



REGIONE BASILICATA

DIPARTIMENTO AMBIENTE, TERRITORIO E
POLITICHE DELLA SOSTENIBILITÀ
UFFICIO PREVENZIONE E CONTROLLO AMBIENTALE

viale della Regione Basilicata, 5 - 85100 POTENZA
Dr. Nicola Vignola
Tel. +39 971 668875 – Fax +39 971 669082

**CARTOGRAFIA GEOCHIMICA PER IL CONTROLLO AMBIENTALE DEI SITI
INDUSTRIALI DI VIGGIANO, S.NICOLA DI MELFI, VALLE DI VITALBA, BARAGIANO
E MATERA (JESCE E LA MARTELLA)**

PROGETTO ESECUTIVO

1	RELAZIONE
----------	------------------

I progettisti:

Dr. Bernardino Anzidei

Ing. Fortunato Giordano

Ing. Giuseppe Mancinelli

Geom. Antonio Primolevo

Ing. Vito Leonardo Sabia

Il Responsabile del Procedimento
Dr. Nicola Vignola

Potenza, 15 novembre 2005

PREMESSA

E' ben noto in letteratura che per molti organismi viventi esiste un campo di concentrazione ottimale di un dato elemento chimico al di fuori del quale hanno luogo effetti tanto negativi da mettere in pericolo la sua stessa sopravvivenza. Tali effetti possono essere causati sia quando le concentrazioni sono elevate sia quando sono scarse: il morbo di Minamata ed il saturnismo sono, per esempio, rispettivamente legati a concentrazioni di mercurio e piombo troppo elevate per il nostro organismo mentre la patologia di Keshan (cardiopatía dilatativa) e di Kaschin-Beck (poliartrite endemica) sono invece indotte alla scarsità di selenio.

Le "anomalie" chimiche della geosfera, naturali o antropiche che siano, costituiscono quindi una questione molto seria che tocca direttamente non solo la qualità dell'Ambiente ma anche quella della Vita sul nostro pianeta. Questa forma di rischio, che sta ricevendo una grande attenzione delle agenzie governative di tutela ambientale e degli operatori della pianificazione territoriale, è nota con il termine di *Rischio Geochimico*.

Un mezzo estremamente efficace per la definizione di questa particolare forma di rischio è quello della elaborazione dei dati chimici finalizzata alla redazione di una carta geochimica. L'obiettivo è quello di fornire, attraverso opportune e specifiche tecniche di rappresentazione grafica, uno strumento per conoscere e controllare il territorio nella sua totalità, per individuare anomalie geochimiche naturali nonché per monitorare eventuali perturbazioni geochimiche di origine antropica.

Per poter individuare i mezzi e definire i tempi per il risanamento di aree di interesse socio-economico è quindi opportuno, se non necessario, che gli Enti preposti alla tutela ed al controllo dell'ambiente acquisiscano rapidamente tutte le informazioni necessarie per una corretta gestione del territorio ed individuino le aree sottoposte a più elevato rischio geochimico. Questo approccio del "meglio-prevenire-che-curare" è punto di riferimento della proposta dell'UNESCO (1995) di procedere alla raccolta di informazioni geochimiche di base a livello planetario.

Sono questi gli obiettivi che si intendono perseguire con il presente progetto di Carta Geochimica che rivolge l'attenzione ad aree sedi di attività ad elevato impatto antropico della Basilicata: i siti industriali di S. Nicola di Melfi, Valle di Vitalba, Baragiano, Viggiano e Area industriale di Matera (Jesce e La Martella).

Le **carte geochimiche** rappresentano un mezzo consolidato di carte tematiche che sono state estesamente applicate nel campo della **prospezione geochimica** e che più recentemente rappresentano un

punto di riferimento molto importante della **geochimica ambientale**. Si parte dall'esame dei risultati che sono stati ottenuti a livello internazionale, ponendo la dovuta attenzione all'**esperienza cinese**, caratterizzata da impegni di risorse infrastrutturali e umane rilevanti nonché da elevato livello scientifico. Questi risultati riguardano tanto la geochimica urbana che carte geochimiche relative ad ampie zone rurali ed industrializzate. L'approccio dei ricercatori cinesi é stato fortemente innovativo anche perché l'approccio verso la soluzione dei problemi relativi alla salubrità dell'ambiente é stata affrontata in termini pienamente **interdisciplinari** con la **epidemiologia**, medicina, **biologia**, **ecologia**.

Segue quindi un ampio approfondimento sui risultati conseguiti in Italia, con la presentazione di numerose carte geochimiche che riguardano i mezzi disperdenti più importanti e cioè tanto i **sedimenti fluviali** e **suoli** che le **acque** naturali superficiali **scorrive** e **sotterranee**. Queste carte coprono l'estensione di intere regioni (Lazio, Toscana) ed aree particolarmente interessanti come quelle del vulcanesimo attivo; esse indicano la presenza di **vistose** ed estese **anomalie** di elementi in **traccia** con elevata tossicità **cronica**.

Le conclusioni sottolineano la urgente necessità di implementare ed estendere, specie nel nostro paese, le ricerche di **geochimica** e **bonifica ambientale** relative tanto ai mezzi disperdenti solidi (suoli e sedimenti fluviali) che alle acque naturali, nonché le ricerche di epidemiologia, ecologia, fitoclimatologia, ecc., in maniera tale da acquisire le informazioni di base necessarie ad un **responsabile uso** del **territorio**, passando attraverso il risanamento di aree **insalubri** e, soprattutto alla pianificazione dell'approvvigionamento di acque per uso umano, e in particolare **idropotabile** di sicura qualità, al fine di **attenuare** significativamente il livello del **rischio geochimico** e **innalzare** il livello di **salubrità** degli approvvigionamenti **idropotabili**; settori questi nei quali il nostro paese ha ancora un lungo e complesso cammino da percorrere.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Le aree industriali che si intendono caratterizzare dal punto di vista geochimica sono quelle di Baragiano, Viggiano, Valle di Vitalba e S. Nicola di Melfi in Provincia di Potenza e La Martella e Jesce in Provincia di Matera.

INQUADRAMENTO NORMATIVO

Al fine di verificare lo stato di contaminazione di porzioni di territorio, il Ministero dell'Ambiente ha emanato il D.M. 471/99 "Regolamento recante criteri, procedure e modalita' per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni. (*Pubblicato sul Supplemento Ordinario 218/L alla Gazzetta Ufficiale n. 293 del 15 dicembre 1999*) " Tale regolamento stabilisce i criteri, le procedure e le modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17, del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modifiche ed integrazioni. A tal fine disciplina:

a - i limiti di accettabilità della contaminazione dei suoli, delle acque superficiali e delle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti;

b - le procedure di riferimento per il prelievo e l'analisi dei campioni;

c - i criteri generali per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati, nonché per la redazione dei relativi progetti;

d - i criteri per le operazioni di bonifica di suoli e falde acquifere che facciano ricorso a batteri, a ceppi batterici mutanti, a stimolanti di batteri naturalmente presenti nel suolo;

e - il censimento dei siti potenzialmente inquinati, l'anagrafe dei siti da bonificare e gli interventi di bonifica e ripristino ambientale effettuati da parte della pubblica amministrazione;

f - i criteri per l'individuazione dei siti inquinati di interesse nazionale.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel redigere il presente progetto si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- *Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n° 22*

Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e

sui rifiuti di imballaggio (pubblicato in G.U. 15 febbraio 1997, n.38, S.O.)

- *Legge 9 dicembre 1998, n° 426*

Nuovi interventi in campo ambientale (pubblicata in G.U. 14 dicembre 1998, n. 291)

- D.M. 25/10/99, N° 471

Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22, e successive modificazioni e integrazioni (pubblicato in G.U. 15 dicembre 1999, n.293, S.O.)

- *Legge 23 dicembre 2000, n° 388*

Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2001, pubblicata in G.U. 29 dicembre 2000, n.302, S.O.)

Legge 23 marzo 2001, n° 93

- *Disposizioni in campo ambientale (pubblicata in G.U. 4 aprile 2001, n.79)*
- *Decreto legislativo n. 152 del 11-5-1999*, recante: "disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole"
- Legge n.36 del 5-1-1994 : "*disposizioni in materia di risorse idriche*"

OBIETTIVI

La strategia analitica da adottare per la mappatura territoriale delle concentrazioni di composti chimici nelle aree di Viggiano, S.Nicola di Melfi, Valle di Vitalba, Balvano-Baragiano e Matera (Jesce e La Martella) tutti a rischio di inquinamento da fonti industriali non sarà quella del dosaggio di elementi considerati pericolosi *sic et simpliciter* ma, come si dettaglierà in seguito, si procederà con la misura delle loro concentrazioni sia nel suolo sia nel sottosuolo. Il presente Progetto non deve essere quindi considerato come parte integrante della Carta Geochimica d'Italia bensì come un supporto per la corretta gestione territoriale in aree soggette ad una forte pressione antropica.

Oltre alla misura dei contenuti complessivi di taluni elementi di specifico interesse presenti nel suolo e nel sottosuolo, il Progetto introduce un elemento concettualmente innovativo per una Carta Geochimica che è certamente di grande importanza per l'analisi di un sito inquinato: il concetto di "mobilità geochimica". La presenza in un suolo, o più in generale in un sedimento, di elementi chimici in concentrazioni superiori a quelle

previste dalle normative vigenti non è sufficiente a far affermare che si è in presenza di una situazione di rischio ambientale. Un elemento chimico "intrappolato" in un minerale non sarà mobilizzabile se non in seguito ad attacchi chimici molto aggressivi; esso non sarà quindi "disponibile" e non costituirà una fonte di inquinamento, contrariamente a quanto invece si verifica se quel dato elemento si trova adsorbito su un minerale ovvero presente sotto forma di precipitato parzialmente o del tutto solubile. Il Progetto prevede la realizzazione di carte geochimiche (si riporta in fig.2 un esempio di carta geochimica relativa al Cromo) dei siti industriali dinanzi citati nelle quali saranno riportate le concentrazioni di elementi ritenuti a maggior rischio ambientale ed inclusi nel D.M. 471/99 (Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo esavalente, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio e Zinco).

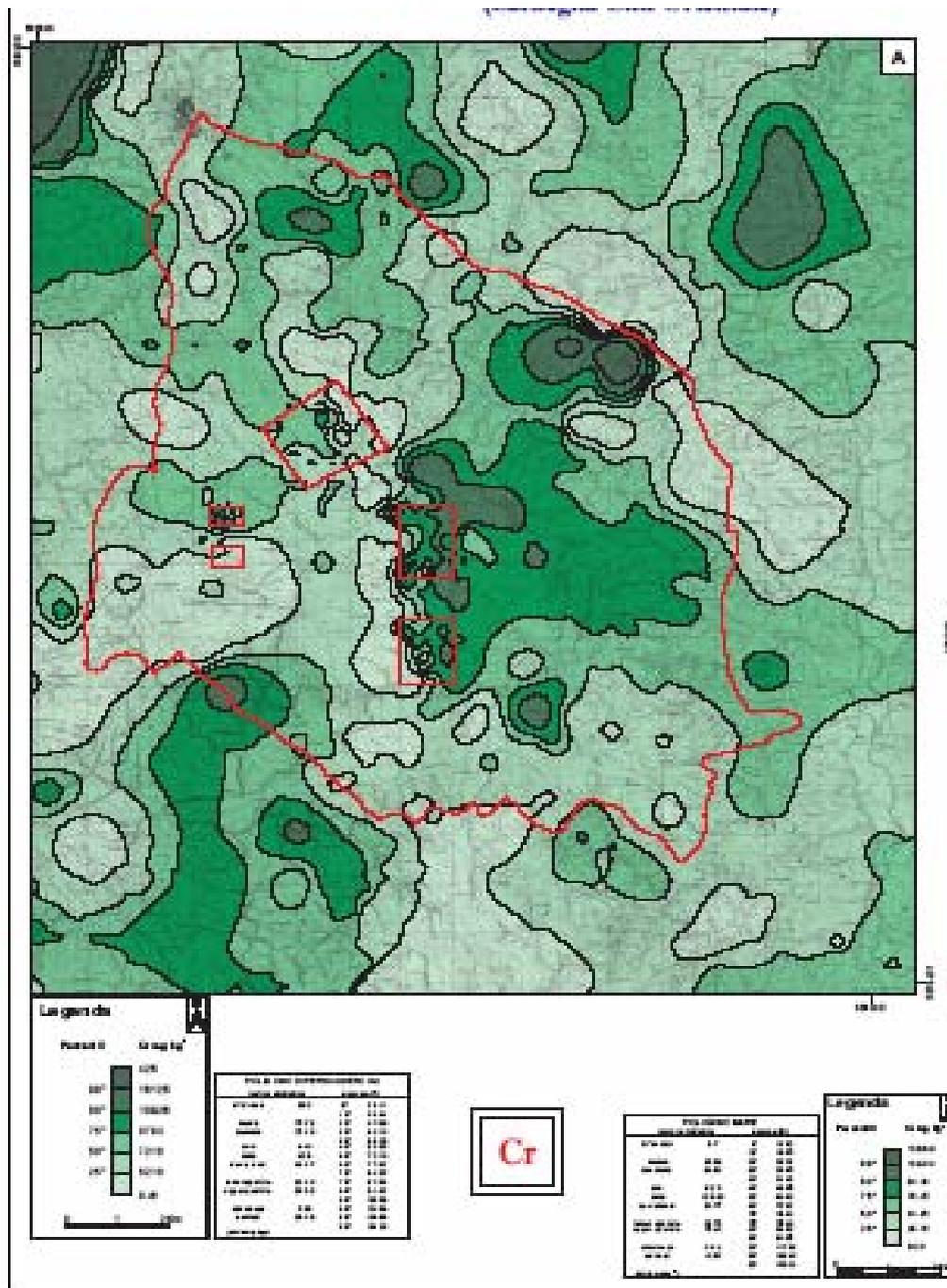


Fig. 2 Carta geochimica del Cromo

Il contributo del fondo geochimico naturale sarà valutato sia attraverso il confronto dei dati acquisiti per il presente progetto con quelli disponibili in letteratura, sia conducendo specifiche indagini sui minerali costituenti i suoli e le rocce del sottosuolo dei due siti in questione.

Gli elaborati cartografici saranno quindi di due tipi per uno stesso elemento: in un caso saranno riportati i tenori degli elementi nei suoli e nei sedimenti, nell'altro saranno invece rappresentate le quantità, dello stesso elemento, facilmente mobilizzabili in seguito a lisciviazione chimica e quindi potenzialmente biodisponibili.

Trattandosi di siti industriali e in relazione alla possibilità che fonti puntuali di inquinamento possano essere localizzate al disotto della superficie terrestre si ritiene, per aree dove maggiore può essere la probabilità di inquinamento potenziale, opportuno misurare le concentrazioni dei metalli anche su campioni di sottosuolo e acque di falda prelevati in ogni punto della maglia di lato 100 metri. I carotaggi verranno spinti sino ad una profondità media di metri 15 e tutti i pozzi perforati verranno attrezzati a piezometri avente diametro utile non inferiore a 100 mm tale da permettere la caratterizzazione qualitativa in situ delle acque di falda mediante l'uso di sonde multiparametriche.

I campioni di suolo e sottosuolo da sottoporre ad analisi verranno prelevati a profondità diversa secondo lo schema seguente:

N° 1 campione di suolo tra 0 e -5 metro;

N° 1 campione di suolo tra -6 e - 10 metri;

N° 1 campione di suolo tra -11 e - 15 metri;

N° 1 campione di acqua di falda dopo chiarificazione della stessa

Pertanto su ogni sondaggio si preleveranno complessivamente n. 4 campioni di cui tre di suolo e sottosuolo ed uno di acqua di falda.

I risultati di tali indagini permetteranno di ottenere per ogni elemento analizzato n. 2 carte, una geochimica p.d. ed una della mobilità geochimica, che illustreranno la distribuzione e le concentrazioni degli elementi chimici sotto osservazione ad una profondità di circa 15 m dal piano campagna. E' questo un ulteriore elemento di novità che il presente Progetto introduce rispetto alla caratterizzazione "convenzionale".

DESCRIZIONE DEI SITI

Area industriale di Viggiano

La Regione Basilicata è la prima regione italiana per numero di permessi di ricerca (23) e concessioni di coltivazioni di idrocarburi (27) e 702.536 ettari del territorio lucano, pari al 70,3% dell'intera regione, sono

interessati dalle attività di esplorazione e prelievi di idrocarburi. I bacini principalmente interessati dalle estrazioni petrolifere sono la Val d'Agri, la Valle del Camastra e quella del Sauro le cui riserve si prevede che siano di circa 900 milioni di barili.

Dal punto di vista idrogeologico si possono individuare quattro settori: a) Settore Settentrionale "Serra di Calvello-Calvelluzzo" b) Settore Meridionale "Mt. S. Nicola"; c) Settore Orientale "Mt. Vulturino"; d) un ulteriore Settore estremamente orientale che alimenta sorgenti di minima rilevanza.

Il Sett. Settentrionale alimenta numerose sorgenti tra cui le più importanti sono: l'Agri 1 e 2, Sulfurea della Terra, Acero, Truppa, etc.... Alcune di queste sorgenti sono di portata rilevante che può essere anche dell'ordine del centinaio di litri al secondo.

Nel Sett. Meridionale vi sono sempre sorgenti con portate comunque apprezzabili, e con caratteristiche chimiche differenti da quelle della sorgente Sulfurea delle Terre tranne la sorgente Zolfato. Per quanto riguarda il quadro di riferimento ambientale di tale area si evidenzia che dal punto di vista morfologico essa si caratterizza per la presenza di una vasta area pianeggiante delimitata a Nord da versanti collinari e montuosi, intensamente coltivata, nella quale ricade l'area industriale di Viaggiano. *Per quanto riguarda le caratteristiche meteodiffusive* l'area vasta è caratterizzata da orografia complessa, che influenza notevolmente i fenomeni di dispersione in atmosfera degli inquinanti, con particolare al Centro Oli che rappresenta la sorgente maggiormente significativa. *Per quanto riguarda l'ambiente idrico* l'area da sottoporre a controllo di studio costituisce una porzione dell'ampio bacino idrografico del Fiume Agri e si sviluppa prevalentemente sul versante sinistro del Fiume Agri, fino all'altezza del centro abitato di Viggiano, in vicinanza del bacino artificiale del Lago del Pertusillo che ha la funzione di riserva idrica potabile destinata alle Regioni Basilicata e Puglia. L'approvvigionamento idrico dei comuni dell'Alta Val d'Agri, tra cui Viggiano e Grumento Nova, è garantito da sorgenti e pozzi presenti nella valle, nonché dagli Acquedotti dell'Agri e del Basento. Le acque captate dalle sorgenti ed emunte dai pozzi sono destinate ad utilizzo potabile, irriguo ed industriale. Le acque vengono distribuite all'utenza attraverso una serie di serbatoi che le raccolgono e le smistano con sistemi di sollevamento o, ove possibile, per caduta.

Per quanto riguarda il suolo ed il sottosuolo l'area in esame è situata nell'Appennino Lucano, in un vasto altopiano alluvionale, dove i sollevamenti hanno prodotto un vasto reticolo idrografico con valloni molto approfonditi che confluiscono prevalentemente nel detto bacino artificiale del Pertusillo. Dall'esame dei profili

risulta che in linea generale i suoli presenti nell'area sono poco evoluti, a causa di apporti alluvionali recenti, nelle zone di fondovalle, o di fenomeni erosivi superficiali, sui versanti collinari.

L'area da sottoporre a caratterizzazione a maglia lato 100 metri è quella coincidente con le aree libere inserite all'interno del perimetro dell'area industriale che risulta essere all'incirca 140 ha. In ogni nodo della maglia si eseguirà un carotaggio profondo che verrà spinto laddove è possibile a 15 metri. Ogni pozzo realizzato verrà attrezzato a piezometro di diametro non inferiore a 100 mm. I campioni di suolo verranno prelevati alle seguenti profondità 0 e - 5 m, -6 e -10 m, -11,e -15 metri. In relazione alla superficie di tale area industriale si realizzeranno n.50 pozzi da attrezzare a piezometro con diametro non inferiore a 100 mm tale da consentire l'esecuzione di misure sia con sonde multiparametriche dei parametri chimici che le misure termosalinometriche e gamma log. Il numero complessivo di campioni da sottoporre ad analisi in tale area sarà pari a 200 . (150 di suolo e n.50 di acqua di falda). Come è stato innanzi accennato, ciascun campione sarà analizzato per il suo contenuto "totale" in metalli nonché per quelli rimossi in seguito a tre stadi di lisciviazione selettiva sequenziale. Ciò equivale a dire che saranno indagati, dal punto di vista chimico, 600 subcampioni di suolo e 50 di acqua di falda.

I dati acquisiti dal presente Progetto saranno integrati con già disponibili nell'ambito del progetto *"Monitoraggio delle aree petrolifere della Val d'Agri, Val Camastra e Valle del Sauro.*

Area industriale di S. Nicola di Melfi

Il territorio lucano a nord di Melfi è interamente utilizzato a coltivazione di frumento e praticamente privo di vegetazione arborea. L'intera area è sottoposta frequentemente a forte ventilazione nella direzione ONO e SO così come risulta da uno studio condotto dalla Regione Basilicata (A. Palma; M. Tramutoli; M. Vita; 2000. // *monitoraggio dell'ambiente nel melfese*; Regione Basilicata, Dipartimento Sicurezza Sociale e Politiche Ambientali). Nella piana industriale di San Nicola di Melfi di Potenza, in un area di ca. 200 ettari, sorge il polo industriale della SATA (Società automobilistica Tecnologie Avanzate) e relativo indotto per la costruzione di componentistica per auto, la centrale termoelettrica SERENE e l'impianto di incenerimento di rifiuti FENICE (gruppo FIAT). Certamente l'impianto di incenerimento è l'elemento perturbatore più importante dell'area oggetto di indagine, attualmente quasi al pieno delle potenzialità, ma già da quattro anni la Regione Basilicata ha dato inizio ad una fase di monitoraggio finalizzata all'accertamento dell'entità di contaminazione dei metalli pesanti e composti organici xenobiotici in suoli adiacenti e corpi idrici recettori.

L'area da sottoporre a caratterizzazione a maglia lato 100 metri è quella coincidente con le aree libere inserite all'interno del perimetro dell'area industriale pari a ca. 150 ha. I campioni da sottoporre ad analisi verranno prelevati a seguito di carotaggi profondi da attrezzare a piezometro. I piezometri verranno ubicati in ogni punto di intersezione della maglia di lato 100 metri. Pertanto, in relazione alla superficie di tale area industriale si realizzeranno n° 150 piezometri (150) con diametro non inferiore a 100 mm tale da consentire l'esecuzione di misure sia con sonde multiparametriche dei parametri chimici che le misure termosalinometriche e gamma log. I campioni da sottoporre ad analisi per la ricerca dei metalli verranno campionati secondo lo schema seguente:

n° campione tra 0 e -5;

n° campione tra -6 metri e -10m;

n° campione tra -11 m e - 15 metri;

n° campione di acqua,

pertanto il un numero complessivo di campioni da prelevare sarà pari a 750 (600 di suolo e 150 di acqua di falda). Come è stato innanzi accennato, ciascun campione sarà analizzato per il suo contenuto "totale" in metalli nonché per quelli rimossi in seguito a tre stadi di lisciviazione selettiva sequenziale. Ciò equivale a dire che saranno indagati, dal punto di vista chimico, 2400 subcampioni di suolo e 150 di acqua di falda.

I dati acquisiti dal presente Progetto saranno integrati con già disponibili nell'ambito del progetto *"Monitoraggio dell'area industriale di S.Nicola di Melfi"*.

Fig. 2 – Area Industriale di S.Nicola di Melfi

Area Industriale della Valle di Vitalba

Il Vulture è un'area caratteristica dalla presenza di un complesso vulcanico. Pur avendo un'altezza di poco superiore ai 1300 metri s.m. il Monte Vulture costituisce un elemento morfologico inconfondibile nello scenario della Valle di Vitalba; il massiccio, che dalle pendici alla sommità è rivestito da una fitta vegetazione boschiva. Il Vulture è una montagna isolata dall'Appennino Lucano ed ha un suolo singolarmente fertile per l'apporto di materiale vulcanico; non bisogna dimenticare, infatti, che è un vulcano le cui eruzioni (verificatesi circa 800.000 anni fa) furono di breve durata, ma molto intense e collegate ai fenomeni geologici dislocativi che hanno determinato la nascita dell'Appennino. La fertilità dei terreni della zona, associata alla scarsa altitudine ed alla favorevole esposizione, ha consentito lo sviluppo di ricche colture: in particolare assumono notevole valore economico i vigneti ed i castagneti da frutto. Rilevante è anche la presenza di oliveti che forniscono un prodotto di ottima qualità. Alla presenza di materiale vulcanico e alla cospicua circolazione di acque sotterranee è dovuta la ricchezza di sorgenti di acque minerali. Le aree del Vulture e della Valle di Vitalba sono caratterizzate dalla presenza di estesi ed importanti complessi forestali che si alternano ad ampie vallate.

L'area da sottoporre a caratterizzazione a maglia lato 100 metri è quella coincidente con le aree libere inserite all'interno del perimetro dell'area industriale pari a ca. 16 ha. I campioni da sottoporre ad analisi verranno prelevati a seguito di carotaggi profondi da attrezzare a piezometro. I piezometri verranno ubicati in ogni punto di intersezione della maglia di lato 100 metri. Pertanto, in relazione alla superficie di tale area industriale si realizzeranno n° 20 sondaggi profondi da attrezzare a piezometri con diametro non inferiore a 100 mm tale da consentire l'esecuzione di misure sia con sonde multiparametriche che le misure termosalinometriche e gamma log. Similmente a quanto fatto nelle altre aree industriali lo schema di campionamento sarà il seguente:

n° campione tra 0 e -5;

n° campione tra -6 metri e -10m;

n° campione tra -11 m e - 15 metri;

n° campione di acqua,

pertanto il numero complessivo di campioni da prelevare sarà pari a 80 (60 di suolo e 20 di acqua di falda). Solo la prima frazione di campione verrà sottoposta ad analisi. Tale campione verrà analizzato per la valutazione del suo contenuto "totale" in metalli nonché per quelli rimossi in seguito a tre stadi di lisciviazione selettiva sequenziale. Ciò equivale a dire che saranno indagati, dal punto di vista chimico, 80 subcampioni di suolo e 20 di acqua di falda. Le frazioni di sottosuolo prelevate tra - 6 e -10 e -11- e -15 metri verranno appositamente conservate per i conseguenti approfondimenti di indagine.

Area Industriale di Baragiano

L'area industriale di Baragiano-Balvano nasce con i fondi della legge 219/82 a seguito del sisma verificatosi nel 1980 in Campania e Basilicata. Tale area è collocata tra i comuni di Baragiano e Balvano nei pressi del confine tra la Campania e la Basilicata a ridosso dell'alveo del Torrente Platano.

L'area da sottoporre a caratterizzazione a maglia lato 100 metri è quella coincidente con le aree libere inserite all'interno del perimetro dell'area industriale pari a ca. 75 ha. I campioni da sottoporre ad analisi verranno prelevati a seguito di carotaggi profondi da attrezzare a piezometro. I piezometri verranno ubicati in ogni punto di intersezione della maglia di lato 100 metri. Pertanto, in relazione alla superficie di tale area industriale si realizzeranno n° 75 sondaggi profondi da attrezzare a piezometro con diametro non inferiore a 100 mm tale da consentire l'esecuzione di misure sia con sonde multiparametriche che le misure termosalinometriche e gamma log. Similmente a quanto fatto nelle altre aree industriali lo schema di campionamento sarà il seguente:

n° campione tra 0 e -5;

n° campione tra -6 metri e -10m;

n° campione tra -11 m e - 15 metri;

n° campione di acqua,

pertanto il numero complessivo di campioni da prelevare sarà pari a 300 (225 di suolo e 75 di acqua di falda). Solo la prima frazione di campione verrà sottoposta ad analisi. le restanti frazioni verranno opportunamente conservate e rese disponibili per ulteriori indagini. Tale campione verrà analizzato per la valutazione del suo contenuto "totale" in metalli nonché per quelli rimossi in seguito a tre stadi di lisciviazione selettiva sequenziale. Ciò equivale a dire che saranno indagati, dal punto di vista chimico, 300 subcampioni di suolo e 75 di acqua di falda. Come detto le frazioni di sottosuolo prelevate tra - 6 e -10 e -11- e -15 metri verranno appositamente conservate per i conseguenti approfondimenti di indagine.

Aree Industriali di Matera /La Martella e Jesce)

zona industriale di La Martella

Nell'ambito del PTC del Consorzio di Sviluppo Industriale, l'agglomerato di "La Martella" (insieme a quello poco distante di Jesce) viene individuato, a cavallo degli anni '70, con il dichiarato obiettivo di dotare la città di Matera di aree attrezzate per insediamenti industriali in grado di supportarne un nuovo ruolo

direzionale nel suo territorio di riferimento, a cavallo ("cerniera") tra Puglia e Basilicata. Gli agglomerati industriali di La Martella (e Jesce) rappresentano pertanto il fulcro (industriale-infrastrutturale) attraverso il quale si ipotizzava di attivare il ruolo di "cerniera" tra Basilicata e Puglia che, nelle analisi economico-territoriali, veniva riconosciuto alla città di Matera: un modo per rafforzare il ruolo della città, e per far convergere attività ed investimenti nel settore industriale (prevalentemente piccola e media industria manifatturiera e/o agroalimentare) a sostegno di una nuova identità socio-economica, ormai decisamente "non contadina", della città.

Ipotesi che, sia pure con un certo ritardo, si è pienamente concretizzata, rivestendo oggi, l'agglomerato industriale in oggetto, un ruolo strategico in funzione dell'allocazione di iniziative industriali nel comparto agroalimentare e manifatturiero (mobile imbottito) che stanno ormai fortemente caratterizzando l'economia della città.

Da questo punto di vista l'agglomerato industriale di "La Martella" è ormai una importante realtà insediativa che caratterizza e qualifica la città e le sue relazioni con il contesto territoriale bradanico e murgico, realtà che solo l'ancora carente infrastrutturazione di connessione interregionale (strade a scorrimento veloce, ferrovia), ne condiziona possibili ed ancora più estesi sviluppi qualitativi.

Tali aree industriali sono di particolare interesse per la peculiarità degli insediamenti industriali legati per la gran parte alla produzione del mobile imbottito. Particolare attenzione viene posta all'area industriale della Martella per la presenza di un impianto di compostaggio di rifiuti e per la presenza di un impianto di incenerimento di rifiuti industriali.

Agglomerato de "La Martella": superficie complessiva ha 398

Lotti per piccole e medie industrie: superficie complessiva = ha 234

- aree disponibili ed infrastrutturate = ha 42
- aree non infrastrutturate = ha 76
- aree già utilizzate = ha 116

Lotti per servizi: superficie complessiva ha 45

- aree disponibili ed infrastrutturate = ha 17
- "asse attrezzato" = ha 20

- aree già utilizzate = ha 2
- parco ferroviario = ha 6

Zone di rispetto, verde, infrastrutture, ecc. = ha 119

zona industriale di Jesce

L'area di Jesce è posta ad una decina di chilometri a nord est di Matera ed è attraversata dalla SS n. 271 e dalla Via Appia Antica, oltre a strade minori. Si trova a contatto col bordo occidentale dell'altopiano calcareo delle Murge ed è delimitata verso nord ed est dalla scarpata di tale altopiano che da quota 450 scende rapidamente a 400 e poi a 375 ove ha inizio una vasta piana leggermente inclinata verso sud est.

La zona di Jesce inserita nel Piano può essere suddivisa – in base alle caratteristiche meccaniche dei terreni – in due parti, delimitate grossolanamente dalla via Appia antica. A nord di tale strada affiorano calcari e calcareniti, che sono ottimi terreni di fondazione. A sud invece affiorano argille, con caratteri di resistenza meccanica molto scadenti.

L'area di affioramento dei calcari riguarda Murgia Catena, Lamia Recchia e Monte Fungale. Qui i calcari si presentano molto compatti e fagliati in più punti in direzione NO – SE.

Nell'area di Lama Di Gregorio, Zappastretta e Massara affiorano le argille calcigne, argille grigie con concrezioni biancastre; queste risultano pessimi terreni di fondazione e quindi è opportuno attraversarle con fondazioni profonde. Qui sono presenti anche sabbie quarzose micacee giallastre cui seguono in profondità le Argille di Gravina che affiorano in loc. Matine di Santeramo e Mass. Baldassarre.

Nell'intorno di Murgia Catena e Masseria Jesce affiorano le calcareniti biancastre.

La zona si presenta sub pianeggiante. Non esistono le condizioni per la presenza di falde idriche superficiali di una certa consistenza mentre all'interno dei calcari esiste una falda profonda presente ad alcune centinaia di metri di profondità.

Agglomerato di Jesce

Nell'ambito del PTC del Consorzio di Sviluppo Industriale, cui aderivano anche i Comuni di Altamura e Santeramo, l'agglomerato di Jesce rappresenta il polo più orientale degli insediamenti industriali ipotizzati per incentivare il decollo di una economia "industriale" nel suo territorio di riferimento.

In effetti il "Preliminare" del PRG/Italconsult del 1974, prendendo atto del precedente PRG dell'agglomerato in questione, redatto da Bruni, Corazza e Lacava nel 1967 (a seguito della programmata realizzazione di uno stabilimento metalmeccanico d'iniziativa pubblica), prevedeva di attrezzare un'area industriale (dell'estensione di 1000 ha circa) in località Jesce, proprio a cavallo dei territori comunali di Matera/Altamura/Santeramo.

Le discussioni che seguirono la presentazione del Preliminare, ed i successivi atti amministrativi da parte del Comune di Matera, del Comitato Direttivo del Consorzio e della Regione Basilicata, portarono però alla limitazione dell'agglomerato industriale di Jesce alla sola porzione inclusa nel territorio comunale di Matera; ciò nonostante la Regione Puglia avesse approvato il PRG/ASI per l'agglomerato di Jesce con DPGR n.1778 del 2/8/1976, e si fosse già insediato lo stabilimento "Ferrosud" (Breda/Finmeccanica) proprio a cavallo del confine regionale Puglia/Basilicata.

Il PRG definitivo del Consorzio recepisce, in buona sostanza, le previsioni della Variante Generale al PRG di Matera (1973-75) ed il Piano Particolareggiato dell'area industriale di Jesce, redatto dal Comune di Matera, ed approvato dalla Regione Basilicata con DPGR n.1182 del 14/9/1976.

La nuova estensione dell'agglomerato in oggetto viene così determinata in 140 ha: si tratta dell'evidente ridimensionamento, sulla base di un'ottica prevalentemente regionalistica, di un'ipotesi assai più complessa ed ambiziosa di creazione di poli infrastrutturali in grado di configurare una vera e propria "città murgiana", luogo di agglomerazione, testa di ponte, della fascia territoriale a confine tra Puglia e Basilicata, della quale, del resto, la cosiddetta "asta bradanica" doveva costituire la spina dorsale; ipotesi mai completamente condivisa, negli schemi di assetto territoriale, sia dal versante lucano che da quello pugliese, e che solo negli ultimi anni, per effetto della "globalizzazione" delle reti territoriali, sta faticosamente realizzandosi.

L'agglomerato di Jesce verrà pertanto gestito, per oltre un decennio, sulla base del PP comunale, essendo solo del febbraio 1987 il DPGR n.127 della Regione Basilicata di approvazione definitiva dello stralcio di PRG consortile relativo all'agglomerato in questione.

Nel 1995 comunque, la caratterizzazione interregionale dell'agglomerato di Jesce registra una ulteriore conferma: sono questa volta Comune di Santeramo e Regione Puglia a dar corso ad un "Accordo di Programma" (ai sensi della legge 142/90 e della L.R Puglia 34/94), che individua in adiacenza all'agglomerato in questione, in territorio comunale di Santeramo, un'area industriale dell'estensione di circa 150 ha, da

destinare alle industrie del salotto (in forte espansione): si pongono così le basi “urbanistiche” per l’attivazione del “Contratto di Programma” tra le Industrie Natuzzi ed il Ministero del Bilancio (Delibera CIPE 24/4/1996) per un investimento complessivo di 581 m.di (ed un’occupazione aggiuntiva di circa 2800 unità lavorative), in fase di attuazione.

Lo stato di utilizzazione dei lotti industriali previsti dal PP dell’agglomerato risulta dalla seguente tabella:

Agglomerato di “Jesce”: superficie complessiva ha 140

Lotti per piccole e medie industrie: superficie complessiva = ha 93

- aree disponibili = ha 11

- aree utilizzate = ha 82

Lotti per servizi: superficie complessiva = ha 4

- aree disponibili = ha 3

- aree utilizzate = ha 1

Zone di rispetto, verde, infrastrutture, ecc. = ha 43

Come si evince dai dati suesposti, le aree disponibili per gli insediamenti industriali risultano allo stato pressoché totalmente impegnate (90% circa).

Il nuovo Piano Territoriale Consortile dovrà pertanto valutare, nell’ambito della strategia complessiva di riorganizzazione degli agglomerati industriali del Consorzio, modalità e strategie di ulteriore ampliamento dell’agglomerato (e/o di sinergizzazione con le aree industriali adiacenti in territorio pugliese), in funzione delle emergenti necessità di organizzazione ed espansione produttiva del comprensorio territoriale murgiano.

L’area da sottoporre a caratterizzazione a maglia lato 100 metri è quella coincidente con le aree libere inserite all’interno dei perimetri delle aree industriali pari a ca. 200 ha di cui 150 ha per la Martella e 50 per Jesce. I campioni da sottoporre ad analisi verranno prelevati a seguito di carotaggi profondi da attrezzare a piezometro. I piezometri verranno ubicati in ogni punto di intersezione della maglia di lato 100 metri. Pertanto, in relazione alla superficie di tale area industriale si realizzeranno n° 200 sondaggi profondi da attrezzare a piezometro con diametro non inferiore a 100 mm tale da consentire l’esecuzione di misure sia con sonde multiparametriche che le misure termosalinometriche e gamma log. Similmente a quanto fatto nelle altre aree industriali lo schema di campionamento sarà il seguente:

n° campione tra 0 e -5;

n° campione tra -6 metri e -10m;

n° campione tra -11 m e - 15 metri;

n° campione di acqua,

pertanto il un numero complessivo di campioni da prelevare sarà pari a 800 (600 di suolo e 200 di acqua di falda). Solo la prima frazione di campione verrà sottoposta ad analisi. Tale campione verrà analizzato per la valutazione del suo contenuto "totale" in metalli nonché per quelli rimossi in seguito a tre stadi di lisciviazione selettiva sequenziale. Ciò equivale a dire che saranno indagati, dal punto di vista chimico, 2400 subcampioni di suolo e 200 di acqua di falda. Le frazioni di sottosuolo prelevate tra - 6 e -10 e -11- e -15 metri verranno appositamente conservate per i conseguenti approfondimenti di indagine.

UBICAZIONE SONDAGGI

I sondaggi attrezzati a piezometri saranno eseguiti in un intorno significativo dei punti riportati sulle allegate planimetrie relative alle singole aree industriali oggetto di indagini, in base a quanto la direzione lavori indicherà in sede di esecuzione dei lavori.

STRATEGIE ANALITICHE

Il progetto prevede una serie di indagini chimiche finalizzate sia alla conoscenza della composizione chimica complessiva dei sedimenti e sia a quella dei tenori di alcuni metalli rimossi dal sedimento con tre distinti metodi di estrazione selettiva.

Le indagini sul campione totale prevedono la dissoluzione totale del campione e la successiva misura delle concentrazioni dei seguenti metalli: Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo esavalente, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco, Alluminio e Manganese. Di seguito si riporta una breve descrizione della geochemica di taluni elementi oggetto di studio nel presente progetto.

GEOCHIMICA DI ALCUNI ELEMENTI DA RICERCARE NEL SUOLO DEI SITI INDUSTRIALI OGGETTO DEL PRESENTE STUDIO

La composizione chimica e mineralogica della roccia madre (*parent rock*) di un suolo ha, con tutta evidenza, una rilevanza particolare ai fini di quella che potrà essere la geochimica del suolo stesso. Tale assunto, di indubbia validità generale, assume un particolare significato nell'area oggetto della caratterizzazione. Pertanto ai fini della comprensione complessiva della geochimica ambientale dell'area diventa importante una, sia pur breve, illustrazione dei caratteri geochimici dei principali elementi costituenti il suolo oggetto dello studio in particolare si riporterà di seguito la geochimica di arsenico, cadmio e piombo.

Arsenico

L'arsenico è un elemento del gruppo VB della tavola periodica. Spesso è erroneamente inserito tra i metalli pesanti ma si tratta, in realtà, di un *metalloide*, una specie in altre parole che presenta contemporaneamente proprietà da *metallo* e da *non metallo*. Questo elemento si comporta usualmente da non metallo formando legami covalenti nei composti e dando luogo a specie anioniche in soluzione. Ha numero atomico 33, peso atomico 75 ed una densità di 5.72 g cm⁻³. Gli stati d'ossidazione sono AsIII ed AsV. L'arsenico è un elemento in traccia relativamente abbondante e si ritrova, pertanto, in tutti i comparti ambientali.

L'arsenico è il costituente principale di oltre 200 fasi minerali tra cui arsenati (60%), solfuri e solfosali (20%), arseniuri, arseniti, ossidi, etc..., per la restante parte (Onishi, 1970). Tra le fasi mineralogiche più comuni vi sono: *realgar* (AsS), *orpimento* (As₂S₃), *arsenopirite* (FeAsS), *tennantite* ([Cu,Fe]₁₂As₄S₁₃), *enargite* (CuAsS₄), *scorodite* (FeAsO₄ · 2H₂O) e *mimetite* (Pb₅[AsO₄]₃Cl).

L'arsenico si trova usualmente in quantità apprezzabili nelle concentrazioni minerarie, particolarmente nei giacimenti a solfuri, dove il minerale di arsenico più abbondante è l'*arsenopirite*. E' un ospite comune ed abbondante nei reticoli di solfuri quali: la *pirite* (FeS₂), la *galena* (PbS), la *calcopirite* (CuFeS₂) ed, in minor misura, nel solfuro di zinco (ZnS), *blenda* (Goldschmidt, 1954).

Il contenuto medio di arsenico nella crosta continentale (*clarke*) è stato stimato da Greenwood e Earnshaw (1984) attorno a 1.8 mg kg⁻¹. Un valore molto prossimo è stato calcolato da Wedepohl (1970) per le rocce magmatiche sulla base dei valori medi misurati su graniti, basalti e gabbri. Valori sensibilmente più elevati di arsenico sono usualmente presenti nelle rocce sedimentarie e Wedepohl (1970) ha suggerito un

contenuto medio di 13 mg kg⁻¹ per le rocce argillose. L'elemento è generalmente arricchito nei sedimenti marini ridotti ed in rocce particolari quali le fosforiti.

La concentrazione di arsenico nelle acque naturali, soprattutto in quelle di falda, risente molto della situazione locale (Matschullat, 2000).

Cadmio

Il cadmio (Cd) è un metallo di transizione appartenente al Gruppo IIB della tavola periodica; ha numero atomico 48, peso atomico 112.40. Il colore è bianco-argento ed è duttile e malleabile. Ha un basso punto di fusione (320.9°C) e bolle a 765°C. Ha uno stato di ossidazione II e possiede 8 isotopi stabili: ¹⁰⁶Cd (1.22%), ¹⁰⁸Cd (0.88%), ¹¹⁰Cd (12.39%), ¹¹¹Cd (12.75%), ¹¹²Cd (24.07%), ¹¹³Cd (12.26%), ¹¹⁴Cd (28.86%) e ¹¹⁶Cd (7.58%). Questo elemento è stato scoperto nel 1817 dal chimico tedesco Friedrich Stromeyer che lo individuò in alcune incrostazioni presenti all'interno di un forno di fonderia per la produzione dello zinco. Ed appunto con i minerali di zinco, il cadmio è quasi invariabilmente associato quale ospite vicariante.

In natura il cadmio non si trova mai allo stato nativo; da luogo, talora, a minerali propri, come per esempio la *greenockite* (CdS), piuttosto rari e difficilmente sfruttabili industrialmente oppure, come accennato, è presente come vicariante in altre fasi mineralogiche.

Non ci sono processi industriali riservati alla esclusiva produzione del cadmio e questo elemento si ricava come sottoprodotto della raffinazione dei minerali di zinco dal quale viene separato mediante distillazione frazionata o elettrolisi. Il Cadmio è un elemento di utilizzo piuttosto recente (tant'è che è stato definito "metallo tecnologico") e può trovarsi in numerosi beni di consumo. E' usato per la protezione di superfici metalliche (cadmiatura), nella saldatura, nella costruzione di batterie (batterie a Ni-Cd), nella fabbricazione di gomme, vernici, vetri e porcellane; è stato usato come fungicida soprattutto nei campi da golf. Il cadmio e tutti i suoi composti sono molto tossici e responsabili, talora, di avvelenamenti industriali e/o alimentari. Un tragico esempio è stato il morbo, denominato Itai-Itai, che ha colpito gli abitanti del bacino del Fiume Jintsu (Giappone) alla fine degli anni '60.

L'abbondanza crustale del cadmio è di 0.2 mg/kg (Taylor, 1964) e questo elemento presenta i contenuti medi più elevati nelle rocce sedimentarie di tipo argilloso (0.3 mg/kg; Turekian, 1972).

Il comportamento geochimico è assai simile a quello dello zinco, anche se il cadmio sembra avere una maggiore affinità con lo zolfo ed una più elevata mobilità in ambiente acido. Durante i processi di *weathering* il cadmio passa velocemente alla forma ionica Cd^{2+} oppure può formare complessi ionici (i.e., $CdCl^+$, $CdOH^+$, $CdCl_3^-$) ed organici. Il cadmio è un elemento tossico per le piante dal momento che causa disturbo alle attività enzimatiche. I sintomi più evidenti di contenuti elevati dell'elemento nella pianta sono: ritardo nella crescita, danneggiamento delle radici, clorosi delle foglie e colorazione marrone-rossastra dei margini o delle venature delle foglie. La *fitotossicità* del cadmio ha effetti inibitori sulla fotosintesi clorofilliana, causa disturbi alla traspirazione ed alla fissazione della CO_2 e produce un'alterazione della permeabilità delle membrane cellulari. Il cadmio è una specie chimica estremamente tossica sia per l'uomo che per gli animali e dà anche luogo a fenomeni di accumulo nell'organismo.

Piombo

Il piombo (Pb) è un metallo appartenente al Gruppo IVA della tavola periodica; ha numero atomico 82, peso atomico 207.19, colore bianco-bluastro; è lucente, morbido, molto malleabile, duttile e cattivo conduttore dell'elettricità. Il piombo ha un punto di fusione, relativamente basso, a $327.5^\circ C$ e punto di ebollizione a $1744^\circ C$. Gli stati di ossidazione sono II e IV e sono 4 gli isotopi stabili: ^{204}Pb (1.48%), ^{206}Pb (23.6%), ^{207}Pb (22.6%) e ^{208}Pb (52.3%). Si tratta di un elemento chimico noto all'uomo fin da epoche remote (è stato chiamato *metallo romano* per l'ampio uso che se ne fece nella Roma imperiale). È un metallo che è stato, e lo è tuttora, ampiamente utilizzato nell'industria, principalmente per la costruzione di automezzi, batterie, tubature, additivo per le benzine, schermante contro le radiazioni ionizzanti, etc. L'arsenato di piombo, un composto molto pericoloso, è stato per anni utilizzato come costituente essenziale dei pesticidi. Il piombo è un metallo relativamente abbondante nella crosta continentale, dove il contenuto medio è di 12.5 mg/kg (Taylor, 1964). Il contenuto naturale di piombo nel suolo è strettamente correlabile alla composizione della roccia madre. È, infatti, il meno mobile tra i metalli pesanti e questo è confermato dal fatto che la sua concentrazione nella *soil solution* è, in genere, relativamente bassa. Durante i processi di alterazione meteorica delle rocce (*weathering*), alcuni minerali di piombo, come il solfuro (PbS), subiscono una rapida ossidazione ed il piombo va a formare carbonati oppure è assorbito dai minerali argillosi, dagli ossidrossidi di ferro e dalla sostanza organica.

Sebbene esistano più di 200 minerali di piombo, quelli comuni sono relativamente pochi; tra questi i più importanti sono la *galena* (PbS), la *cerussite* ($PbCO_3$) e l'*anglesite* ($PbSO_4$). Il piombo può essere presente nelle rocce con una propria fase minerale o essere ospitato nei reticoli cristallini di fasi mineralogiche non proprie come vicariante di potassio e calcio. Le maggiori concentrazioni di questo elemento in traccia si hanno

soprattutto nelle rocce magmatiche sialiche (19 mg/kg, in media) e nei sedimenti argillosi dove i contenuti medi si attestano sui 20 mg/kg (Turekian, 1972).

Il piombo si comporta chimicamente come anfotero e la formazione di specie idrolizzate, quali PbOH^+ , PbOH_2° e $\text{Pb}(\text{OH})_3$. Il piombo è un elemento rintracciabile in natura in tutte le piante ma non sembra ricoprire un ruolo nel metabolismo dei vegetali. Le radici delle piante sono in grado di assorbire, anche in notevoli quantità, il piombo presente nella *soil solution*. Tuttavia, la *traslocazione* dell'elemento verso le parti aeree delle specie vegetali è, di solito, alquanto limitata. Non è facile, a causa delle interazioni con altri elementi chimici, stabilire con precisione quali effettivamente siano le concentrazioni tossiche di piombo per i processi vitali delle piante. Gli effetti provocati dal piombo sui tessuti vegetali sono prevalentemente collegati all'inibizione della respirazione e della fotosintesi clorofilliana, poiché l'elemento è in grado di interferire nelle reazioni di trasferimento degli elettroni. Nello stato di ossidazione (II), il piombo è in grado di sostituire il calcio all'interno delle cellule vegetali, compromettendo così molte funzioni enzimatiche. La notevole variabilità dei contenuti di piombo riscontrata nelle piante è influenzata da diversi fattori ambientali come ad esempio la presenza di anomalie geochimiche naturali, fenomeni di inquinamento, la variazione stagionale e l'abilità *genotipica* ad accumulare piombo. Le piante che crescono in aree non contaminate e prive di mineralizzazioni presentano contenuti di piombo pressoché costanti e compresi in un range che va da 0.1 a 10 mg/kg (peso secco), con un livello medio di 2 mg/kg. Vi sono, naturalmente, marcate differenze nelle concentrazioni di piombo tra parti fisiologiche diverse della pianta ed è solitamente l'apparato radicale il portatore della maggiore aliquota dell'elemento.

Le metodologie di estrazione selettiva prevedono la rimozione dei metalli associati a carbonati, dei costituenti gli ossidi ed idrossidi facilmente riducibili e di quelli legati alla componente organica. Le concentrazioni degli elementi così portati in soluzione saranno dosati con uno spettrometro al plasma accoppiato induttivamente ad uno spettrometro di massa.

I campioni in cui sono presenti concentrazioni anomale di elementi saranno oggetto di analisi mineralogiche quantitative per diffrazione di raggi X per esaminare quale può essere il ruolo di alcuni minerali sulla ritenzione degli inquinanti e quindi il loro effetto sulla frazione di metalli pesanti biologicamente disponibile. Le analisi per diffrazione di raggi X saranno affiancate da osservazioni al microscopio elettronico a scansione e da microanalisi nel caso in cui si sospetti un qualche ruolo di minerali accessori od in tracce.

TECNICHE ANALITICHE

Per l'effettuazione delle analisi necessarie per il presente lavoro verranno prioritariamente impiegate le seguenti tecniche analitiche :

1. spettrometria di massa accoppiata al plasma induttivo (ICP-MS)
2. microscopia elettronica a scansione (SEM)
3. Diffrazione RX

Diamo qui di seguito una breve descrizione di queste tecniche adottate.

Spettrometria di massa accoppiata al plasma induttivo (ICP-MS)

L'ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) è una tecnica che interfaccia una sorgente a plasma accoppiato induttivamente con uno spettrometro di massa. In questo strumento gli ioni, prodotti in una torcia ICP convenzionale, sono introdotti in uno spettrometro di massa a quadrupolo che li separa in virtù del diverso rapporto massa/carica. Gli ioni di ogni specifico rapporto massa/carica sono quindi rivelati e quantificati da un detector. Gli spettri così generati sono costituiti da una serie di picchi isotopici che possono essere impiegati sia per misure qualitative sia per misure quantitative. La tecnica dell'ICP-MS nasce negli anni '80 specificatamente per lo studio delle terre rare (lantanidi). Ad oggi rappresenta una tecnica che offre una serie di vantaggi indiscutibili nell'analisi multielementare di elementi in traccia ed ultratraccia. La sua versatilità consente lo studio di svariate tipologie di matrici e ne permette l'utilizzo in numerose discipline e campi d'applicazione (scienze ambientali, geologia, idrologia, biologia, chimica, scienze dei materiali, archeologia, agricoltura, scienze dell'alimentazione, medicina, farmacologia, etc...). La caratteristica peculiare dell'ICP-MS è la possibilità di analizzare in modo accurato e preciso, con un limitato consumo di campione, gran parte degli elementi della tavola periodica, raggiungendo limiti di detezione compresi tra le ppt e le ppm. La sensibilità di questa tecnica permette di raggiungere limiti di detezione inferiori a quelli ottenuti con altre tecniche (i.e., ICP-OES, AAS, etc...; Fig. 4.8), quanto meno equiparabili o migliori di quelli tipici della GFAA (Graphite Furnace Atomic Absorption) che è comunque una tecnica maggiormente votata all'analisi monoelementare.

Il Microscopio Elettronico a Scansione (SEM)

Non è del tutto chiaro chi per primo propose il principio di osservare la superficie di un campione usando come sorgente un fascio di elettroni finemente focalizzato per produrre un'immagine della superficie. La prima pubblicazione riguardante tale principio, appare nel 1935 in un articolo del fisico tedesco Max Koll. Tuttavia,

per avere una prima descrizione di un vero microscopio elettronico a scansione (SEM), si dovette aspettare il 1942, quando tre studiosi americani illustrarono a fondo i principi di funzionamento di un SEM avente una risoluzione spaziale di 50 nm pari ad un ingrandimento di 8.000x. Oggi, con il perfezionamento di questo nuovo sistema, si è arrivato ad un potere risolutivo pari a 1 nm con ingrandimenti fino a 400.000x.

ANALISI DEI DATI

Informatizzazione

La realizzazione di una ricerca geochimica in campo ambientale non può prescindere da una corretta informatizzazione ed organizzazione dei dati prodotti sia durante la fase di campionamento (dati geografici, geologici, morfologici, misure *in situ*, etc...) sia durante la fase analitica (tecniche analitiche adottate, limiti di detezione, dati chimici). Questa fase del lavoro mira alla creazione di un archivio-dati con una sua specifica struttura ed organizzazione che consenta una facile ed immediata gestione, interrogazione ed analisi (i.e., analisi statistica e geostatistica) dei dati in esso contenuti. Inoltre è opportuno costruire e strutturare l'archivio-dati in modo che esso possa essere utilizzato da altri sistemi di gestione dati, come ad esempio i GIS (*Geographic Information System*). Nell'ambito della ricerca in oggetto sono stati creati dataset di tipo tabulare (i dati sono organizzati e contenuti in una singola tabella) per ciascuna delle matrici ambientali studiate. Allo scopo è stato utilizzato il software Excel.

Nello specifico, i dataset da realizzare sono:

1. **DS-ST**: dataset dei campioni di suolo superficiale
2. **DS - SS**: dataset dei campioni di sottosuolo

In questi dataset la *primary key* è rappresentata dalla sigla del campione. Inoltre, la loro struttura consiste di tre parti riconducibili a: dataset geografico-amministrativo, dataset geologico-geomorfologico, dataset geochimico.

Il dataset geografico-amministrativo contiene informazioni di carattere geografico s.l. relative al sito di campionamento: toponimo di riferimento, coordinate, quota. Nel dataset geologico-geomorfologico sono

confluiti dati ed informazioni relative ai lineamenti geologici, morfologici ed eventualmente idrologici e pedologici dell'area circostante la stazione di prelievo.

Il dataset geochimico raccoglie le informazioni inerenti le metodologie analitiche adottate (i.e., tecnica analitica, limiti di detezione, etc...), nonché i dati analitici: contenuti degli elementi chimici, misure dei parametri chimico-fisici.

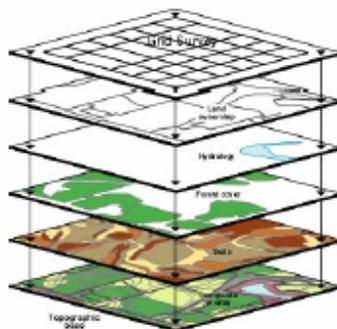
Questi dataset sono stati, inoltre, opportunamente riorganizzati per ottenere dei fogli di lavoro utilizzati per l'analisi statistica e geostatistica delle variabili di interesse, nonché adattati per la gestione in ambiente GIS. I dati e le informazioni principali dei dataset prodotti verranno organizzati secondo gli schemi riportati nelle seguenti tabelle:

Gestione dei dati in ambiente GIS

I *Geographic Information Systems* (GIS) sono sistemi informatizzati per l'acquisizione, la memorizzazione, il controllo, l'integrazione, l'elaborazione e la rappresentazione di dati riferiti alla superficie terrestre (Arnaud et al., 1993). Questa definizione descrive il ciclo completo del processo informativo. La prima parte è riferita al processo di costruzione della base di dati mentre la seconda parte (elaborazione e rappresentazione) riguarda l'uso dei dati. Una parte degli utilizzatori di questi sistemi considera l'acronimo inglese GIS e quello italiano SIT (Sistema Informativo Territoriale) sinonimi. Vi è anche chi usa il termine GIS per indicare la tecnologia del sistema, vale a dire *hardware* e *software*, e SIT per indicare il tutto, comprendendo anche i processi d'elaborazione e rappresentazione dei dati. Gli elementi del GIS sono tre (Maguire, 1991):

- a) la tecnologia (*hardware* e *software*)
- b) i database
- c) l'organizzazione, le persone e le regole.

Il *software* ha funzioni e strumenti necessari per raccogliere, analizzare, interrogare e visualizzare le informazioni geografiche. Queste informazioni possono essere espresse mediante il riferimento geografico latitudine e longitudine oppure attraverso altri sistemi di riferimento con coordinate chilometriche. Nei sistemi GIS le informazioni geografiche sono memorizzate come una collezione di strati tematici (*layers*) che possono essere tra loro relazionati tramite collegamento e sovrapposizione geografica (*overlay*).



Nei GIS grande importanza è assunta dai dati e dalla loro organizzazione. Per memorizzare, gestire e organizzare i dati è utilizzato un database (DBMS ovvero Data Base Management System). Esistono differenti schemi possibili di DBMS, anche se quello generalmente più utilizzato e diffuso è quello relazionale dove i dati

sono concettualmente memorizzati come una collezione di tabelle in cui alcuni campi comuni sono utilizzati per relazionare fra loro le differenti tabelle. Caratteristiche fondamentali di un dato spaziale sono: la grandezza del fenomeno osservato (attributo) e la posizione spaziale del fenomeno (georeferenziazione). La tecnologia GIS integra in un unico ambiente le più comuni operazioni legate all'uso di database (interrogazioni, analisi statistiche e geostatistiche) con l'analisi geografica consentita dalle mappe cartografiche.

I sistemi GIS consentono sia di operare delle semplici query interattive (point-and-click) sia di compiere interrogazioni più sofisticate utilizzando il linguaggio SQL (Structured Query Language).

I GIS, infine, sono in grado di creare mappe, integrare informazioni, risolvere problemi complessi e sviluppare soluzioni esprimibili sia in forma cartografica che in forma digitale. Nei GIS possono essere utilizzate due diverse tecniche di rappresentazione dei dati:

Nell'ambiente ArcView verranno quindi importate come Dbase files i dataset creati con Microsoft Excel per le varie matrici ambientali esaminate. Per ognuna di esse è stata realizzata una tabella dove l'identificativo (primary key) è rappresentato dalla sigla del campione. Per ogni campione sono riportate le coordinate spaziali (coordinate chilometriche UTM), le informazioni riguardanti il sito di campionamento e le concentrazioni degli elementi chimici di interesse per lo studio.

Verranno successivamente realizzati ed organizzati vari strati informativi (base topografica, geologia, reticolo idrografico, ubicazione siti minerari, etc...) ed importate, come shapefile, le carte geochemiche realizzate con il software Surfer o altro SW simile.

Ultimata la fase d'input, le potenzialità del GIS sono state focalizzate sul trattamento dei dati per via geometrico-spaziale con gli strumenti di geoprocessing (Dissolve, Clip, Intersect, Merge, Union e Assign Data by Location), o attraverso interrogazioni (Query) espresse nel linguaggio SQL.

I risultati di queste operazioni saranno quindi utilizzati per l'elaborazione di carte tematiche (i.e., carte della distribuzione del Cr in un suolo – fig.3 allegata alla presente).

I risultati attesi

Il progetto di caratterizzazione geochemica *dei principali siti industriali regionali* permetterà di conoscere la distribuzione di elementi chimici nelle suddette aree fornirà quindi indicazioni sulla qualità e sulla quantità dell'inquinamento da metalli pesanti oltre che la fotografia aggiornata del territorio. Saranno approntate tante carte tematiche quanti sono gli elementi da dosare (18 elementi metalli , sia nel suolo sia nel sottosuolo. In ciascuna di esse saranno riportati 4 strati informativi in cui saranno rappresentate: 1) le concentrazioni dosate nel campione totale; 2) quelle degli elementi presenti nei carbonati; 3) le concentrazioni degli elementi associati agli ossidi ed idrossidi facilmente riducibili; 4) i contenuti di elementi legati alla sostanza organica.

Le carte riporteranno la distribuzione spaziale delle variabili geochemiche misurate elaborate utilizzando opportune metodi statistici. Oltre alla redazione della Carta Geochemica sarà approntata una relazione nella quale si evidenzieranno sia la potenziale migrazione degli inquinanti sia le cause che hanno portato alle anomalie geochemiche.

Per accertare se tali anomalie geochemiche hanno origine antropica o naturale, le concentrazioni degli elementi dosati nel suolo e nel sottosuolo saranno confrontate con quelle misurate nelle acque di falda.

QUADRO ECONOMICO

A) LAVORI A BASE DI APPALTO

1) Indagini geognostiche	€ 1 026 171,53	
2) Spurgo pozzi	€ 133 650,00	
3) Campionamento ed analisi acque e suoli	€ 915 610,00	
4) Analisi mineralogiche	€ 68 250,00	
Sommano	<u>€ 2 143 681,53</u>	€ 2 143 681,53

B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMM.NE:

1) per redazione della carta geochimica	€ 100 000,00	
2) per stampa esemplari tematismi e relazione di sintesi	€ 70 000,00	
3) per spese generali (copie, cancelleria, missioni e straordinari, ecc.)	€ 15 000,00	
4) per compensi art. 18 L. 109/1994 (1,5% di A)	€ 32 155,22	
2) per IVA (20% di A+B1+B2)	€ 462 736,31	
Sommano	<u>€ 679 891,53</u>	€ 679 891,53

TOTALE € 2 823 573,06

ELENCO ELABORATI

1.0 – relazione;

2.0 – corografia;

3.0 – planimetrie delle aree con indicazione dei punti di campionamento:

3.1 – area industriale di Viggiano;

3.2 – area industriale di San Nicola di Melfi;

3.3 – area industriale Valle di Vitalba;

3.4 – area industriale di Baragiano;

3.5 – area industriale Jesce di Matera;

3.6 – area industriale La Martella di Matera;

4.0 – particolari sondaggi e piezometri;

5.0 – computo metrico estimativo;

6.0 – elenco prezzi;

7.0 – capitolato speciale di appalto;

8.0 – piano di sicurezza e di coordinamento.