti geostrutturali. Le mineralizzazioni interessano le rocce dolomitiche, il marmo, gli gneiss e i filoni quarziferi a cui sono associati vari minerali tra cui la galena, la cerussite, la wulfenite, minerali di manganese e vari minerali di arsenico tra cui l'arsenopirite, l'arsenolite, il realgar, l'orpimento ed altri arseniati idrati di ferro rari. Precipitazione di solfuri associate ad arsenico ed altri metalli sono caratteristici anche delle rocce sedimentarie e rappresentano dei marker caratteristici di un ambiente deposizionale anossico, in scarsa presenza o totale mancanza di ossigeno, dove in associazione ai solfuri possono essere presenti diatomiti, marne fetide e scisti bituminosi. La risalita in superficie di acque che lisciviano queste formazioni danno origine a numerose **sorgenti idrotermali**, le quali rivestono anche interessi economici e scientifici, infatti in alcune località sono utilizzate per le loro proprietà curative.*

#### **4. SITUAZIONE GEOMORFOLOGICA GENERALE**

In questo tratto della Valsugana, la zona del fondovalle mostra una serie di conoidi di origine alluvionale; la valle, che risulta ampia in questo punto, viene disgiunta dal colle di Tenna; a sud di esso si trova il bacino lacustre di Caldronazzo, originato dallo sbarramento ad ovest da parte dei due coni di Susà (rio Merdar) e di Pergine (torrente Fersina) ed a est dalla presenza del vasto apparato conoidale del torrente Centa, che occupa l'intero fondovalle partendo dal versante meridionale della Valsugana, raggiungendo le pendici meridionali del colle di Tenna e chiudendo in tal modo la via di deflusso delle acque. A nord del colle di Tenna si trova il lago di Levico, la cui origine è riconducibile allo sbarramento dell'antica incisione da parte del cono del rio Vignola ad ovest, e della conoide del Rio Maggiore ad est.

Gli apparati conoidali si sono formati a seguito degli apporti di materiale alluvionale derivante dal trasporto solido delle acque di piena dei torrenti; la disposizione a ventaglio del materiale portato a valle dalle acque risulta tanto più estesa quanto maggiore è la quantità del materiale rimosso e l'energia posseduta dalle acque: ad esempio l'incisione della valle dei Mocheni per quanto si riferisce al Fersina, e la stretta valle del Centa per il torrente omonimo fornivano sufficiente energia al torrente per disperdere rispettivamente fino contro l'opposto cono di Susà ed il dosso di Tenna le alluvioni, su una superficie vasta e con un angolo finale ridotto, mentre per i coni di Levico e di Susà l'energia era minore, in ragione delle valli più limitate a monte, ed i coni sono meno sviluppati e più acclivi.

Nel fondovalle, il sottosuolo delle aree esterne ai depositi alluvionali di conoide è strettamente legato alla loro posizione; infatti le acque dei torrenti nelle loro divagazioni in fase di piena, riuscivano a trasportare in questi punti soprattutto materiale fine e talvolta frazioni ghiaioso-sabbiose, che qui si interdigitavano con i depositi alluvionali del fiume Brenta e con quelli del lago, formando una serie di letti a granulometria dgradante dal basso all'alto, spesso ripetuti, con frequenti intercalazioni di letti o lenti argillosi o

limo-argillosi. In considerazione dell'irregolare alternarsi della zona nel dominio del torrente o dello specchio d'acqua, la disposizione dei materiali nel sottosuolo risulta poco omogenea, con letti che si riducono o scompaiono, lenti di spessore variabile ecc. Non si deve inoltre dimenticare che le zone di ristagno erano un tempo molto maggiori, e solo l'azione antropica che ricercava aree di coltivazione, ha con le bonifiche ed il confinamento degli alvei torrentizi eliminato queste aree per lo più palustri, che in occasione di precipitazioni persistenti si trasformavano in veri e propri specchi lacustri (ad es. i "laghi morti").



Figura 9: fase di perforazione di un sondaggio ambientale a Levico Terme

## 5. CAMPIONAMENTO

### 5.1 Distribuzione dei sondaggi

Le indagini svolte hanno avuto come principale zona di interesse il centro di Levico Terme; l'abitato si sviluppa per la quasi totalità sulla conoide alluvionale del Rio Maggiore, che si origina dal Monte Panarotta; come illustrato nei capitoli precedenti, l'ammasso roccioso risulta fortemente mineralizzato e questo rendeva prevedibile la presenza di concentrazioni elevate di metalli nei sedimenti detritico-alluvionali che hanno costituito la conoide principale.

Al contrario, le altre conoidi che occupano il fondovalle provenendo da sud, ove si trovano le frazioni di Quaere, S.Giuliana, Barco, si dispongono al piede di un versante prevalentemente calcareo-dolomitico, ove non sono localizzate mineralizzazioni significative; in questa zona del territorio comunale non si prevedeva quindi di riscontrare valori anomali di concentrazioni in metalli nei depositi detritico-alluvionali.

Tendo conto di ciò, **la campagna geognostica è stata realizzata distribuendo** (vedi TAVOLA 1) **in modo quanto più possibile diffuso i sondaggi lungo la conoide del Rio Maggiore e la zona basale del fianco del M.Panarotta, fino a raggiungere il fondovalle**: nella zona al piede del fianco sud della Valsugana sono stati invece eseguiti alcuni sondaggi di riferimento, per lo più collocandoli in posizione prossima ad opere pubbliche (pozzi per alimentazione dell'acquedotto idropotabile, serbatoi, ecc.).

I sondaggi sono stati distribuiti tra quota 440 m (piana di fondovalle) e quota 680 m (apice della conoide) s.l.m., nella fascia tra il Lago di Levico ad ovest ed il confine comunale presso Campiello ad est.

Le valutazioni relative al contenuto in metalli sono quindi da ritenersi significative per questa zona, mentre solo ulteriori campagne di prelievi ed analisi potranno estendere l'ambito delle considerazioni relative al fondo naturale.

### 5.2 Procedura di campionamento

Al fine di possedere un numero sufficiente di campioni per un'elaborazione statistica, si è proceduto alla realizzazione di **32 sondaggi ambientali** nella zona di interesse; essi sono stati eseguiti dalla Ditta LANDSERVICE S.c.r.l. nel periodo dal 21 settembre 2007 al 01 ottobre 2007.

Il posizionamento dei siti di campionamento è stato eseguito, in stretta collaborazione con l'U.T.C. di Levico, cercando di garantire la più ampia distribuzione sul territorio in funzione dei tempi ristretti che erano stati indicati, sfruttando quindi quanto più possibile le aree pubbliche e, solo quanto non era possibile altrimenti, posizionandosi sul margine delle strade comunali e quindi preventivando un livello di materiale di riporto in superficie.



Figura 10: cassette portacampioni nel magazzino comunale a Levico

Ciascun sondaggio, **realizzato a secco** al fine di non influenzare il contenuto del terreno con il passaggio di abbondante acqua di perforazione, è stato spinto alla profondità di 5 metri; ogni metro di carota è stato ordinatamente collocato nelle cassette portacampioni (vedi fotografie indicate alle schede); le cassette sono state trasportate giornalmente al magazzino comunale ove sono state stoccate in sito apposito, protette da precipitazioni.

Al momento del prelievo dei campioni per le analisi chimiche le cassette sono state disposte in ordine nel magazzino comunale; i prelievi sono stati eseguiti il giorno 04 ottobre 2007 alla presenza di un Funzionario dell’Agenzia Provinciale per l’Ambiente della PAT che ha prelevato e sigillato i campioni necessari per le analisi in contraddittorio del Laboratorio Provinciale.



Figura 11: cassette portacampioni predisposte per il prelievo dei campioni per le analisi

Con lo scopo di differenziare il terreno superficiale dai livelli ad esso sottostanti, i campioni sono stati prelevati secondo lo schema seguente:

Profondità dal piano campagna (m)	Numero del campione
0.0 – 0.5	1
0.5 – 1.0	2
1.0 – 2.0	3
2.0 – 3.0	4
3.0 – 4.0	5
4.0 – 5.0	6

Nel tratto in cui è stato predisposto un campione per l’analisi in contraddittorio con l’APPA, sono stati prelevati 3 campioni, di cui :

A – campione per l’analisi

B – campione per l’analisi in Laboratorio Provinciale

C – campione di riferimento da conservarsi presso il magazzino comunale

Ciascun campione, conservato in barattolo di vetro, è stato contrassegnato con il numero del sondaggio, il numero relativo alla profondità e l’eventuale lettera relativa al campione di confronto; in tal modo **la sigla 31/4/A, che viene riportata anche sul certificato di analisi, sta a significare: campione prelevato dal sondaggio n. 31, tra la profondità di – 2 m e – 3 m dal piano campagna, consegnato al laboratorio privato per l’analisi.**

I livelli da 1 a 5 sono stati campionati per tutti i sondaggi; del livello 6 sono stati prelevati, in contraddittorio, solo quattro campioni; in tal modo è stato prelevato un totale di 164 campioni + 24 campioni per le controanalisi.

I campioni sono stati consegnati il giorno 05 ottobre 2007 al laboratorio della **Trentino Servizi S.p.A.** di Trento; lo stesso giorno sono stati consegnati i campioni al **Laboratorio Provinciale della PAT.**

In allegato è riportata per ogni sondaggio una scheda con le coordinate di posizionamento, l’ubicazione sulla Carta Tecnica del territorio provinciale in scala 1:10.000, la fotografia del sito e la fotografia della relativa cassetta portacampioni (di cui viene riportato anche un ingrandimento, al fine di visualizzare al meglio la litologia dei terreni campionati), la scheda stratigrafica.

### *5.3 Litologia dei livelli campionati*

Nell’ambito dello studio si è ritenuto importante sviluppare un approfondimento relativo ai rapporti tra litologia e natura dei sedimenti e contenuto in metalli; a tal fine si è utilizzata la carta geolitologica di cui alla figura 23 a pagina 33, tratta dalla documentazione on-line della PAT. Nella figura risultano differenziate le formazioni litoidi, che costituiscono l’ammasso roccioso in subaffioramento, da quelle quaternarie; risulta inoltre percepibile in particolare l’estensione delle conoidi detritico-alluvionali, che a loro volta vengono differenziate dai depositi alluvionali di fondovalle.

I materiali costituenti le falde detritiche presenti nelle vallecole che si affacciano sul fondovalle sono stati equiparati ai depositi detritico alluvionali della conoide, in quanto da essi si differenziano essenzialmente solo per la lunghezza del trasporto subito.

E’ opportuno specificare che i sedimenti che occupano il fondovalle sono derivanti sia dalle esondazioni del fiume Brenta, che dal trasporto fino al tratto distale della conoide delle frazioni fini dei torrenti secondari, nelle fasi di piena. Ciò da adito alla tipica situazione di interdigitazione dei sedimenti, che posso quindi contenere livelli di materiali prevalentemente derivanti dal versante nord o dal versante sud.

Risulta infine importante (vedi capitoli seguenti) segnalare che la pendenza limitata del fondovalle ed un certa sua ampiezza consentiva divagazioni meandriformi del corso d’acqua principale, lasciando zone di ristagno palustre in cui sono rintracciabili, con spessori di diversi metri, sedimenti limo-torbosi o totalmente torbosi.

In base all’osservazione delle carote e dalle schede stratigrafiche, i sedimenti campionati sono stati suddivisi in modo schematico secondo alcune litologie di riferimento, che oltre alla granulometria tenessero conto della composizione litologica. Per ogni livello e quindi

sostanzialmente per ogni metro di carota), si è considerata, al fine della schematizzazione per il data base in uso, la litologia prevalente o più significativa.

Sono quindi stati identificati, ad inseriti nel database per lo sviluppo delle elaborazioni, i seguenti termini litologici:

<b>1</b>	<b>riporto</b>		
<b>2</b>	<b>ghiaia metamorfica</b>	<b>3</b>	<b>ghiaia calcarea</b>
<b>4</b>	<b>ghiaia e sabbia metamorfica</b>	<b>5</b>	<b>ghiaia e sabbia calcaree</b>
<b>6</b>	<b>sabbia metamorfica</b>	<b>7</b>	<b>sabbia calcarea</b>
<b>8</b>	<b>alternanze sabbie e limo</b>	<b>9</b>	<b>alternanza livelli limo e torba</b>
<b>10</b>	<b>torba</b>		

I termini 3 e 10 non sono stati utilizzati in quanto nessun segmento di carota corrispondeva pienamente a tali classificazioni.

#### *5.4 Riporto*

Come già accennato, i sondaggi sono stati distribuiti nell'area interessata cercando di posizionarli in punti in cui non vi fosse stato rimaneggiamento del terreno naturale; tuttavia, dovendo esaminare una zona fortemente antropizzata, e con i limiti di posizionamento legati alla particolarità dell'indagine, parte dei sondaggi sono stati disposti presso strade o zone verdi ma che nella porzione superficiale del sottosuolo hanno subito modificazioni, con movimenti terra, della situazione naturale.

In alcune cassette portacampioni si è potuto osservare quindi la presenza di un livello superficiale che non risultava costituito da materiali in situ; in particolare presso le strade esso è dato dal materiale depositato per consolidare il fondo stradale, mentre altre volte questo livello si presenta in quanto la creazione di aree a parco o sportive ha determinato rimodellamenti della superficie originaria. Poiché gran parte dei sondaggi ha interessato i depositi sabbio-ghiaiosi della conoide di Levico, spesso la distinzione risulta ardua poiché il materiale alloctono presenta le medesime caratteristiche fisiche di quello naturale.

Nell'elaborazione statistica, poiché le analisi chimiche sono state rivolte alla determinazione del contenuto naturale dei sedimenti, si è ritenuto opportuno non considerare i livelli del materiale di riporto, in quanto la sua provenienza è ignota e può risultare disparata, ed inoltre la movimentazione può aver determinato alterazioni dello stato naturale.

Nella tavola 2 allegata, è possibile identificare i sondaggi che hanno manifestato la presenza di un livello di riporto in superficie. Nella medesima tavola si è quindi considerata la natura granulometrica-litologica dei diversi livelli indagati, secondo la profondità; risulta in tal modo evidente che gran parte dei sondaggi ha interessato i depositi grossolani della conoide e delle falde detritiche al piede del versante, cosa che rende più significativo il rapporto tra fianco montuoso e contenuto dei depositi di disfacimento sottostanti.

## **6. RISCONTRI ANALITICI**

Da un totale di 32 carotaggi effettuati nell'area sono stati prelevati 164 campioni di terreno che sono stati sottoposti ad analisi per un totale di 2296 riscontri analitici. I campioni sono stati prelevati nei livelli di terreno insaturo ad una profondità massima di 5 metri. Le sostanze ricercate ed i relativi metodi analitici adottati dal laboratorio di Trentino Servizi S.p.A. sono elencati nella successiva tabella.

Tabella 1: Analisi su campioni di terreno: protocollo analitico

<b>Cod. d.lgs. 152/06</b>	<b>Composti inorganici</b>	<b>Metodo analitico</b>
1	Antimonio	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
2	Arsenico	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
3	Berillio	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
4	Cadmio	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
5	Cobalto	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
6	Cromo totale	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
7	Cromo VI	M- 122: Spettrofotometria UV / Visibile
8	Mercurio	MI- 106: AA con sistema a idruri sul mineralizzato
9	Nichel	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
10	Piombo	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
11	Rame	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
12	Selenio	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
13	Stagno	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
14	Tallio	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
15	Vanadio	MI-104: ICP MS sul mineralizzato
16	Zinco	MI-104: ICP MS sul mineralizzato

Un primo confronto dei risultati analitici con le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) per i terreni come indicate nel d.lgs. 152/06 forniscono rilevanti superamenti sia per i valori previsti in colonna A (siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) che per colonna B (siti ad uso commerciale e industriale). Si vedano a riguardo le tavole 3 e 4 degli allegati cartografici alla presente relazione per l'esatta ubicazione di tali superamenti.

Tabella 2: numero superamenti

<b>Parametro</b>	<b>Numero superamenti col A</b>	<b>Numero superamenti col B</b>
Arsenico	121	54
Cadmio	6	0
Cobalto	2	0
Piombo	24	1
Rame	25	2
Selenio	2	0
Stagno	127	0
Zinco	43	1
<b>Totalle</b>	<b>350</b>	<b>58</b>

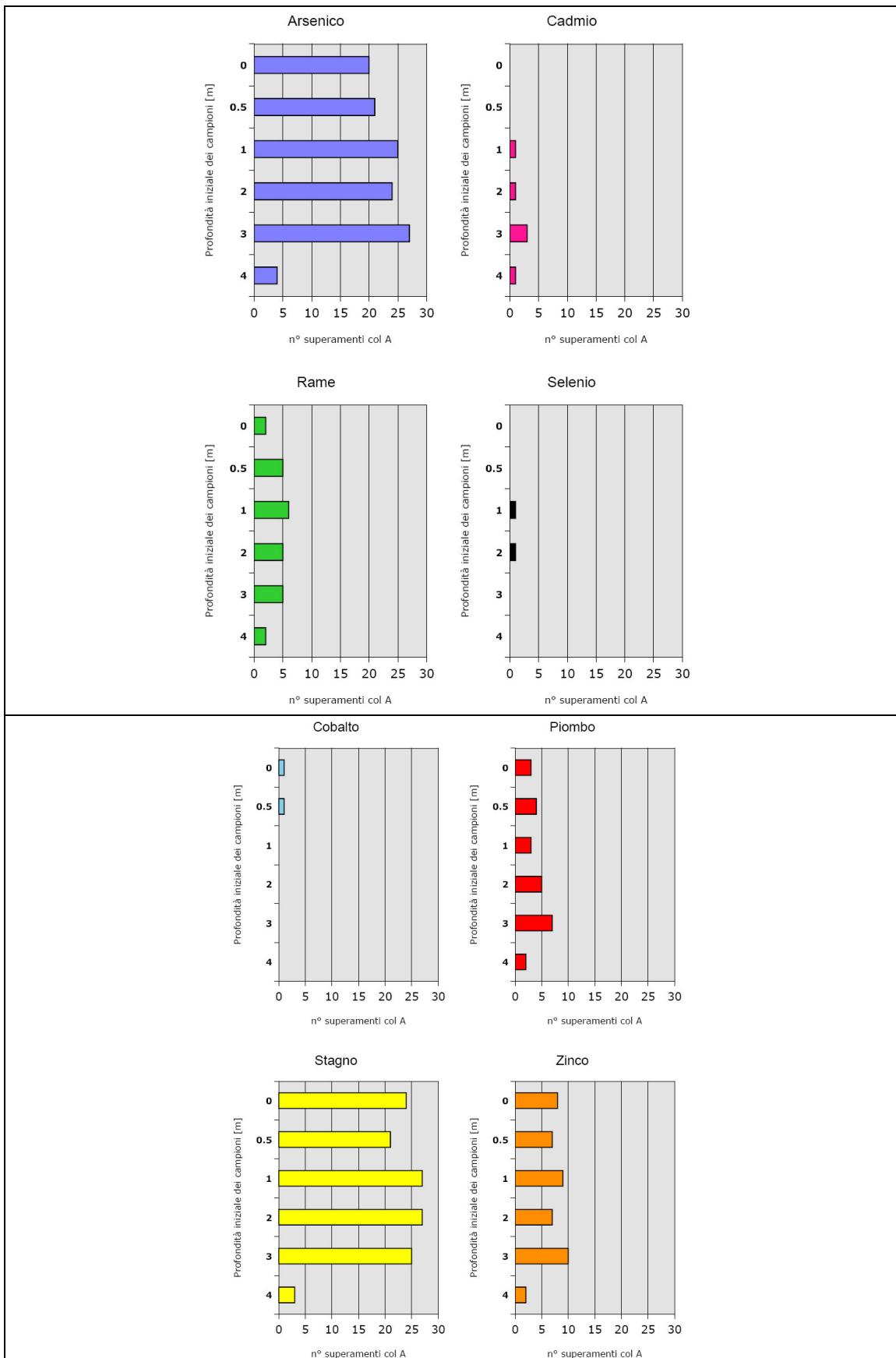


Figura 12: numero di superamenti rispetto alle CSC col A d.lgs 152/06 per sostanza in funzione della profondità del sondaggio.

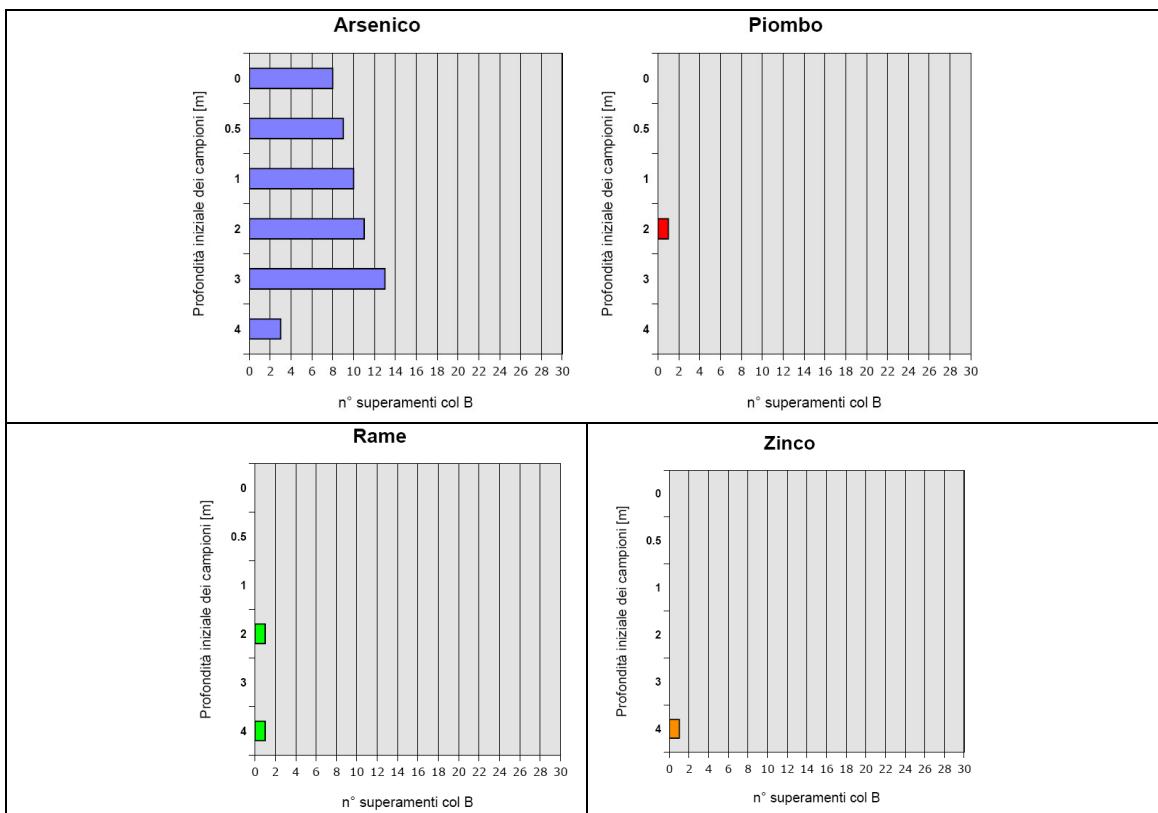


Figura 13: numero di superamenti rispetto alle CSC col B d.lgs 152/06 per sostanza in funzione della profondità del sondaggio.

Nei grafici alle pagine precedenti sono sinteticamente rappresentati i superamenti, suddivisi per profondità di campionamento.

Nella lettura dei grafici è necessario segnalare che, per le profondità da 0 a 4 metri (ovvero dalle profondità iniziali da 0 a 3 nei grafici), i campioni sono stati prelevati in egual numero per ogni sondaggio (ovvero 32 campioni per ogni profondità), mentre per quanto riguarda lo strato più profondo (da 4 a 5 metri) i campioni effettuati sono 4 e riguardano i sondaggi 3, 23, 30, 32.

Per quanto attiene invece la distribuzione geografica dei superamenti si riportano successivamente due mappe rappresentanti il numero di superamenti di colonna A (siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) e B (siti ad uso commerciale e industriale) raggruppati per sondaggio (per un maggior dettaglio relativamente alle sostanze oggetto dei superamenti si vedano gli allegati tavola 3 e 4 in formato A1).

L’arsenico mostra una presenza importante che provoca superamenti delle CSC sia rispetto ai valori di colonna A che B. Le altre sostanze si riscontrano in quantitativi inferiori, causando superamenti principalmente delle CSC di colonna A. Selenio, cobalto e cadmio mostrano superamenti che sembrano legati a fenomeni limitati ai singoli sondaggi più che al fondo naturale.

La distribuzione dei superamenti (vedi figure seguenti) individua in modo approssimato come critica la conoide proveniente dal versante di Vetriolo.

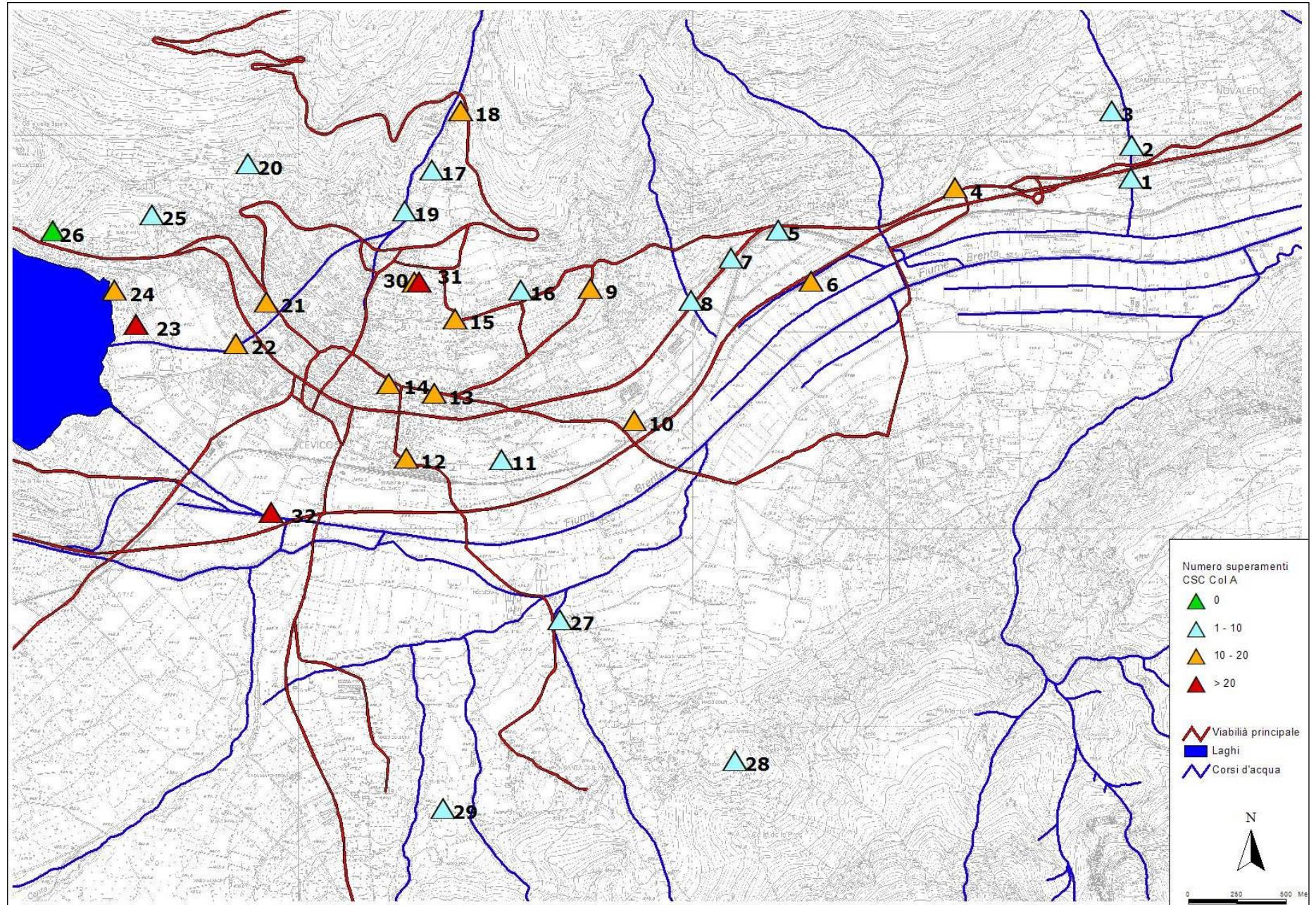


Figura 14: distribuzione geografica del numero di superamenti rispetto alle CSC col A d.lgs 152/06. In grassetto è evidenziato il numero del sondaggio

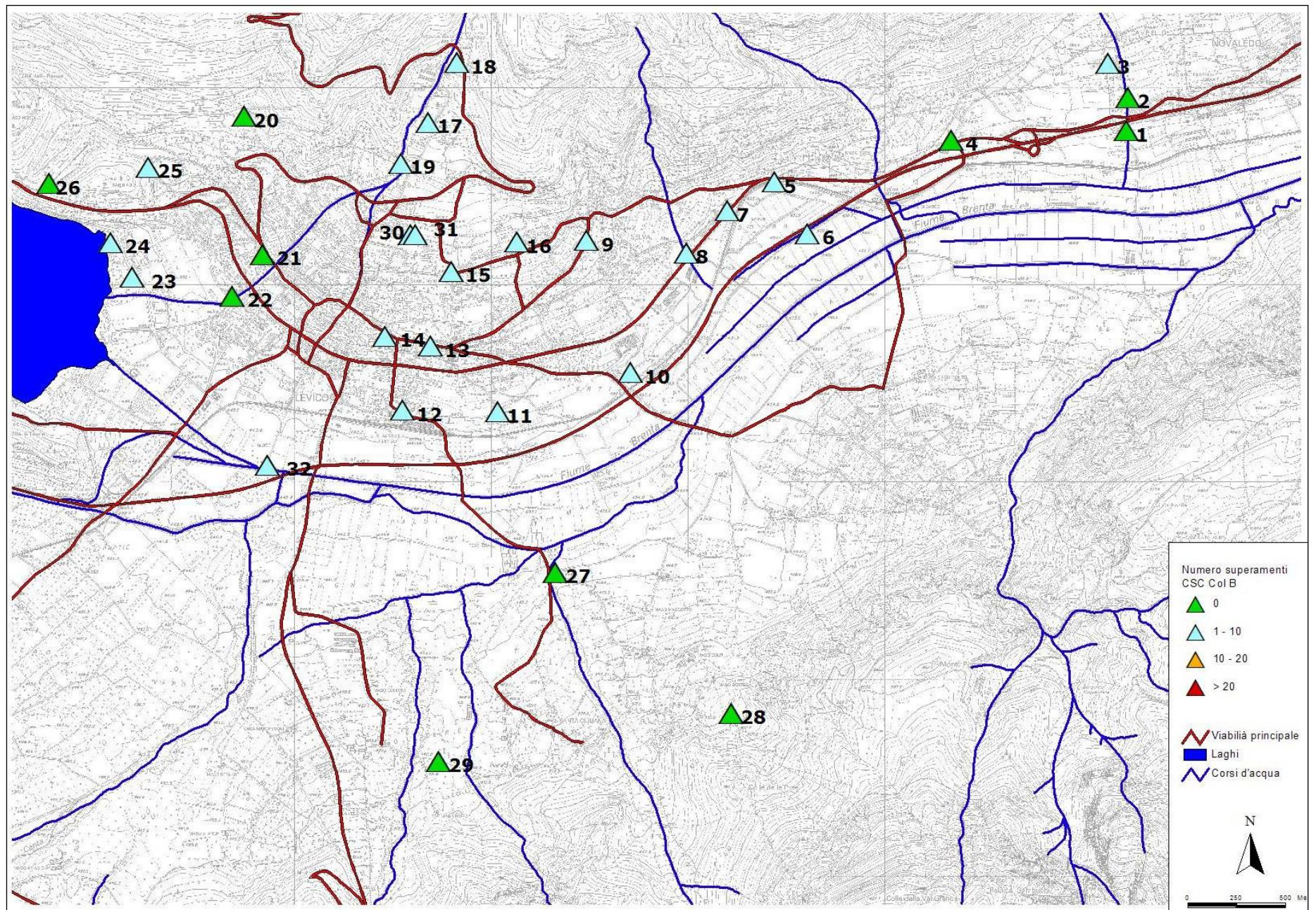


Figura 15: distribuzione geografica del numero di superamenti rispetto alle CSC col B d.lgs 152/06. In grassetto è evidenziato il numero del sondaggio

## **7. ELABORAZIONE DEI DATI**

### ***7.1 Identificazione dei dati utili all'elaborazione***

I dati analitici rilevati sono stati elaborati tramite metodi statistici con l'ordine di seguito descritto, al fine di individuare il set di dati utile a definire il fondo naturale per ogni metallo oggetto di superamenti delle CSC:

1. rappresentazione delle concentrazioni rilevate in funzione della profondità del campione;
2. rappresentazione delle concentrazioni in funzione del substrato geologico;
3. rappresentazione geografica delle concentrazioni rilevate;
4. definizione di una zonizzazione all'interno dei confini comunali ed individuazione del set di dati utile per la definizione del fondo naturale;
5. individuazione degli outliers per ogni set di dati.

Le elaborazioni ed i metodi statistici rilevati sono coerenti con quanto indicato nei documenti “**Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d’interesse nazionale**”, giugno 2006, e “**SITO DI INTERESSE NAZIONALE DI PORTO MARGHERA – Studio sui valori di concentrazione dell’arsenico nei suoli ad uso residenziale**”, novembre 2006, editi dall’**Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici dell’Istituto Superiore di Sanità**.

Le elaborazioni statistiche successivamente riportate sono state effettuate per i metalli caratterizzati da almeno un superamento delle concentrazioni soglia imposte dal d.lgs. 152/06 per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A), ovvero: **Arsenico, Cadmio, Cobalto, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Zinco**.

**Nell’allegato denominato “Report grafici relativi alle concentrazioni di metalli” sono riportati grafici di sintesi e di dettaglio per quanto riguarda l’andamento delle concentrazioni per i citati metalli.**

### ***7.2 Presenza di metalli in profondità***

I grafici riportati nella figura alla pagina seguente riportano le concentrazioni medie e massime rilevate. Nella lettura dei grafici si tenga in considerazione che per la profondità da 4 a 5 metri sono stati effettuati 4 campioni e che quindi i valori riportati sono meno rappresentativi delle altre profondità per ognuna delle quali sono presenti 32 campioni. I grafici rappresentano inoltre i valori delle concentrazioni soglia del d.lgs. 152/06.

La lettura dei grafici relativi al dato medio rivela una importante presenza di arsenico che mostra alcuni superamenti delle concentrazioni soglia di colonna A e B. Rame, stagno, piombo, zinco esibiscono valori medi critici solamente per le concentrazioni riportate in colonna A. Non sono rappresentate le concentrazioni medie per il selenio in quanto poco rappresentative essendo spesso presente con valori al di sotto dei limiti di rilevabilità. La rappresentazione dei valori massimi rivela invece l’entità dei superamenti riscontrate alle differenti profondità.

In linea generale si individua la tendenza ad aumentare la presenza dei metalli all’aumentare della profondità eccezion fatta per il cadmio che pare presentarsi in modo prevalente negli strati superficiali.

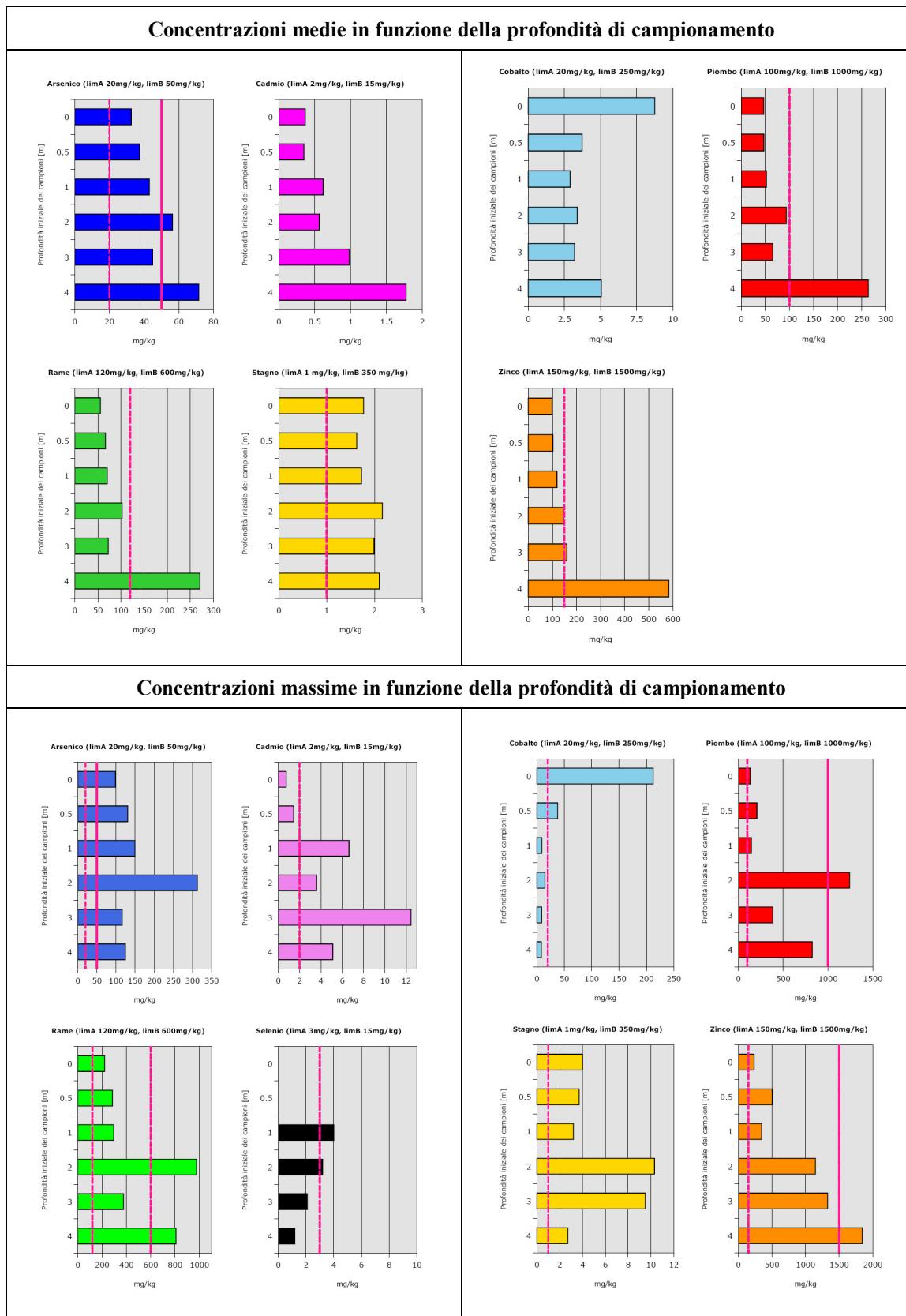


Figura 16: rappresentazione dei valori delle concentrazioni medie e massime di metalli in funzione della profondità e dei limiti tabellari d.lgs. 152/06.

### 7.3 Presenza di metalli nei differenti substrati

L'analisi dei dati associati per substrato di origine come desunti dall'interpretazione delle carote estratte per i singoli sondaggi è rappresentato nella figura sottostante. Gli istogrammi mostrano come i metalli siano presenti in maniera preponderante nel substrato "ALTERNANZA LIVELLI DI LIMO E TORBA", anche in questo caso fa eccezione il cobalto.

Lo strato "RIPORTI" non mostra in generale alcuna propensione a contenere o meno metalli rispetto ad altri substrati.

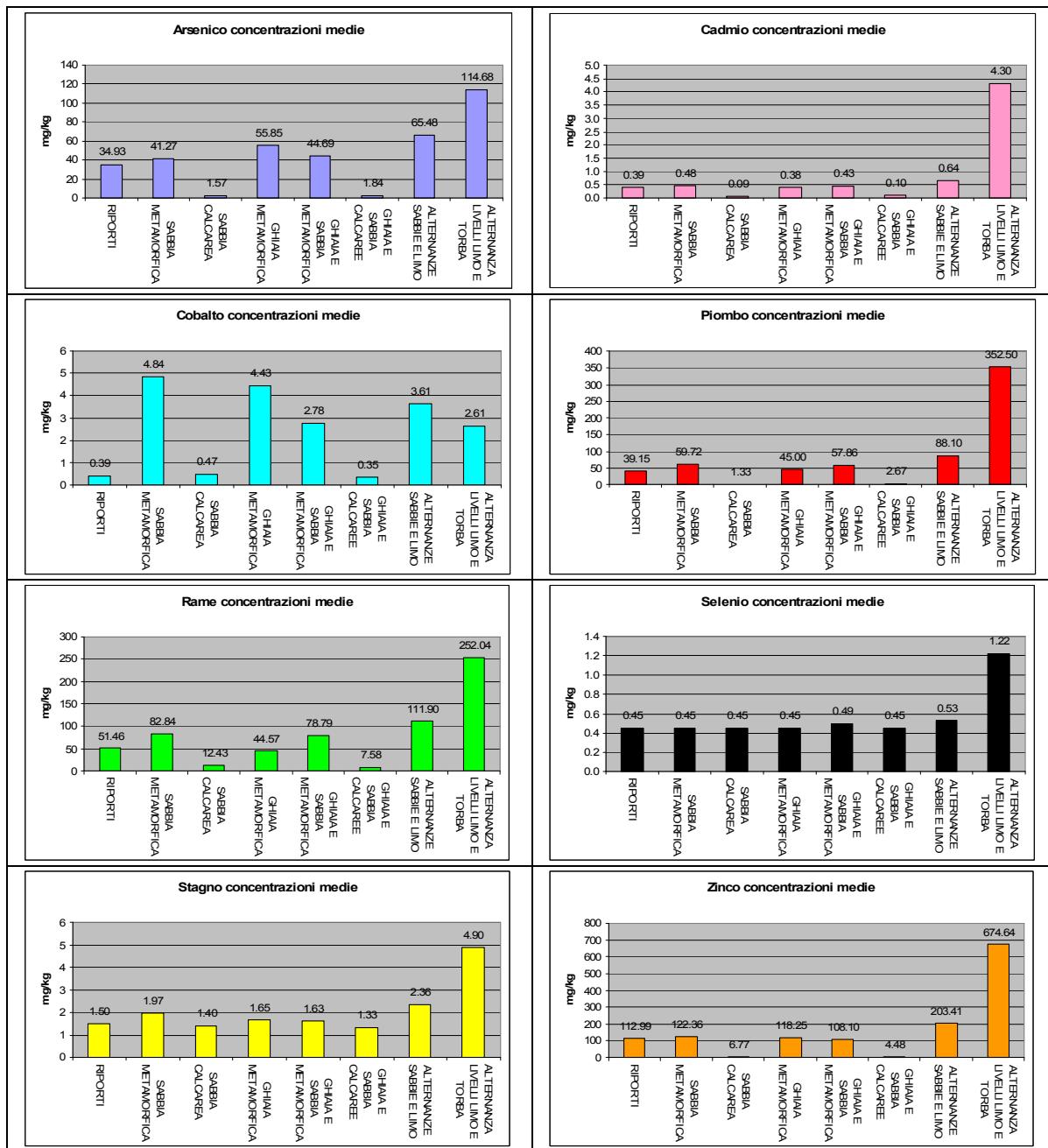


Figura 17: rappresentazione delle concentrazioni medie in funzione del substrato geologico di appartenenza.

#### *7.4 Distribuzione geografica*

Le mappe riportate di seguito rappresentano, per ogni sondaggio, il valore massimo e medio riscontrato. Esse si riferiscono ai soli metalli per i quali i valori medi rappresentati in figura 16 superano almeno le concentrazioni soglia di colonna A, ovvero: arsenico, rame, stagno, piombo, zinco.

Le rappresentazioni sono già indicative per quanto riguarda la zonizzazione del territorio comunale: i sondaggi 27, 28, 29, localizzati in destra orografica del Fiume Brenta in corrispondenza della conoide del Rio Santa Giuliana, ed il sondaggio 26, situato in prossimità del colle di San Biagio, presentano concentrazioni medie e massime sensibilmente inferiori rispetto a quelle riscontrate negli altri sondaggi per tutte le sostanze.

Come già affermato osservando la mappa relativa al numero di superamenti per sondaggio anche nelle successive rappresentazioni è evidente il ruolo svolto nel trasporto dei metalli dalla linea di deflusso che ha dato origine alla conoide dell'abitato di Levico.

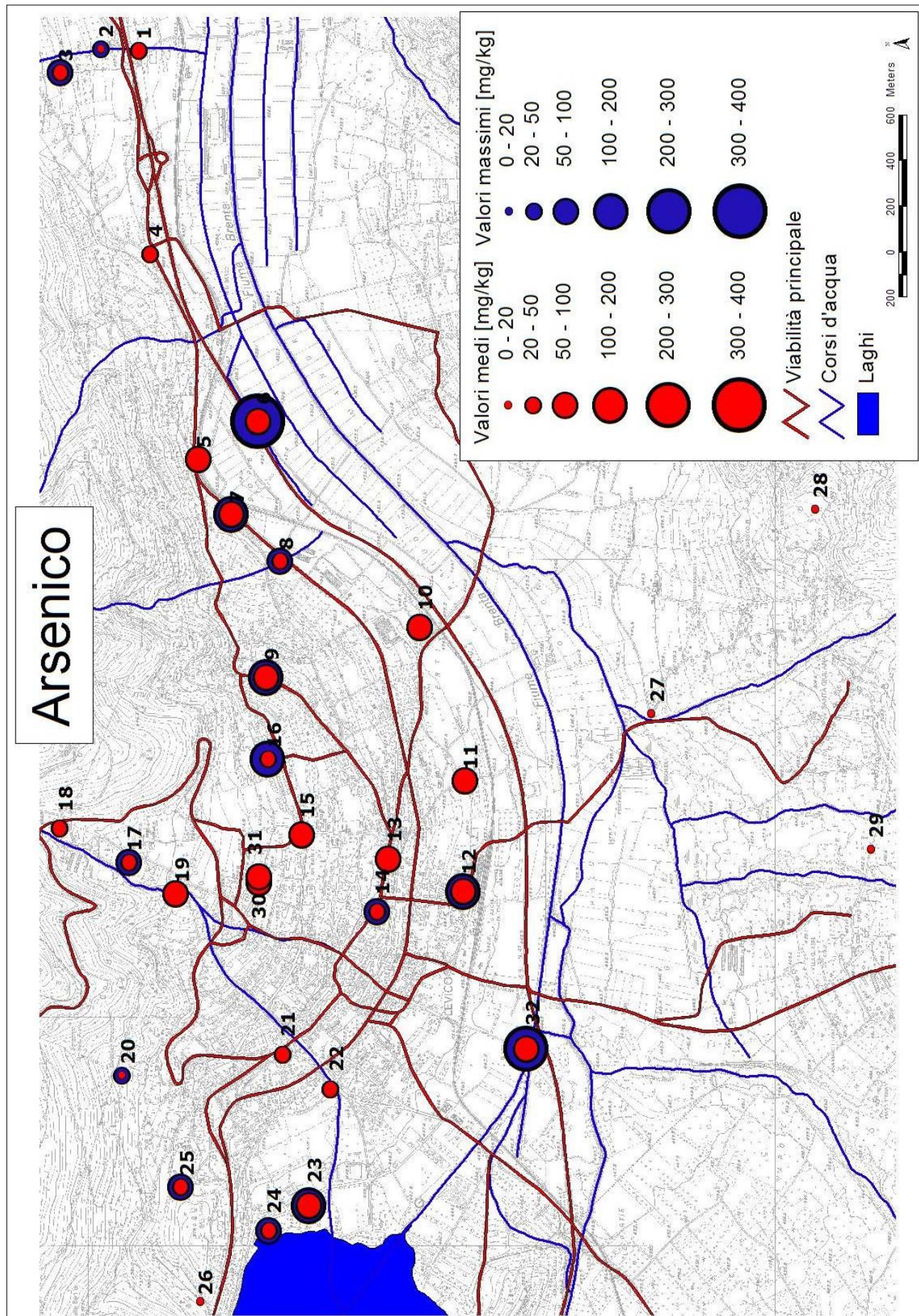


Figura 18. Arsenico: distribuzione geografica dei valori medi e massimi riscontrati.

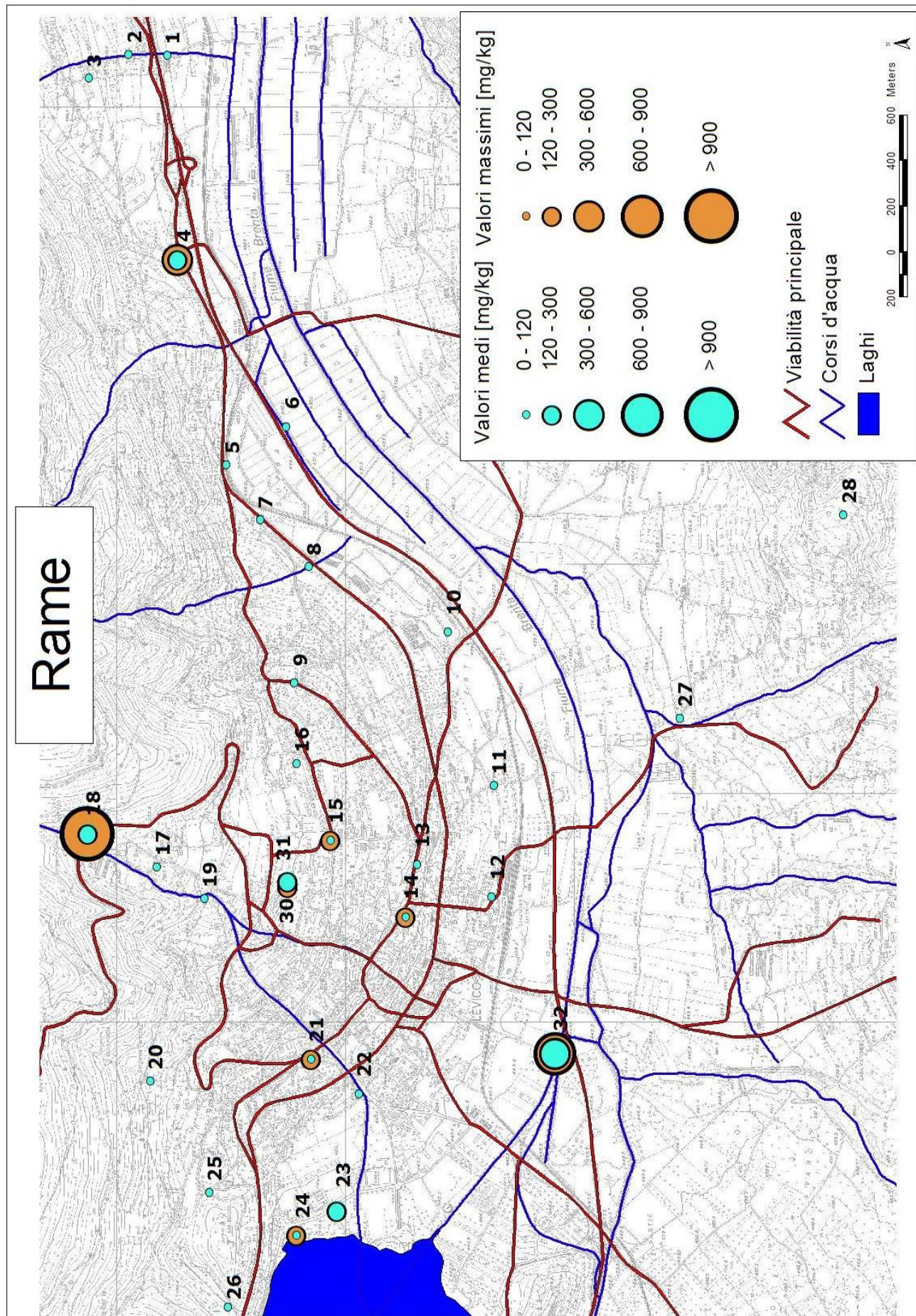


Figura 19. Rame: distribuzione geografica dei valori medi e massimi riscontrati.

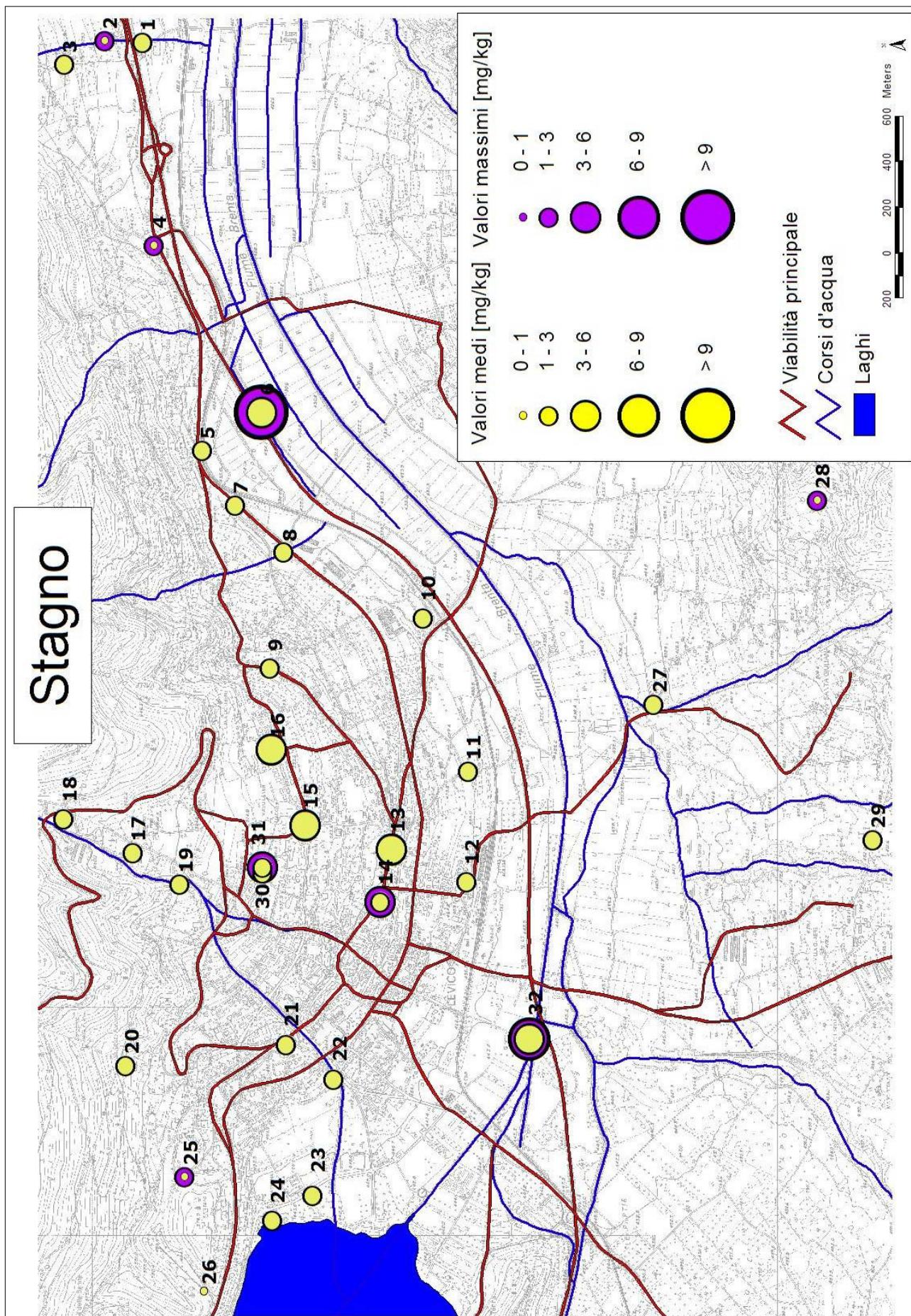


Figura 20. Stagno: distribuzione geografica dei valori medi e massimi riscontrati

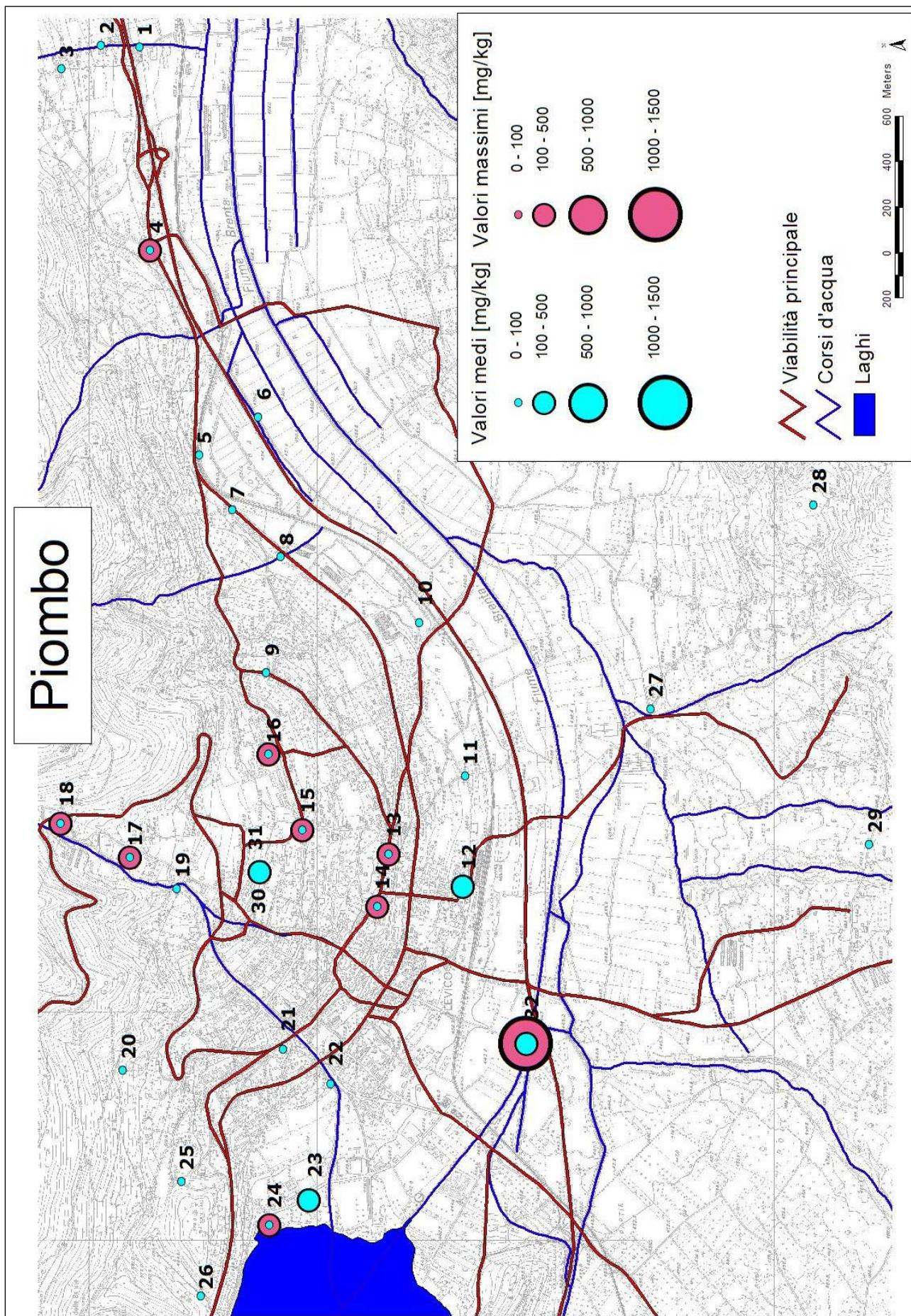


Figura 21. Piombo: distribuzione geografica dei valori medi e massimi riscontrati.

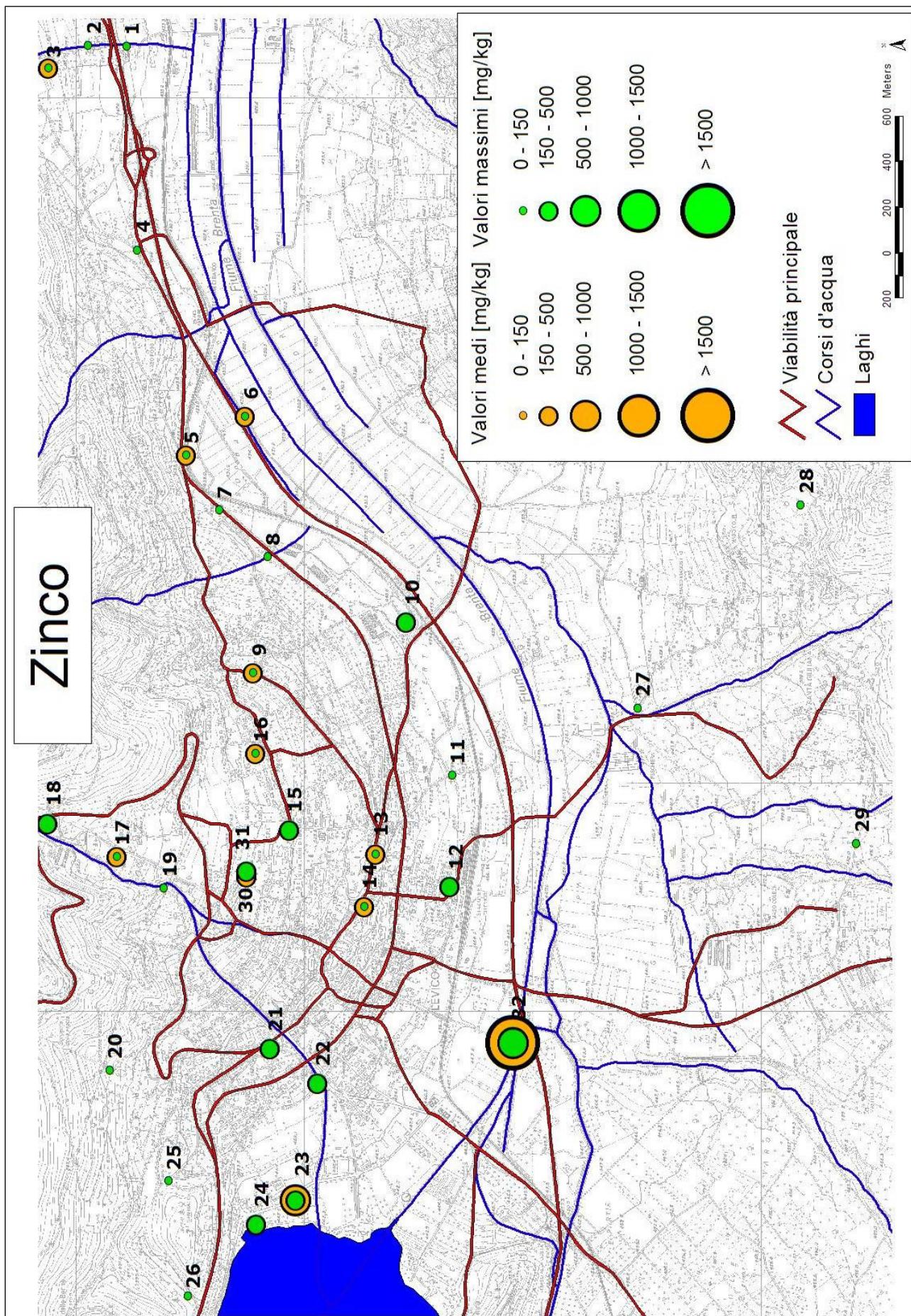


Figura 22. Zinco: distribuzione geografica dei valori medi e massimi riscontrati.

### 7.5 Criteri per la zonizzazione

La zonizzazione funzionale alla caratterizzazione della presenza dei metalli è effettuata in base ai substrati geologici individuati per mezzo della mappa SIAT del Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento relativa alla litologia affiorante, oltre che in base ai riscontri analitici effettuati.

La mappa della litologia per la zona oggetto dello studio è rappresentata nella seguente figura: in essa sono evidenziati i versanti montuosi che racchiudono il fondovalle, ove il substrato roccioso è affiorante o subaffiorante, ed ove non è stato eseguito alcun sondaggio. Sono quindi indicate le zone dei depositi detritici che si raccordano con le conoidi detritico-alluvionali che invadono gran parte del fondovalle. Infine viene differenziata la zona del fondovalle vero e proprio, intesa come area di divagazione del fiume Brenta..

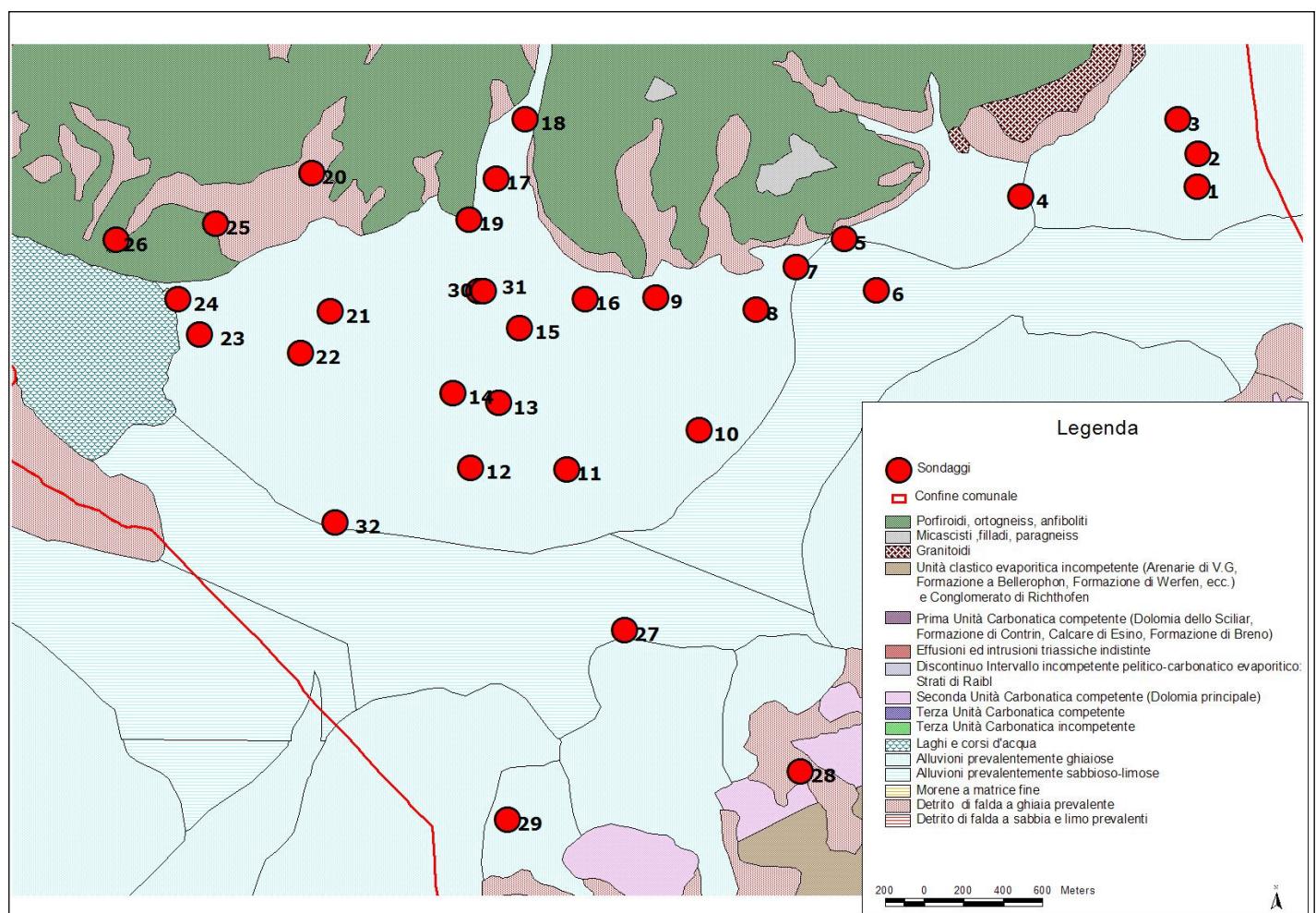


Figura 23: tavola della litologia affiorante

Come specificato nei capitoli precedenti, si sono accorpati nelle valutazioni di seguito i detriti che colmano le vallecole lungo la porzione basale del fianco montuoso ai depositi alluvionali delle conoidi, differenziandosi essenzialmente per la lunghezza del trasporto subito. Si deve rimarcare quindi che le conoidi detritico-alluvionali provenienti dal versante sud della Valsugana hanno natura litologica diversa da quelle provenienti da nord e, come mostrato dai risultati delle analisi, i sedimenti che le costituiscono non contengono metalli in concentrazioni particolari.

Tale distinzione è avvalorata dai momenti statistici relativi ai sondaggi 27, 28, 29 che, confrontati con quelli dei restanti sondaggi, discernono due differenti popolazioni statistiche caratteristiche quindi delle alluvioni provenienti dai versanti della Panarotta Vetriolo (pop 1) e di Vezzena (pop 2) (Tabella 3).

Tabella 3. Confronto tra momenti statistici delle due popolazioni statistiche individuate.

<b>Arsenico</b>	<b>Col A 20</b> [mg/kg]	<b>Col B 50</b> [mg/kg]	<b>Rame</b>	<b>Col A 120</b> [mg/kg]	<b>Col B 600</b> [mg/kg]
mg/kg	<i>pop1</i>	<i>pop2</i>	mg/kg	<i>pop1</i>	<i>pop2</i>
conteggio	149	15	conteggio	149	15
media	47.8	1.8	media	85.1	8.6
dev stand	38.9	0.6	dev stand	122.2	4.6
max	312.8	2.5	max	976.9	22.6
min	5.0	0.4	min	4.7	3.7
<hr/>					
<b>Cadmio</b>	<b>Col A 2</b> [mg/kg]	<b>Col B 15</b> [mg/kg]	<b>Selenio</b>	<b>Col A 3</b> [mg/kg]	<b>Col B 15</b> [mg/kg]
mg/kg	<i>pop1</i>	<i>pop2</i>	mg/kg	<i>pop1</i>	<i>pop2</i>
conteggio	149	15	conteggio	149	15
media	0.7	0.1	media	0.5	0.5
dev stand	1.3	0.0	dev stand	0.4	0.0
max	12.45	0.15	max	4	0.45
min	0.07	0.03	min	0.45	0.45
<hr/>					
<b>Cobalto</b>	<b>Col A 20</b> [mg/kg]	<b>Col B 250</b> [mg/kg]	<b>Stagno</b>	<b>Col A 1</b> [mg/kg]	<b>Col B 350</b> [mg/kg]
mg/kg	<i>pop1</i>	<i>pop2</i>	mg/kg	<i>pop1</i>	<i>pop2</i>
conteggio	149	15	conteggio	149	15
media	4.8	0.4	media	1.9	1.3
dev stand	17.6	0.2	dev stand	1.4	0.5
max	212.3	0.8	max	10.3	2.3
min	0.4	0.1	min	0.3	0.5
<hr/>					
<b>Piombo</b>	<b>Col A 100</b> [mg/kg]	<b>Col B 1000</b> [mg/kg]	<b>Zinco</b>	<b>Col A 150</b> [mg/kg]	<b>Col B 1500</b> [mg/kg]
mg/kg	<i>pop1</i>	<i>pop2</i>	mg/kg	<i>pop1</i>	<i>pop2</i>
conteggio	149	15	conteggio	149	15
media	72.4	2.4	media	149.6	4.9
dev stand	126.1	1.5	dev stand	209.1	3.1
max	1241	5	max	1842.9	13.8
min	4	0	min	14.3	2

In funzione di tale zonizzazione è stata identificata l'area d'influenza per la definizione dei fondi naturali caratterizzata da una matrice geologica composta da alluvioni e detriti di falda la cui genesi è legata al versante di Vetriolo. Tale area è evidenziata nella mappa di figura 24.

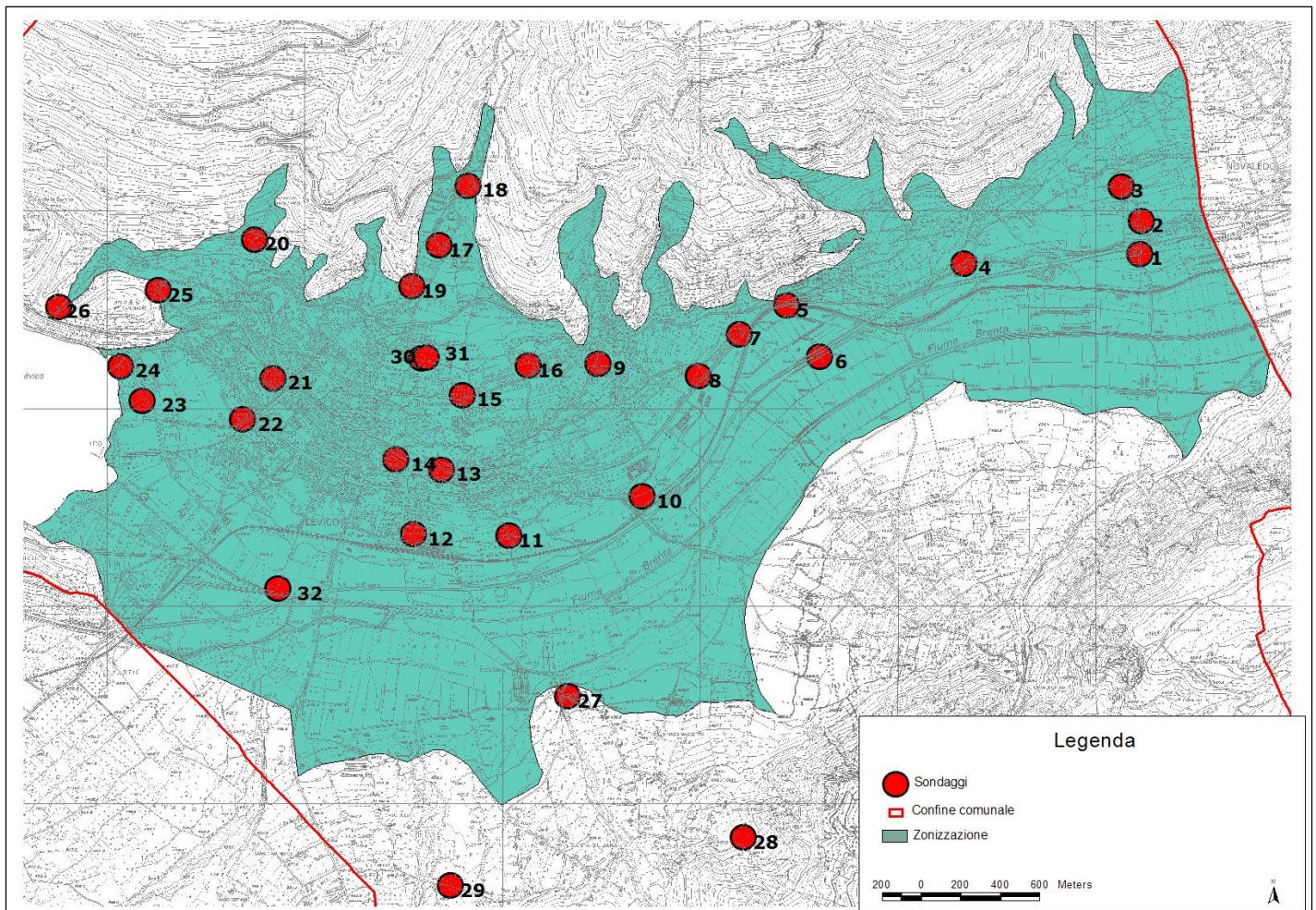


Figura 24 Ubicazione dei sondaggi ed evidenziazione dell'area d'influenza dei campioni analitici (zonizzazione).

Nel contesto della definizione del fondo naturale appare necessario escludere dall'analisi i riscontri analitici che presumibilmente sono influenzati da interventi antropici. In parte la zona interessata dall'analisi è fortemente antropizzata. I sondaggi effettuati, seppur localizzati in zone non influenzate in modo diretto dall'attività antropica, presentano una certa quota parte di materiale di riporto i cui riscontri analitici vanno esclusi dalla definizione del fondo naturale. In termini percentuali esso rappresenta il 12% dei materiali ricavati mediante i sondaggi.

Substrato	metri	perc
RIPORTO	15.5	12%
GHIAIA METAMORFICA	4	3%
GHIAIA E SABBIA METAMORFICHE	57.5	44%
GHIAIA E SABBIA CALCAREE	9.5	7%
SABBIA METAMORFICHE	27.5	21%
SABBIA CALCAREA	2.5	2%
ALTERNANZE SABBIE E LIMO	7.5	6%
ALTERNANZA LIVELLI LIMO E TORBA	8	6%
<b>tot</b>	<b>132</b>	

## 7.6 Set di dati per la determinazione del fondo naturale e determinazione degli “outliers”

I dati raccolti durante la campagna di monitoraggio sono stati esaminati al fine di determinare il set di dati utile per la determinazione del fondo naturale. Nell’ordine di effettuazione sono descritte quindi le operazioni sin qui effettuate.

1. Identificazione dei metalli caratterizzati da almeno un superamento delle concentrazioni soglia di contaminazione come da d.lgs. 152/06, (**Arsenico, Cadmio, Cobalto, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Zinco**).
2. Esclusione dei sondaggi 27-28-29 in base a considerazioni a carattere geografico, geologico ed analitico;
1. Esclusioni dei dati analitici del substrato riporto in quanto si suppone influenzati da attività antropiche.

Il set di dati utile per la definizione del fondo naturale si è quindi ridotto a 29 sondaggi e a 1104 riscontri analitici.

Si riportano nella tabella 4 i principali momenti statistici per le singole sostanze. I momenti statistici sono definiti per la totalità dei riscontri analitici (*Set dati iniziale*), per la totalità dei riscontri ad esclusione del substrato “RIPORTO” (*Set dati escluso riporto*), per i riscontri caratteristici del set di dati utile per la definizione del fondo naturale (*Set dati fondo*).

In tale contesto occorre ora procedere alla determinazione degli outliers, ovvero di quei valori analitici non rappresentativi all’interno di una distribuzione.

Si riportano nella figura 25 le curve cumulative di frequenza relative alle differenti sostanze confrontate con i limiti previsti per le concentrazioni soglia di contaminazioni previste dal d.lgs. 152/06 per il set di dati utile alla determinazione del fondo naturale. Tali curve rappresentano un descrittore statistico in grado di fornire informazioni relative alla presenza di differenti popolazioni ed alla distribuzione statistica dei campioni.

Tutti i grafici distinguono due differenti popolazioni, distinte da un netto cambio di pendenza della curva cumulativa.

Il selenio è nella maggior parte dei casi rilevato al di sotto dei limiti strumentali del metodo analitico adottato.

Le curve cumulative di frequenza permettono l’individuazione degli “outliers” e la loro conseguente separazione dalla popolazione statistica relativa ai valori di fondo naturali. Per avvalorare l’interpretazione dei grafici è stato applicato il test di Rosner’s per l’individuazione di outliers. Tale test è valido per set di dati con più di 25 elementi. Si riportano nel seguito i risultati del test effettuato per mezzo del programma ProUCL versione 4.0, USEPA.

Tabella 4. Momenti statistici relativi ai dati analitici rilevati.

<b>Arsenico</b>		<b>Col A</b> <b>20 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>50 [mg/kg]</b>	<b>Rame</b>		<b>Col A</b> <b>120 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>600 [mg/kg]</b>
[mg/kg]	<i>Set dati iniziale</i>	<i>Set dati escluso riporto</i>	<i>Set dati fondo</i>	[mg/kg]	<i>Set dati iniziale</i>	<i>Set dati escluso riporto</i>	<i>Set dati fondo</i>
conteggio	164	138	123	conteggio	164	138	123
media	43.6	45.2	50.5	media	78.1	83.2	92.3
dev stand	39.4	40.6	39.9	dev stand	118.6	126.6	131.2
max	312.8	312.8	312.8	max	976.9	976.9	976.9
min	0.4	0.4	6.7	min	3.7	3.7	4.7
<b>90 perc</b>	<b>82.8</b>	<b>82.3</b>	<b>83.7</b>	<b>90 perc</b>	<b>148.0</b>	<b>160.8</b>	<b>168.7</b>

<b>Cadmio</b>		<b>Col A</b> <b>2 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>15 [mg/kg]</b>	<b>Selenio</b>		<b>Col A</b> <b>3 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>15 [mg/kg]</b>
[mg/kg]	<i>Set dati iniziale</i>	<i>Set dati escluso riporto</i>	<i>Set dati fondo</i>	[mg/kg]	<i>Set dati iniziale</i>	<i>Set dati escluso riporto</i>	<i>Set dati fondo</i>
conteggio	164	138	123	conteggio	164	138	123
media	0.60	0.60	0.70	media	0.51	0.52	0.50
dev stand	1.20	1.30	1.40	dev stand	0.38	0.42	0.4
max	12.45	12.45	12.45	max	4.00	4.00	4.00
min	0.03	0.03	0.07	min	0.45	0.45	0.45
<b>90 perc</b>	<b>0.78</b>	<b>0.79</b>	<b>0.82</b>	<b>90 perc</b>	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>

<b>Cobalto</b>		<b>Col A</b> <b>20 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>250 [mg/kg]</b>	<b>Stagno</b>		<b>Col A</b> <b>1 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>350 [mg/kg]</b>
[mg/kg]	<i>Set dati iniziale</i>	<i>Set dati escluso riporto</i>	<i>Set dati fondo</i>	[mg/kg]	<i>Set dati iniziale</i>	<i>Set dati escluso riporto</i>	<i>Set dati fondo</i>
conteggio	164	137	123	conteggio	164	138	123
media	4.4	3.2	3.6	media	1.9	1.93	2.0
dev stand	16.8	4.0	4.1	dev stand	1.3	1.41	1.5
max	212.3	37.7	37.7	max	10.3	10.3	10.3
min	0.1	0.1	0.4	min	0.3	0.3	0.3
<b>90 perc</b>	<b>6.4</b>	<b>6.2</b>	<b>6.4</b>	<b>90 perc</b>	<b>3.0</b>	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>

<b>Piombo</b>		<b>Col A</b> <b>100 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>1000 [mg/kg]</b>	<b>Zinco</b>		<b>Col A</b> <b>150 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>1500 [mg/kg]</b>
[mg/kg]	<i>Set dati iniziale</i>	<i>Set dati escluso riporto</i>	<i>Set dati fondo</i>	[mg/kg]	<i>Set dati iniziale</i>	<i>Set dati escluso riporto</i>	<i>Set dati fondo</i>
conteggio	164	138	123	conteggio	164	138	123
media	66.0	71.0	79.4	media	136.4	140.8	157.4
dev stand	121.9	131.0	136.4	dev stand	203.6	217.4	224.7
max	1241.0	1241.0	1241.0	max	1842.9	1842.9	1842
min	0	0	8.0	min	2	2	17.2
<b>90 perc</b>	<b>123.0</b>	<b>126.9</b>	<b>132.2</b>	<b>90 perc</b>	<b>229.5</b>	<b>232.1</b>	<b>256.6</b>

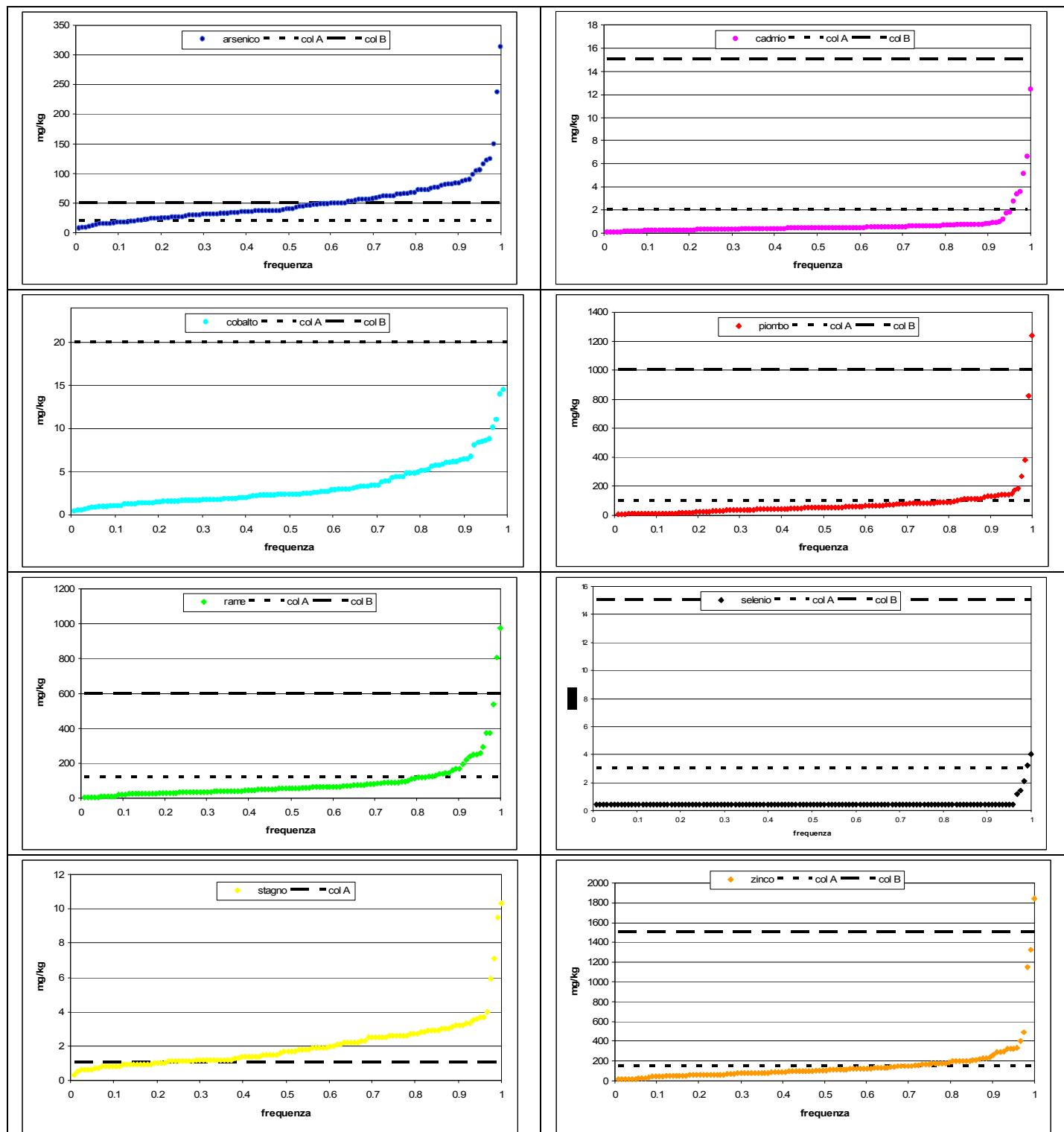


Figura 25. Curve cumulative di frequenza per caratterizzare la presenza dei differenti metalli nel set di dati utile per la definizione del fondo naturale.

Tabella 5. Dati analitici individuati come outliers mediante il test di Rosner's.

Sondaggio	Da [m]	A [m]	sostanza	mg/kg
7	1	2	Arsenico	149.7
32	2	3	Arsenico	236.9
6	2	3	Arsenico	312.8
24	2	3	Cadmio	1.22
6	2	3	Cadmio	1.69
17	3	4	Cadmio	1.82
12	3	4	Cadmio	2.75
24	3	4	Cadmio	3.32
32	2	3	Cadmio	3.6
32	4	5	Cadmio	5.11
24	1	2	Cadmio	6.64
32	3	4	Cadmio	12.45
14	2	3	Cobalto	11
11	0	0.5	Cobalto	14
21	2	3	Cobalto	14.5
17	0.5	1	Cobalto	37.7
12	3	4	Piombo	269
32	3	4	Piombo	384
32	4	5	Piombo	825
32	2	3	Piombo	1241
31	1	2	Rame	295.5
4	3	4	Rame	375.1
32	3	4	Rame	375.6
32	2	3	Rame	535.3
32	4	5	Rame	808
18	2	3	Rame	976.9
32	3	4	Stagno	5.9
32	2	3	Stagno	7.1
6	3	4	Stagno	9.5
6	2	3	Stagno	10.3
18	2	3	Zinco	406
12	3	4	Zinco	491
32	2	3	Zinco	1146.1
32	3	4	Zinco	1327.2
32	4	5	Zinco	1842

Tabella 6. Rosner's test per l'arsenico

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	<b>Outlier Tests for Selected Variables</b>											
2	<b>User Selected Options</b>											
3	From File WorkSheet.wst											
4	Full Precision OFF											
5	Test for Suspected Outliers with Dixon test 1											
6	Test for Suspected Outliers with Rosner test 10											
7												
8												
9	<b>Rosner's Outlier Test for Arsenico</b>											
10												
11	Number of data: 123											
12	Number of suspected outliers: 10											
13												
14				Potential	Test	Critical	Critical					
15	#	Mean	sd	outlier	value	value (5%)	value (1%)					
16	1	50.48	39.74	312.8	6.6	3.4444	3.8144					
17	2	48.33	32.12	236.9	5.87	3.4398	3.8144					
18	3	46.77	27.23	149.7	3.78	3.4398	3.8144					
19	4	45.91	25.65	124.7	3.07	3.4344	3.8044					
20	5	45.25	24.71	121.5	3.09	3.4344	3.8044					
21	6	44.6	23.78	116.3	3.01	3.43132	3.80132					
22	7	43.99	22.93	105.8	2.7	3.42824	3.79824					
23	8	43.46	22.29	103.3	2.68	3.42516	3.79516					
24	9	42.94	21.67	98.4	2.56	3.42208	3.79208					
25	10	42.45	21.12	89.2	2.21	3.419	3.789					
26												
27	For 5% significance level, there are 3 Potential Outliers											
28	Therefore, Potential Statistical Outliers are											
29	312.80, 236.90, 149.70											
30												
31	For 1% Significance Level, there are 2 Potential Outliers											
32	Therefore, Potential Statistical Outliers are											
33	312.80, 236.90											

Tabella 7 Rosner's test per il cobalto

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	<b>Outlier Tests for Selected Variables</b>											
2	<b>User Selected Options</b>											
3	From File WorkSheet.wst											
4	Full Precision OFF											
5	Test for Suspected Outliers with Dixon test 1											
6	Test for Suspected Outliers with Rosner test 10											
7												
8												
9	<b>Rosner's Outlier Test for Cobalto</b>											
10												
11	Number of data: 123											
12	Number of suspected outliers: 10											
13												
14				Potential	Test	Critical	Critical					
15	#	Mean	sd	outlier	value	value (5%)	value (1%)					
16	1	3.56	4.05	37.7	8.44	3.4444	3.8144					
17	2	3.28	2.63	14.5	4.26	3.4398	3.8144					
18	3	3.19	2.44	14	4.44	3.4398	3.8144					
19	4	3.1	2.24	11	3.53	3.4344	3.8044					
20	5	3.03	2.12	10.1	3.33	3.4344	3.8044					
21	6	2.97	2.03	8.8	2.87	3.43132	3.80132					
22	7	2.92	1.96	8.6	2.89	3.42824	3.79824					
23	8	2.88	1.9	8.5	2.96	3.42516	3.79516					
24	9	2.83	1.83	8.4	3.04	3.42208	3.79208					
25	10	2.78	1.76	8.1	3.02	3.419	3.789					
26												
27	For 5% significance level, there are 4 Potential Outliers											
28	Therefore, Potential Statistical Outliers are											
29	37.70, 14.50, 14.00, 11.00											
30												
31	For 1% Significance Level, there are 3 Potential Outliers											
32	Therefore, Potential Statistical Outliers are											
33	37.70, 14.50, 14.00											
34												

Tabella 8. Rosner's test per il rame

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
1					<b>Outlier Tests for Selected Variables</b>									
2					<b>User Selected Options</b>									
3					From File	WorkSheet.wst								
4					Full Precision	OFF								
5					Test for Suspected Outliers with Dixon test	1								
6					Test for Suspected Outliers with Rosner test	6								
7														
8														
9					<b>Rosner's Outlier Test for Rame</b>									
10														
11					Number of data: 123									
12					Number of suspected outliers: 6									
13														
14					Potential	Test	Critical	Critical						
15	#	Mean	sd	outlier	value	value (5%)	value (1%)							
16	1	92.27	130.68	976.9	6.77	3.4444	3.8144							
17	2	85.01	104.11	808	6.94	3.4398	3.8144							
18	3	79.04	80.85	535.3	5.64	3.4398	3.8144							
19	4	75.24	69.48	375.6	4.32	3.4344	3.8044							
20	5	72.71	64.02	375.1	4.72	3.4344	3.8044							
21	6	70.15	57.83	295.5	3.9	3.43132	3.80132							
22														
23					For 5% significance level, there are 6 Potential Outliers									
24					Therefore, Potential Statistical Outliers are									
25					976.90, 808.00, 535.30, 375.60, 375.10, 295.50									
26														
27					For 1% Significance Level, there are 6 Potential Outliers									
28					Therefore, Potential Statistical Outliers are									
29					976.90, 808.00, 535.30, 375.60, 375.10, 295.50									
30														

Tabella 9. Rosner's test per lo stagno

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
1					<b>Outlier Tests for Selected Variables</b>									
2					<b>User Selected Options</b>									
3					From File	WorkSheet.wst								
4					Full Precision	OFF								
5					Test for Suspected Outliers with Dixon test	1								
6					Test for Suspected Outliers with Rosner test	10								
7														
8														
9					<b>Rosner's Outlier Test for Stagno</b>									
10														
11					Number of data: 123									
12					Number of suspected outliers: 10									
13														
14					Potential	Test	Critical	Critical						
15	#	Mean	sd	outlier	value	value (5%)	value (1%)							
16	1	2	1.46	10.3	5.69	3.4444	3.8144							
17	2	1.94	1.26	9.5	6	3.4398	3.8144							
18	3	1.87	1.06	7.1	4.94	3.4398	3.8144							
19	4	1.83	0.95	5.9	4.3	3.4344	3.8044							
20	5	1.79	0.87	4	2.52	3.4344	3.8044							
21	6	1.78	0.85	3.7	2.25	3.43132	3.80132							
22	7	1.76	0.84	3.7	2.32	3.42824	3.79824							
23	8	1.74	0.82	3.6	2.26	3.42516	3.79516							
24	9	1.73	0.81	3.5	2.2	3.42208	3.79208							
25	10	1.71	0.79	3.3	2	3.419	3.789							
26														
27					For 5% significance level, there are 4 Potential Outliers									
28					Therefore, Potential Statistical Outliers are									
29					10.30, 9.50, 7.10, 5.90									
30														
31					For 1% Significance Level, there are 4 Potential Outliers									
32					Therefore, Potential Statistical Outliers are									
33					10.30, 9.50, 7.10, 5.90									
34														

Tabella 10. Rosner's test per il cadmio

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	<b>Outlier Tests for Selected Variables</b>											
2	<b>User Selected Options</b>											
3	From File WorkSheet.wst											
4	Full Precision OFF											
5	Test for Suspected Outliers with Dixon test 1											
6	Test for Suspected Outliers with Rosner test 10											
7												
8												
9	<b>Rosner's Outlier Test for Cadmio</b>											
10												
11	Number of data: 123											
12	Number of suspected outliers: 10											
13												
14												
15	#	Mean	sd	Potential outlier	Test value	Critical value (5%)	Critical value (1%)					
16	1	0.71	1.36	12.45	8.63	3.4444	3.8144					
17	2	0.62	0.86	6.64	7.04	3.4398	3.8144					
18	3	0.57	0.66	5.11	6.89	3.4398	3.8144					
19	4	0.53	0.51	3.6	5.99	3.4344	3.8044					
20	5	0.5	0.43	3.32	6.56	3.4344	3.8044					
21	6	0.48	0.34	2.75	6.62	3.43132	3.80132					
22	7	0.46	0.27	1.82	5	3.42824	3.79824					
23	8	0.45	0.24	1.69	5.14	3.42516	3.79516					
24	9	0.44	0.21	1.22	3.68	3.42208	3.79208					
25	10	0.43	0.2	0.96	2.65	3.419	3.789					
26												
27	For 5% significance level, there are 9 Potential Outliers											
28	Therefore, Potential Statistical Outliers are											
29	12.45, 6.64, 5.11, 3.60, 3.32, 2.75, 1.82, 1.69, 1.22											
30												
31	For 1% Significance Level, there are 8 Potential Outliers											
32	Therefore, Potential Statistical Outliers are											
33	12.45, 6.64, 5.11, 3.60, 3.32, 2.75, 1.82, 1.69											
34												

Tabella 11. Rosner's test per il piombo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	<b>Outlier Tests for Selected Variables</b>											
2	<b>User Selected Options</b>											
3	From File WorkSheet.wst											
4	Full Precision OFF											
5	Test for Suspected Outliers with Dixon test 1											
6	Test for Suspected Outliers with Rosner test 10											
7												
8												
9	<b>Rosner's Outlier Test for Piombo</b>											
10												
11	Number of data: 123											
12	Number of suspected outliers: 10											
13												
14	#	Mean	sd	Potential outlier	Test value	Critical value (5%)	Critical value (1%)					
15	1	79.4	135.88	1241	8.55	3.4444	3.8144					
16	2	69.88	86.75	825	8.71	3.4398	3.8144					
17	3	63.64	52.88	384	6.06	3.4398	3.8144					
18	4	60.97	44.16	269	4.71	3.4344	3.8044					
19	5	59.22	39.96	185	3.15	3.4344	3.8044					
20	6	58.15	38.4	171	2.94	3.43132	3.80132					
21	7	57.19	37.1	148	2.45	3.42824	3.79824					
22	8	56.41	36.28	144	2.41	3.42516	3.79516					
23	9	55.64	35.49	143	2.46	3.42208	3.79208					
24	10	54.88	34.68	141	2.48	3.419	3.789					
25												
26	For 5% significance level, there are 4 Potential Outliers											
27	Therefore, Potential Statistical Outliers are											
28	1241.00, 825.00, 384.00, 269.00											
29												
30	For 1% Significance Level, there are 4 Potential Outliers											
31	Therefore, Potential Statistical Outliers are											
32	1241.00, 825.00, 384.00, 269.00											
33												
34												

Tabella 12. Rosner's test per lo zinco

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L					
1	Outlier Tests for Selected Variables																
2	User Selected Options																
3	From File WorkSheet.wst																
4	Full Precision OFF																
5	Test for Suspected Outliers with Dixon test																
6	Test for Suspected Outliers with Rosner test																
7																	
8																	
9	Rosner's Outlier Test for Zinco																
10																	
11	Number of data: 123																
12	Number of suspected outliers: 10																
13																	
14																	
15	#	Mean	sd	Potential outlier	Test value	Critical value (5%)	Critical value (1%)										
16	1	157.35	223.76	1842	7.53	3.4444	3.8144										
17	2	143.55	165.07	1327.2	7.17	3.4398	3.8144										
18	3	133.76	125.32	1146.1	8.08	3.4398	3.8144										
19	4	125.33	84.57	491	4.32	3.4344	3.8044										
20	5	122.25	77.91	406	3.64	3.4344	3.8044										
21	6	119.85	73.67	335.2	2.92	3.43132	3.80132										
22	7	118.01	71.22	325.2	2.91	3.42824	3.79824										
23	8	116.22	68.84	323.6	3.01	3.42516	3.79516										
24	9	114.42	66.33	321.7	3.12	3.42208	3.79208										
25	10	112.6	63.68	295.5	2.87	3.419	3.789										
26																	
27	For 5% significance level, there are 5 Potential Outliers																
28	Therefore, Potential Statistical Outliers are																
29	1842.00, 1327.20, 1146.10, 491.00, 406.00																
30																	
31	For 1% Significance Level, there are 4 Potential Outliers																
32	Therefore, Potential Statistical Outliers are																
33	1842.00, 1327.20, 1146.10, 491.00																
34																	

## **8. VALORI DI CONCENTRAZIONE DEI METALLI – FONDI NATURALI**

In analogia a quanto proposto da APAT nello “Studio sui valori di concentrazione dell’arsenico nei suoli ad uso residenziale” relativamente al Sito di Interesse Nazionale di Porto Marghera si utilizza il 90° percentile del set di dati epurati dai substrati presumibilmente influenzati dall’attività antropica e dagli outliers per la definizione del fondo naturale. I valori così determinati sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 13. Momenti statistici utili alla definizione del fondo naturale per la zonizzazione individuata all’interno del territorio comunale di Levico Terme.

<b>Arsenico</b>		<b>Col A</b> <b>20 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>50 [mg/kg]</b>	<b>Rame</b>		<b>Col A</b> <b>120 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>600 [mg/kg]</b>
[mg/kg]	Set dati iniziale		Set dati fondo naturale	[mg/kg]	Set dati iniziale		Set dati fondo naturale
conteggio	164		120	conteggio	164		117
media	43.6		45.9	media	78.1		68.2
dev stand	39.4		25.6	dev stand	118.6		54.1
max	312.8		124.7	max	976.9		259.6
min	0.4		6.7	min	3.7		4.7
<b>90° perc</b>	<b>82.8</b>		<b>81.5</b>	<b>90° perc</b>	<b>148.0</b>		<b>138.8</b>

<b>Cadmio</b>		<b>Col A</b> <b>2 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>15 [mg/kg]</b>	<b>Selenio</b>		<b>Col A</b> <b>3 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>15 [mg/kg]</b>
[mg/kg]	Set dati iniziale		Set dati fondo naturale	[mg/kg]	Set dati iniziale		Set dati fondo naturale
conteggio	164		114	conteggio	164		118
media	0.61		0.43	media	0.51		0.45
dev stand	1.20		0.20	dev stand	0.38		7.8E-16
max	12.45		0.96	max	4.00		0.45
min	0.03		0.07	min	0.45		0.45
<b>90° perc</b>	<b>0.78</b>		<b>0.73</b>	<b>90° perc</b>	<b>0.45</b>		<b>0.45</b>

<b>Cobalto</b>		<b>Col A</b> <b>20 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>250 [mg/kg]</b>	<b>Stagno</b>		<b>Col A</b> <b>1 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>350 [mg/kg]</b>
[mg/kg]	Set dati iniziale		Set dati fondo naturale	[mg/kg]	Set dati iniziale		Set dati fondo naturale
conteggio	164		118	conteggio	164		119
media	4.4		3.0	media	1.9		1.8
dev stand	16.8		2.1	dev stand	1.3		0.9
max	212.3		10.1	max	10.3		4.0
min	0.1		0.4	min	0.3		0.3
<b>90° perc</b>	<b>6.4</b>		<b>6.1</b>	<b>90° perc</b>	<b>3.0</b>		<b>3.0</b>

<b>Piombo</b>		<b>Col A</b> <b>100 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>1000 [mg/kg]</b>	<b>Zinco</b>		<b>Col A</b> <b>150 [mg/kg]</b>	<b>Col B</b> <b>1500 [mg/kg]</b>
[mg/kg]	Set dati iniziale		Set dati fondo naturale	[mg/kg]	Set dati iniziale		Set dati fondo naturale
conteggio	164		119	conteggio	164		118
media	66.0		59.2	media	136.4		119.9
dev stand	121.9		40.0	dev stand	203.6		73.7
max	1241.8		185.0	max	1842.9		335.2
min	0		8.0	min	2.0		17.2
<b>90° perc</b>	<b>123.0</b>		<b>115.2</b>	<b>90° perc</b>	<b>229.5</b>		<b>210.9</b>

L'analisi statistica evidenzia che, per i metalli **Arsenico, Piombo, Rame, Stagno, Zinco**, i valori proposti per il fondo naturale sono superiori a quelli previsti per le concentrazioni soglia di contaminazione indicate dal d.lgs 152/06 colonna A (siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale). Si segnala inoltre che per l'arsenico il valore desunto supera anche la concentrazione soglia di colonna B (siti ad uso commerciale e industriale).

## **9. DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI METALLI ARSENICO, PIOMBO, RAME, STAGNO, ZINCO MEDIANTE INTERPOLAZIONE**

Ai fini gestionali appare utile rappresentare l'interpolazione dei valori massimi riscontrati per ogni sondaggio relativamente ad Arsenico, Piombo, Rame, Stagno, Zinco sul territorio comunale di Levico Terme; nella tavola 6 allegata e nelle figure sottostanti sono riportate tali interpolazioni. Si evidenzia che i dati sono stati interpolati con il metodo IDW (Inverse distance weighted interpolation) per mezzo del software GRASS (versione 6.0). Il set di dati interpolato è quello iniziale. L'area oggetto dell'interpolazione è quella relativa alla zonizzazione.

Dalle mappe di desume come arsenico e stagno siano uniformemente distribuiti all'interno del territorio comunale. Per la presenza di rame, piombo e zinco appare invece evidente l'influenza della conoide proveniente dal versante di Vetriolo. Si segnala inoltre l'hotspot rappresentato dal sondaggio 32, i cui valori sono stati considerati in molti casi outliers mediante il test di Rosner's.

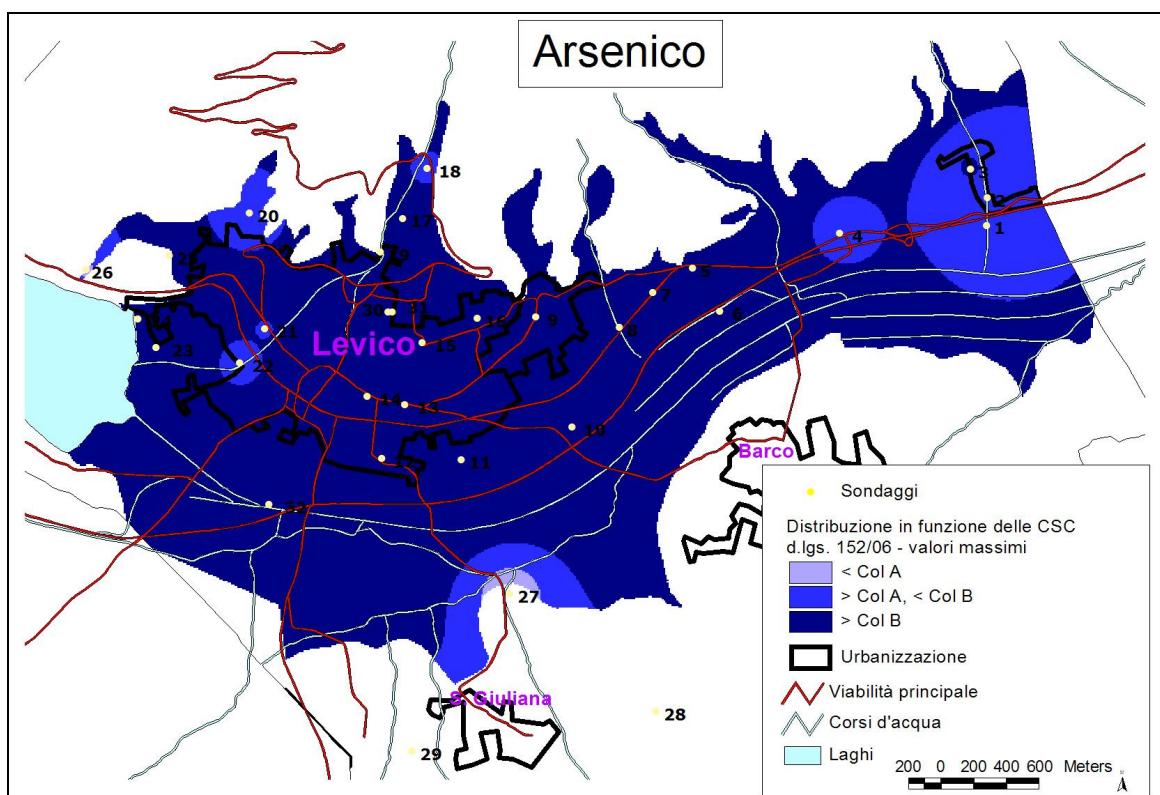


Figura 26. Interpolazione dei valori massimi riscontrati per sondaggio relativamente all'arsenico.

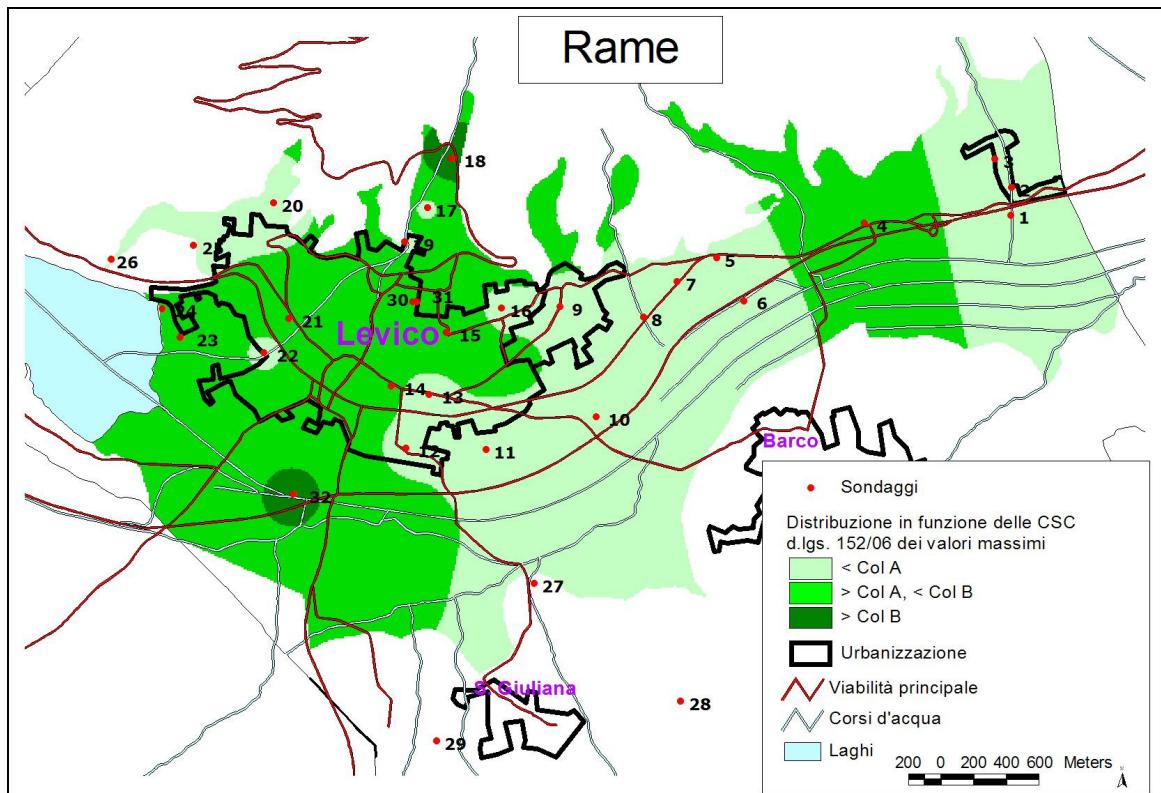


Figura 27. Interpolazione dei valori massimi riscontrati per sondaggio relativamente al rame.

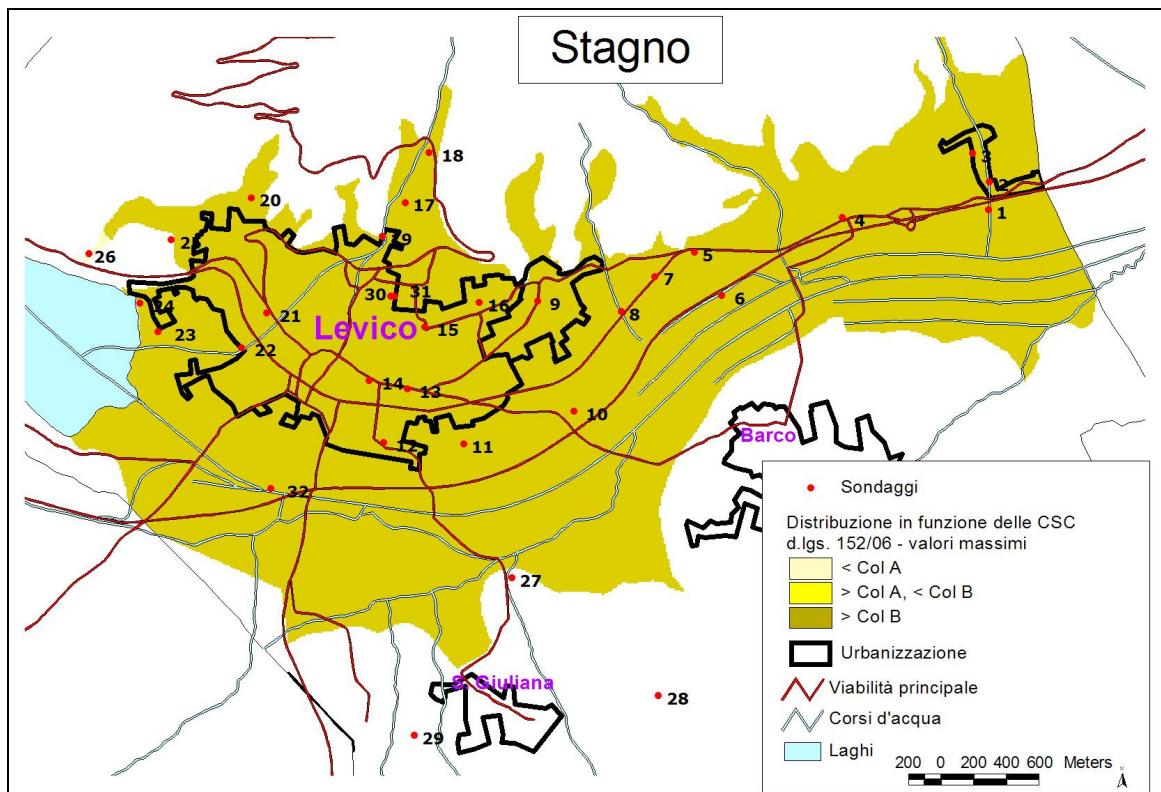


Figura 28. Interpolazione dei valori massimi riscontrati per sondaggio relativamente allo stagno.

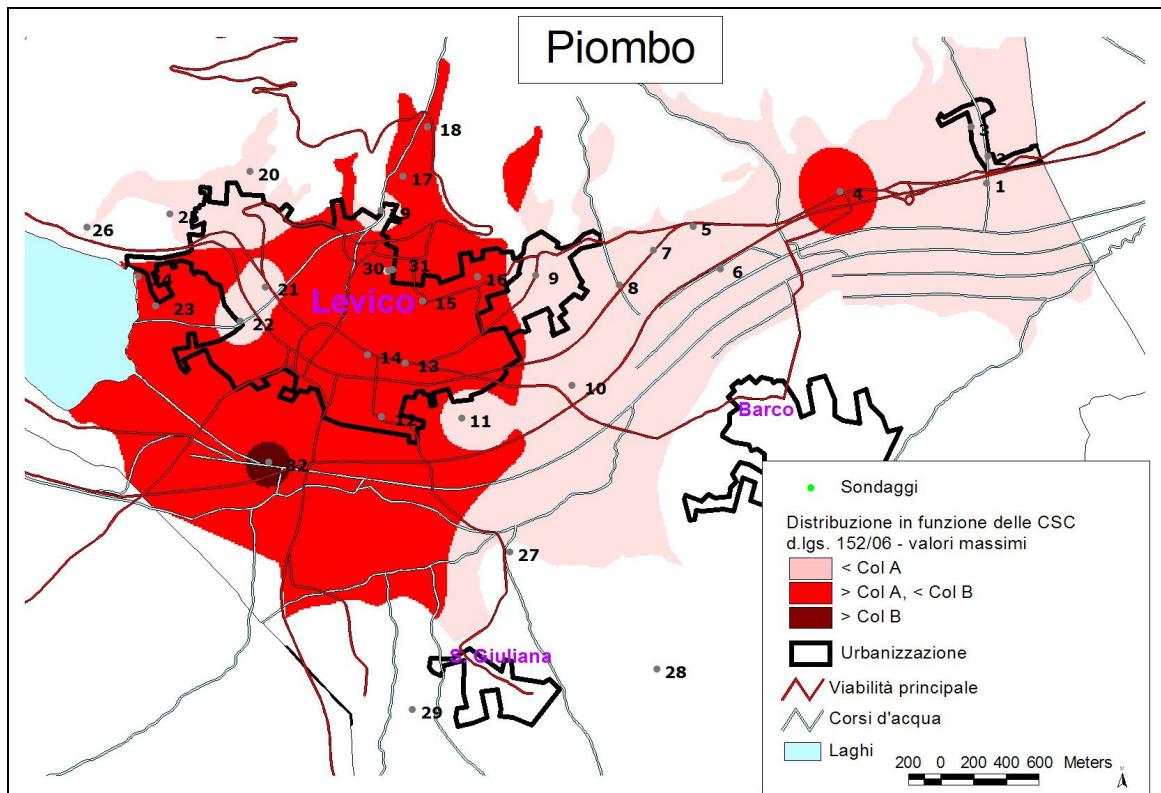


Figura 29. Interpolazione dei valori massimi riscontrati per sondaggio relativamente al piombo.

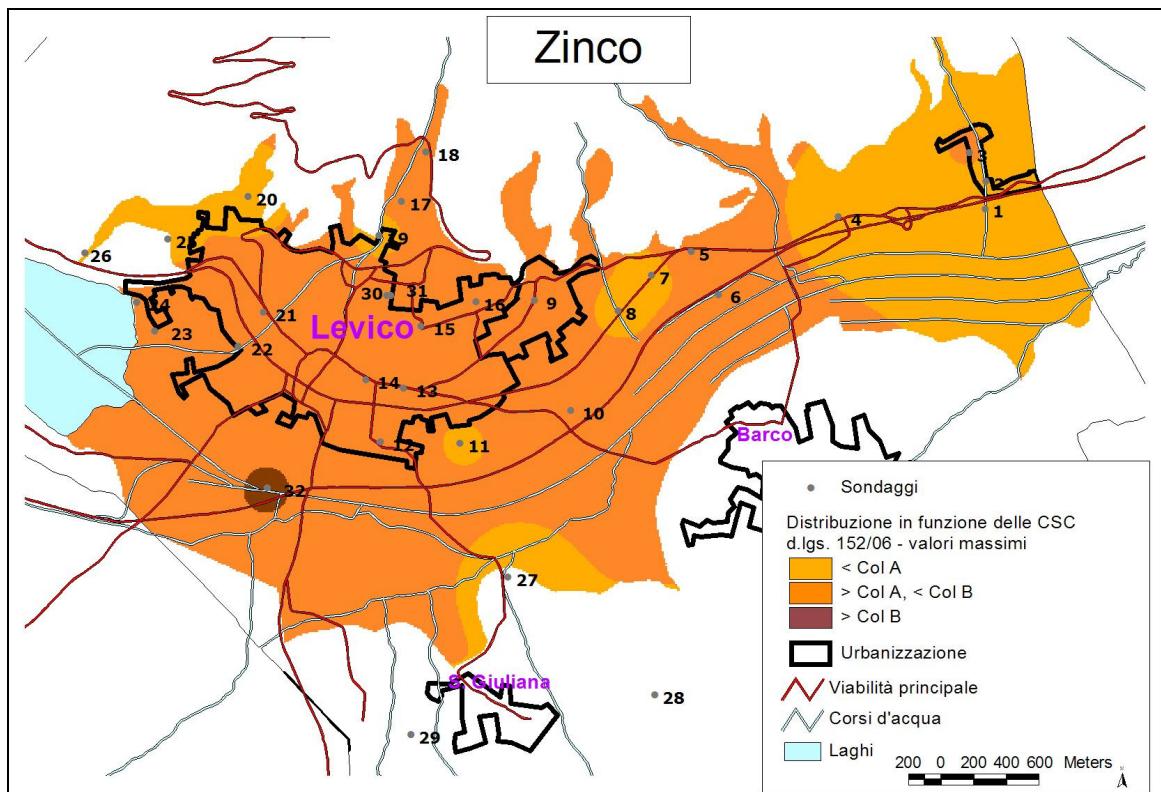


Figura 30. Interpolazione dei valori massimi riscontrati per sondaggio relativamente allo zinco.

## 10. CONCLUSIONI

Il presente studio è stato sviluppato al fine di elaborare una proposta per l'individuazione le concentrazioni relative al fondo naturale in una parte del territorio comunale di Levico Terme; l'analisi ha coinvolto aspetti geologici, geografici, analitici e statistici, coerentemente con quanto indicato nelle documentazioni di dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici dell'Istituto Superiore di Sanità.

Il risultato di tale approccio multidisciplinare al caso specifico ha permesso, oltre alla determinazione dei valori del fondo naturale per i metalli la cui presenza, al di sopra dei valori di CSC contenuti nel d.lgs 152/99 per i terreni, è adducibile a fenomeni naturali (paragrafo 8 e tabella 14), la caratterizzazione geografica e litologica della presenza di metalli nel terreno; tali considerazioni risultano di estrema utilità anche dal punto di vista gestionale.

Le problematiche riscontrate in relazione alle concentrazioni in metalli sono legate alla forte mineralizzazione delle rocce presenti sul versante settentrionale della Valsugana, ed in particolare sul fianco meridionale del M.Panarotta, ove, come descritto nelle Note alla Carta Gologica d'Italia, *nella zona di Vetriolo è stato coltivato un corpo mineralizzato concordante con le filladi, a pirite, associato con uno ad arsenopirite: dalle vecchie gallerie scaturiscono attualmente le acque minerali di Levico e Vetriolo.*

Lo studio ha confermato che nei sedimenti detritici e detritico-alluvionali disposti al piede del versante suddetto ed nei depositi alluvionali di fondovalle si ha riscontro delle mineralizzazioni presenti in quota.

I risultati dello studio sono stati sintetizzati nella tavola 5 dell'allegato cartografico, in cui sono indicati i valori del fondo naturale proposti per alcuni metalli evidenziati a seguito delle elaborazioni eseguite nonché la zona del territorio comunale dove, in base a considerazioni geologiche ed analitiche, tali valori hanno significato.

Tabella 14. Valori delle CSC come da d.lgs 152/06 e concentrazioni proposte come riferimento per la definizione del fondo naturale all'interno del comune di Levico Terme per alcuni metalli.

Metalli	Col A [mg/kg]	Col B [mg/kg]	Fondo naturale [mg/kg]
Arsenico	20	50	81.5
Rame	120	600	138.8
Piombo	100	1000	115.2
Stagno	1	350	3.0
Zinco	150	1500	210.9

Trento, dicembre 2007