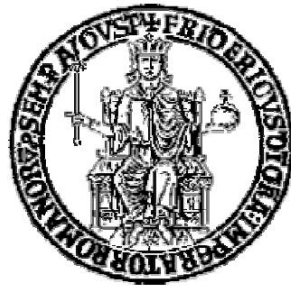


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

Elaborato di laurea

**Concentrazioni di fondo naturale di alcuni parametri
nelle acque sotterranee dell'area napoletana**

RELATORE

Ch.mo Prof. Daniela Ducci

CANDIDATO

Felicia Rugari

matr. 518/541

CORRELATORE

Ing. Mariangela Sellerino

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

Introduzione

Lo scopo di tale elaborato è la determinazione dei valori di fondo naturali di alcuni ioni (*ferro, manganese, arsenico e fluoruri*) presenti nelle acque sotterranee del territorio comunale di Napoli, interessato dai corpi idrici sotterranei dei Campi Flegrei, della Piana ad Oriente di Napoli e del Somma - Vesuvio. Tali valori di fondo sono stati confrontati con i valori soglia stabiliti dalla normativa: si farà riferimento al D.Lgs 152/06 e al D.Lgs. 30/09.

Nell'ottica del raggiungimento, entro il 2012, degli obiettivi di qualità ambientali, fissati dagli articoli 76 e 77 del D.Lgs. 3 aprile 2006 n.152, la valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee rappresenta un passaggio obbligato per tutte le regioni del territorio nazionale.

Secondo quanto stabilito nell'Allegato 3 del D.Lgs. 16 marzo 2009, n. 30, *laddove alcuni parametri di origine naturale risultino superiori ai limiti previsti dalla legge, le concentrazioni di fondo naturale costituiscono i valori soglia per la definizione del buono stato.* Per valore di fondo si intende “la concentrazione di una sostanza o il valore di un indicatore in un corpo idrico sotterraneo corrispondente all'assenza di alterazioni antropogeniche, o alla presenza di alterazioni estremamente limitate, rispetto a condizioni inalterate” così come indicato all'Art 2.5 della Direttiva Acque Sotterranee 2006/118/CE (DAS).

Per pervenire alla determinazione dei valori di fondo è stata applicata la procedura descritta dal *Protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche* redatto dall'ISPRA nel 2009.

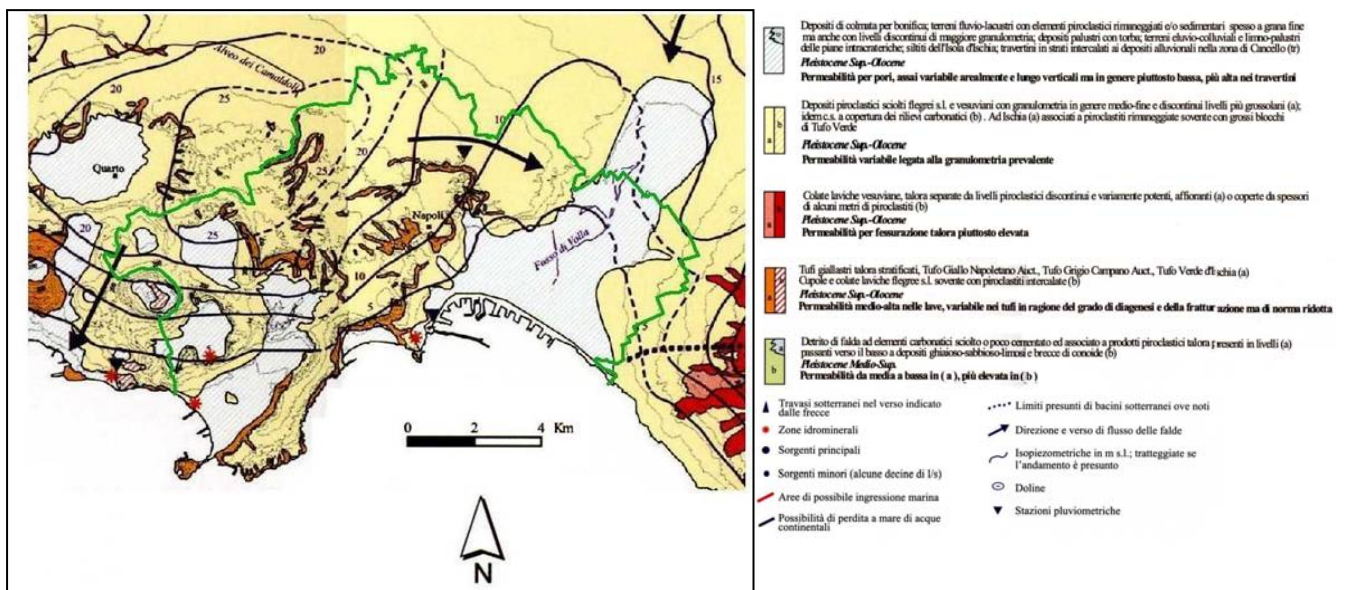
Schema idrogeologico dell'area di studio

La valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee non può prescindere da una fase preliminare di analisi delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area in esame: la qualità dell'acqua è strettamente dipendente dalle caratteristiche mineralogiche del substrato roccioso attraversato.

Dopo aver definito i limiti idrogeologici, le successioni litostratigrafiche, gli schemi di circolazione idrica sotterranea e le direttrici di deflusso di ciascun corpo idrico sotterraneo dell'area napoletana (come definito nel Piano di Tutela della Regione Campania, SOGESID, 2005), sono stati analizzati più nel dettaglio gli ambiti territoriali del Centro Storico, della zona Orientale e della Piana di Fuorigrotta – Bagnoli, al fine di caratterizzare l'intera zona dal punto di vista idrogeologico.

Sia l'area di Fuorigrotta-Bagnoli, che l'area orientale di Napoli sono caratterizzate dalla presenza di acquiferi molto eterogenei, condizionati da un assetto stratigrafico-strutturale piuttosto complesso; ciò è in relazione con la giacitura, con lo spessore e con la granulometria dei terreni sciolti, nonché col grado di fessurazione dei termini lapidei. Ne deriva, pertanto, in entrambe le piane, uno schema di circolazione idrica sotterranea per "falde sovrapposte", tra loro interconnesse, sia per fenomeni di interdigitazione orizzontale, sia mediante flussi di drenanza.

La zona del "Centro storico" compresa tra Mergellina e Piazza Borsa è caratterizzata dalla presenza del Monte Echia, sperone roccioso di Tufo Giallo Napoletano, ai bordi del quale un tempo affioravano numerose sorgenti sulfuree e ferruginose. Il banco di tufo raggiunge la profondità di circa 80 m al di sotto del livello del mare e poggia, con andamento sub-pianeggiante, su piroclastiti sciolte e/o depositi alluvionali, che costituiscono i terreni maggiormente acquiferi. Oltre che all'interno dei depositi alluvionali, esiste circolazione di acqua anche all'interno del tufo.



Carta idrogeologica del territorio comunale di Napoli (1/250.000) (mod. da Corniello et al., 2000)

Lineamenti idrogeochimici dell'area di studio

Per quanto riguarda la Piana ad Oriente di Napoli è doveroso accennare alle locali variazioni idrochimiche che si verificano in tale corpo idrico, dovute al mescolamento in diverse proporzioni di acque a diversa facies, aventi origine e idrodinamica localmente differente. In corrispondenza del vulcano Somma-Vesuvio sono state riscontrate delle risalite di acque bicarbonato-alcalino-terrose, dovute alla differenza di temperatura fra le

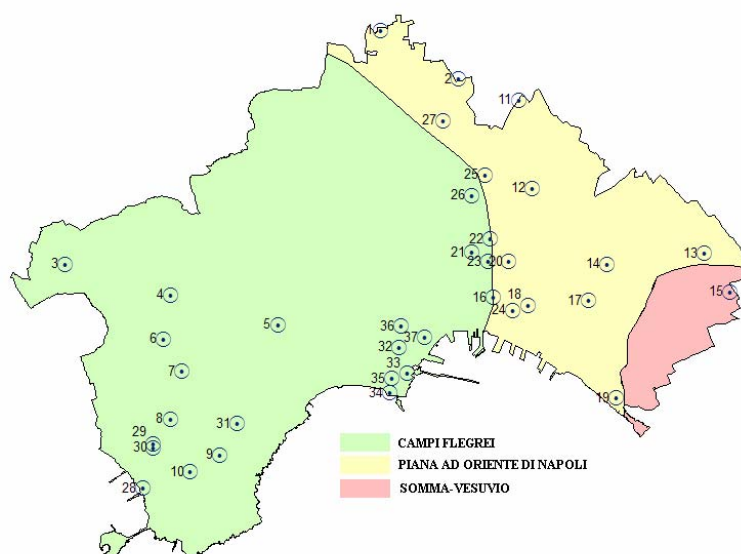
acque più profonde e quelle più superficiali e alla pressione generata dalla presenza di anidride carbonica.

Nei Campi Flegrei le anomalie geotermiche presenti verso la costa, ma anche in punti interni, dove si riscontra una maggiore concentrazione di alcuni parametri chimici, sono imputabili a risalite di acque profonde con composizioni chimiche simili all'acqua di mare.

Le acque rinvenute nelle diverse zone della città di Napoli presentano quindi caratteristiche differenti tra loro: nella zona orientale l'acqua è mineralizzata fino al limite ovest, dove si riscontra invece la presenza di acque dolci, con le stesse caratteristiche di quelle al di sotto della parte centrale del Centro Storico; nella zona litoranea del Centro Storico circolano invece acque mineralizzate e ricche di gas (la cosiddetta "acqua ferrata" del Chiatamone); nella Piana di Fuorigrotta-Bagnoli abbondano le sorgenti di acque termali e minerali connesse al circuito idrotermale flegreo.

Dati idrogeochimici reperiti

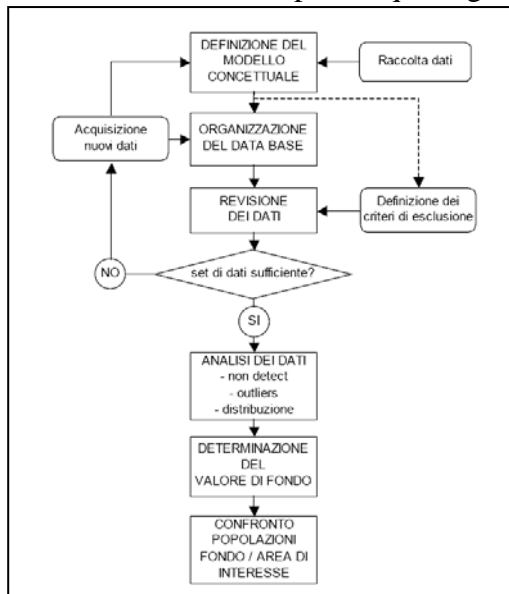
Per valutare le caratteristiche idrogeochimiche dell'area napoletana, sono state considerate le analisi effettuate in 37 punti d'acqua, facendo riferimento a studi risalenti alla seconda metà del secolo scorso e ad altri effettuati dall'Autorità di bacino Nord Occidentale della Campania..



Ubicazione dei punti d'acqua dei quali sono state reperite le analisi nel territorio comunale di Napoli.

Applicazione del protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche nelle Acque Sotterranee

E' stata applicata la procedura descritta dal *Protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche* redatto dall'ISPRA ai valori disponibili da analisi chimiche effettuate per vari scopi e in tempi diversi nelle acque sotterranee napoletane. Per i dati a disposizione è stata ipotizzata una distribuzione log-normale in quanto più idonea a descrivere fenomeni ambientali rispetto a quella gaussiana.



In una carta probabilistica che presenta sull'asse delle ascisse la probabilità cumulata e su quello delle ordinate la variabile x in scala logaritmica, tale distribuzione log-normale risulta essere una retta. I parametri della distribuzione stocastica della popolazione vengono determinati con il metodo dei momenti, portando a coincidere i momenti del campione con quelli della popolazione.

Laddove i dati campionari si addensano attorno alla retta rappresentativa della popolazione il calcolo delle probabilità cumulate può essere

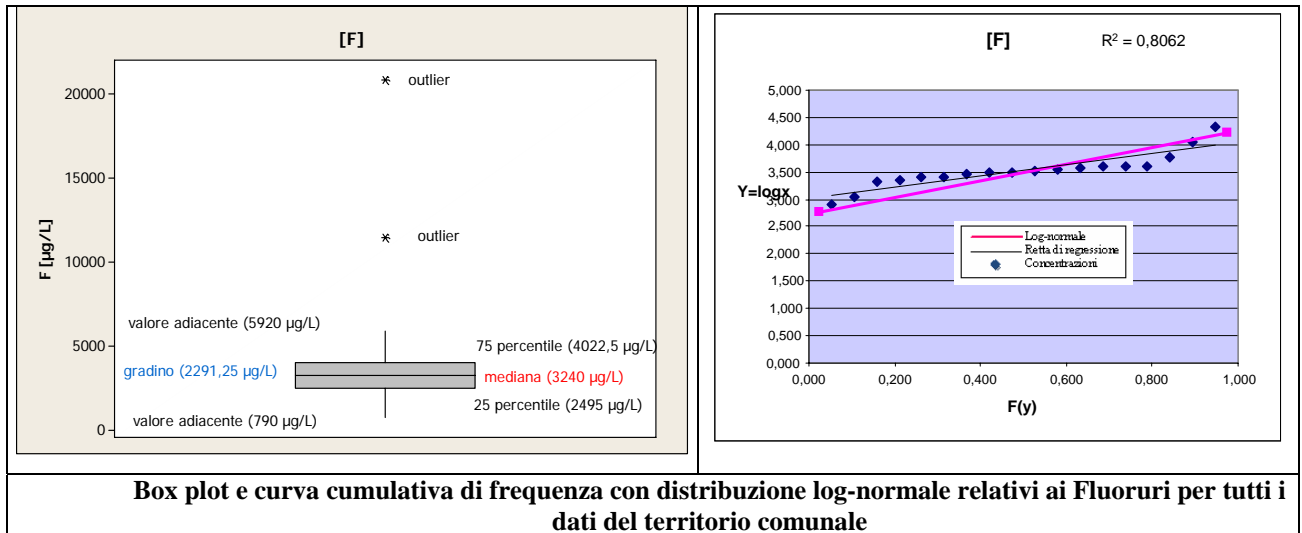
effettuato tramite la formula di Weibul, dopo aver ordinato i dati in ordine crescente. Se i dati si allineano secondo la distribuzione log-normale ipotizzata, è possibile procedere con l'analisi di quest'ultima tramite dei descrittori statistici, come i box plot. La linea all'interno del rettangolo indica la mediana (ovvero il 50 percentile), che rappresenta proprio il valore di fondo cercato.

L'andamento della curva cumulativa di frequenza fornisce informazioni circa la distribuzione del campione. Le variazioni di pendenza della curva ottenuta potranno essere considerate dei valori soglia tali da individuare due o più popolazioni: un tratto rappresentativo del fondo e un segmento rappresentativo di concentrazioni legate a fenomeni di contaminazione antropica.

Conclusioni

La procedura ISPRA richiederebbe, per un'analisi corretta ed attendibile, una grande quantità di dati chimici, omogenei come distribuzione e relativi ad uno stesso intervallo di tempo. Per tale motivo è stato possibile giungere alla determinazione del valore di fondo soltanto nel caso di *arsenico* e *fluoruri*, unici ioni le cui concentrazioni si distribuiscono in

maniera log-normale, come ipotizzato. Per quanto riguarda *ferro* e *manganese*, data la carenza di dati, si può solo affermare, analizzando i valori relativi alle mediane, che i valori di fondo risultano per tutte le aree esaminate superiori ai limiti stabiliti dalla legge, ad eccezione del *manganese* nei Campi Flegrei, dove il valore è confrontabile con il valore soglia.



Per quanto riguarda il c.i.s della Piana ad Oriente di Napoli (e il Somma-Vesuvio), applicando la procedura ISPRA, si è trovato un valore di fondo superiore al valore di soglia stabilito dalla legge per i *fluoruri* e pari a 2710 µg/l (contro i 1500 µg/l previsti dalla normativa).

Per quanto concerne il c.i.s. dei Campi Flegrei, sia le concentrazioni di *fluoruri* (4015 µg/l contro i 1500 µg/l previsti dalla normativa), che quelle di *arsenico* (12 µg/l contro i 10 µg/l previsti dalla normativa) risultano superiori ai limiti stabiliti dalla legge. Tale mineralizzazione è da attribuirsi all'origine vulcanica della zona.

Per avere un'idea complessiva dello stato chimico delle acque sotterranee del territorio comunale di Napoli, è stato effettuato anche il calcolo delle concentrazioni di fondo facendo le elaborazioni su tutte le analisi disponibili. La concentrazione di *arsenico* risulta più bassa del valore di soglia previsto, mentre non accade lo stesso per quanto riguarda i *fluoruri*.

Quindi tutto il territorio napoletano è caratterizzato da un "fondo" elevato di *fluoruri*, mentre l'*arsenico* ha una valore superiore ai valori soglia solo nell'area flegrea.

Il calcolo delle concentrazioni di fondo, basandosi su strumenti statistici che per risultare validi necessitano di un campione numeroso, ha evidenziato l'esigenza di effettuare nuove campagne di monitoraggio delle acque sotterranee, che consentirebbero di individuare la presenza di inquinanti di origine antropica, su cui è possibile agire per ristabilire un buono stato chimico come previsto dal D.Lgs. 152/2006.