



**APAT**

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente  
e per i Servizi Tecnici

**CONTAMINAZIONE DEI SEDIMENTI DELLE ASTE FLUVIALI  
APPARTENENTI AL BACINO DEL FIUME SARNO E  
RELAZIONE CON I CARATTERI ANTROPICI DEL BACINO**

Stagista Dott. Ing. Paola Reali

Tutor Dott. Ing. Luciano Bonci  
Co-Tutor Dott. Federico Araneo

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>I SEDIMENTI.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERI DEL BACINO .....</b>	<b>7</b>
3.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	7
3.2	ASSETTO GEOLOGICO.....	8
3.3	QUALITÀ DEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI .....	8
3.4	SCARICHI IDRICI .....	9
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI.....</b>	<b>12</b>
4.1	IL PIANO DI CAMPIONAMENTO .....	12
4.2	UBICAZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO .....	16
4.3	IL PIANO D' ANALISI.....	19
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI .....</b>	<b>23</b>
5.1	ANALISI STATISTICA GENERALE .....	23
5.2	CONFRONTO CON I LIMITI PER I SUOLI E PER I SEDIMENTI MARINO-COSTIERI .....	38
5.3	DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA.....	40
<b>6</b>	<b>DEFINIZIONE DEI CARATTERI ANTROPICI DEL BACINO.....</b>	<b>41</b>
6.1	DEMOGRAFIA .....	41
6.2	DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE.....	41
<b>7</b>	<b>DISCUSSIONE DEI RISULTATI .....</b>	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>55</b>
<b>TAVOLE FUORI TESTO.....</b>		
TAVOLA 1	CARTA DELLA UBICAZIONE DEI CAMPIONI DI SEDIMENTO .....	
TAVOLA 2	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DEL CARBONIO ORGANICO TOTALE..	
TAVOLA 3	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DELL' ANTIMONIO .....	
TAVOLA 4	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI ARSENICO.....	
TAVOLA 5	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI BERILLIO .....	
TAVOLA 6	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI CADMIO.....	
TAVOLA 7	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI COBALTO.....	
TAVOLA 8	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI CROMO TOTALE.....	
TAVOLA 9	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI DISTRIBUZIONE DI CROMO VI.....	
TAVOLA 10	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI MERCURIO.....	
TAVOLA 11	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI NICHEL .....	
TAVOLA 12	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI PIOMBO.....	
TAVOLA 13	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI RAME .....	
TAVOLA 14	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI SELENIO.....	
TAVOLA 15	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI STAGNO.....	
TAVOLA 16	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI TALLIO .....	
TAVOLA 17	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI VANADIO.....	
TAVOLA 18	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI ZINCO .....	
TAVOLA 19	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI CIANURI LIBERI.....	
TAVOLA 20	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI FLUORURI.....	
TAVOLA 21	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI IDROCARBURI LEGGERI .....	
TAVOLA 22	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI IDROCARBURI PESANTI.....	
TAVOLA 23	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DI PCB.....	
TAVOLA 24	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DI CONCENTRAZIONE DELLA SOMMATORIA PCDD E PCDF	
TAVOLA 25	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE .....	
TAVOLA 26	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLA DENSITÀ ABITATIVA .....	
TAVOLA 27	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA A .....	
TAVOLA 28	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA B .....	

TAVOLA 29	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA CB.....
TAVOLA 30	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DA ....
TAVOLA 31	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DB ....
TAVOLA 32	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DC ....
TAVOLA 33	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DD ....
TAVOLA 34	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DE.....
TAVOLA 35	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DF.....
TAVOLA 36	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DG ....
TAVOLA 37	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DH ....
TAVOLA 38	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DI.....
TAVOLA 39	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DJ.....
TAVOLA 40	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DK ....
TAVOLA 41	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DL.....
TAVOLA 42	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DM....
TAVOLA 43	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA DN ....
TAVOLA 44	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE INDUSTRIE APPARTENENTI ALLA CATEGORIA E.....
TAVOLA 45	CARTA DELLA CORRELAZIONE CROMO TOTALE E CATEGORIA DC .....
TAVOLA 46	CARTA DELLA CORRELAZIONE FLUORURI E CATEGORIA DJ.....
TAVOLA 47	CARTA DELLA CORRELAZIONE IDROCARBURI PESANTI E CATEGORIA DJ.....
TAVOLA 48	CARTA DELLA DISTRIBUZIONE DEGLI SCARICHI CIVILI E INDUSTRIALI CENSITI .....

## 1 INTRODUZIONE

Lo stage trae spunto dall'attività svolta dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) per il Commissario Delegato per il superamento dell'emergenza socio-economico-ambientale del bacino idrografico del fiume Sarno<sup>1</sup>.

L'Ordinanza recita all'articolo 5 che il Commissario Delegato deve provvedere, tra l'altro, "alla predisposizione e realizzazione degli interventi per la rimozione e la bonifica dei sedimenti inquinati nonché dei rifiuti abbandonati sulle sponde e sull'alveo del fiume e dei suoi affluenti".

Il Commissario Delegato ha così stipulato nel giugno 2003 una convenzione con l'Agenzia avente per oggetto il supporto tecnico-scientifico per le attività di caratterizzazione dei sedimenti alluvionali presenti nell'alveo del fiume Sarno, suoi affluenti e canali, che è consistita nella preparazione dei documenti progettuali necessari all'indizione di una gara europea per l'affidamento delle attività di prelievo e analisi di circa 250 campioni di sedimento.

Obiettivo dello stage è quindi l'analisi dei dati raccolti dalla società vincitrice dell'appalto, sia sotto l'aspetto delle concentrazioni delle sostanze analizzate, sia attraverso il confronto di tali concentrazioni con i caratteri demografici e industriali del bacino.

In particolare la metodologia del lavoro è consistita in:

- analisi statistica delle concentrazioni rilevate nei sedimenti prelevati sul fondo delle aste fluviali del fiume Sarno e dei suoi affluenti;
- analisi della distribuzione delle concentrazioni lungo le aste fluviali;
- determinazione, attraverso dati ISTAT, dei caratteri antropici del bacino a livello comunale, con particolare riferimento alla densità demografica e industriale;
- verifica, per le sostanze di maggiore interesse, delle correlazioni tra concentrazioni rilevate e caratteri antropici del bacino.

La mancanza di riferimenti normativi certi riguardanti i sedimenti fluviali e lacustri e l'assenza di criteri di valutazione accettati a livello nazionale rende difficile affrontare il tema della presenza di contaminazione nei sedimenti in una chiave diversa da quella statistica.

---

<sup>1</sup> Il 12 marzo del 2003, infatti, l'Ordinanza n° 3270 della Presidenza del Consiglio dei Ministri ha nominato il Gen. Roberto Jucci quale Commissario Delegato.

Inoltre, per il solo scopo di avere un riferimento numerico, si sono confrontati i risultati dei campioni con i limiti normativi per i suoli (D.M. 471/99<sup>2</sup>) e con gli standard per i sedimenti di acque marino-costiere, lagune e stagni costieri (D.M. 367/03<sup>3</sup>).

---

<sup>2</sup> D.M. del 25 ottobre 1999 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 decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni”.

<sup>3</sup> D.M. 6 novembre 2003, n. 367 “Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell’ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell’articolo 3, comma 4, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n.152”

## 2 I SEDIMENTI

I sedimenti rappresentano un comparto ambientale estremamente complesso, con modalità di formazione, caratteristiche chimico-fisiche, organismi viventi e tipi di contaminazione estremamente variabili.

I materiali prodotti dalla degradazione meteorica (sia fisica che chimica), dall'erosione o formatisi direttamente per precipitazione chimica o per fissazione biogena, vengono trasportati dalla forza di gravità, dalle acque, dal vento o dai ghiacci in zone dove avviene la sedimentazione e l'accumulo. Lungo il tragitto tra luogo di provenienza e di deposizione finale si attuano normalmente vari processi, quali variazioni delle modalità di trasporto, della composizione e della tessitura del materiale.

Quella dei sedimenti contaminati è una problematica piuttosto recente e, soprattutto nel nostro Paese, ricerche e risorse investite in tale settore risultano molto limitate.

La scarsa attenzione a tale problematica è dovuta in gran parte all'assenza di una normativa *ad hoc* in materia. Infatti, contrariamente a quanto si è verificato in altri Paesi (Stati Uniti, Olanda e Germania), in Italia non è stata ancora emanata una legge che regolamenti organicamente il problema dei sedimenti; a tutt'oggi confrontarsi con il problema sedimenti si riduce al dragaggio ed al conferimento in discarica controllata.

Il primo *step* nella gestione dei sedimenti contaminati è normalmente il dragaggio, che deve essere realizzato avendo cura di minimizzare la perdita di sedimenti e/o il rilascio di contaminanti nell'ambiente acquatico. Dato che la maggior parte dei contaminanti è legata alle particelle fini si cerca di minimizzare la risospensione attraverso attrezzature innovative e controlli mirati, oltre che con speciali barriere.

Il materiale dragato viene di norma stoccato in maniera permanente o provvisoria in apposite aree opportunamente predisposte; lo stoccaggio può riguardare sia i sedimenti dragati che i residui da trattamenti preliminari e/o trattamenti dei sedimenti stessi.

I contaminanti più diffusi che contaminano i sedimenti di mari, fiumi e laghi sono: gli idrocarburi policiclici aromatici, i pesticidi, gli idrocarburi clorurati, gli idrocarburi aromatici (come il benzene ed i suoi derivati), i metalli, i nutrienti, i cianuri.

Le tecnologie di trattamento riducono la concentrazione dei contaminanti, la loro mobilità e/o la loro tossicità attraverso uno o più dei seguenti interventi quali la distruzione di contaminanti o loro conversione in forme meno tossiche, la separazione o estrazione dei contaminanti dai sedimenti solidi, la riduzione del volume di materiale contaminato attraverso la separazione delle particelle con maggiore affinità per i contaminanti da quelle più pulite, la stabilizzazione fisica e/o chimica dei contaminanti nel materiale dragato in modo che essi siano resistenti alle perdite per lisciviazione, erosione e volatilizzazione.

Tali sedimenti costituiscono quindi una sorgente di contaminazione per le acque superficiali e sotterranee oltre a creare ostacolo al regolare deflusso delle acque specie in concomitanza di particolari precipitazioni.

### 3 CARATTERI DEL BACINO

#### 3.1 Inquadramento geografico

Il bacino del fiume Sarno occupa una superficie complessiva di oltre 500 km<sup>2</sup>, pari ad oltre il 5% dell'intera superficie della Regione Campania, ed interessa 39 comuni per una popolazione complessiva di 720.000 abitanti. Il bacino è delimitato a nord-ovest dai versanti del complesso Somma-Vesuvio, a sud-ovest dal golfo di Napoli, a sud dalla Penisola Sorrentina e dai monti Lattari, a nord e a nord-est rispettivamente dai monti di Sarno e di Solofra. Il fiume nasce alla base dei monti di Sarno, a quote intorno a 30 m s.l.m.. La portata delle sorgenti, ormai completamente captate, si è ridotta drasticamente fino a provocare la scomparsa delle emergenze naturali di S. Mauro. Il reticolo idrografico naturale è connesso idraulicamente ad una rete di canali di bonifica della Piana. L'asta principale del fiume Sarno, lunga 24 km, riceve lungo il suo sviluppo gli apporti dei due sottobacini montani dei Torrenti Solofrana e Cavaiola. Nella successiva Figura 1 è riportata un'immagine del bacino tratta dalla bozza del Piano stralcio di tutela delle acque redatta dall'Autorità di Bacino del Sarno (AdB Sarno).



Figura 1: Bacino del Sarno (da AdB Sarno, 2001)

Le informazioni relative al regime pluviometrico, fornite dall'Autorità di Bacino del Fiume Sarno sulla base delle misure registrate dalle 20 stazioni pluviometriche nel periodo 1951-1996, mostrano una piovosità media annua compresa tra i 500-550 mm di Capri e oltre 1250 mm di Cava de' Tirreni.



### **3.2 Assetto geologico**

Le caratteristiche geologiche del bacino del fiume Sarno consistono di un substrato carbonatico meso-cenozoico deformato durante le fasi orogenetiche del Miocene. Questo costituisce i rilievi dei Lattari, dei monti di Sarno e Salerno che bordano a sud e a ovest la piana di Sarno. L'assetto morfotettonico di questi rilievi è stato influenzato principalmente dalle fasi tettoniche estensive del pleistocene che hanno prodotto, attraverso un complesso sistema di faglie dirette, una struttura a semi-graben. Al centro di questa depressione strutturale si è instaurata, a partire da 150.000 anni fa, un'attività vulcanica sviluppatasi su diversi centri eruttivi (isola di Ischia, Campi Flegrei, Somma-Vesuvio). La depressione strutturale fu colmata da depositi vulcanici e alluvionali che costituirono l'attuale piana campana. I depositi piroclastici derivanti dall'attività del Somma-Vesuvio hanno drappeggiato le aree circostanti l'apparato, inclusi i rilievi carbonatici. In tale contesto geomorfologico, i depositi piroclastici sono estremamente soggetti, specialmente sui pendii acclivi ed in condizioni idrogeologiche particolari, a fenomeni gravitativi rappresentati in genere da debris flow.

### **3.3 Qualità dei corpi idrici superficiali**

Secondo quanto stabilito nell'Allegato I del D. Lgs. 152/99, lo stato di qualità ambientale di un corpo idrico superficiale è definito sulla base del suo stato ecologico e chimico.

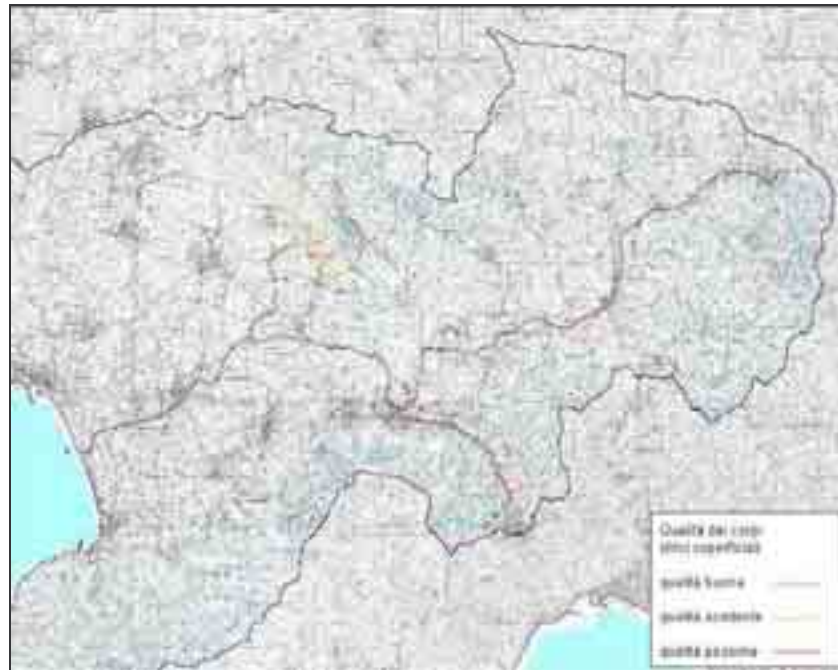
In funzione di tali parametri lo stato ambientale di un corpo idrico può essere classificato elevato, buono, sufficiente, scadente o pessimo.

L'Autorità di Bacino del Sarno ha realizzato uno studio preliminare per la caratterizzazione quantitativa e qualitativa dei corpi idrici superficiali e sotterranei (AdB Sarno, 2002) allo scopo di redigere un Piano di Tutela delle Acque. In tale studio viene descritto lo stato di qualità ambientale dei principali corpi idrici dell'area: l'intero bacino è caratterizzato da corpi idrici superficiali fortemente alterati nella loro componente biotica ad opera di inquinanti diffusi (Figura 2). A questa condizione fanno eccezione unicamente i tratti montani dei corpi idrici dove la presenza di insediamenti è più bassa.

Ecco la sintesi di quanto emerso dallo studio:

- stato ambientale buono:
  - affluenti del fiume Sarno Acqua di San Marino dalla sorgente fino a sud di Sarno, primo tratto dell'Acqua della Foce e dell'Acqua del Palazzo
  - torrente Solofrana dalla sorgente fino a monte dell'abitato di Solfora
  - torrente Cavaiola dalla sorgente fino a monte dell'abitato di Cava dei Tirreni
- stato ambientale scadente:

- affluenti del fiume Sarno Acqua di San Marino e Acqua del Palazzo, fino alla confluenza con Acqua della Foce; Acqua della Foce fino alla confluenza con il fiume Sarno
- stato ambientale pessimo:
  - tutto il resto dei corpi idrici superficiali.



**Figura 2: qualità dei corpi idrici superficiali (studio preliminare dell'Autorità di Bacino del Sarno)**

### **3.4 Scarichi idrici**

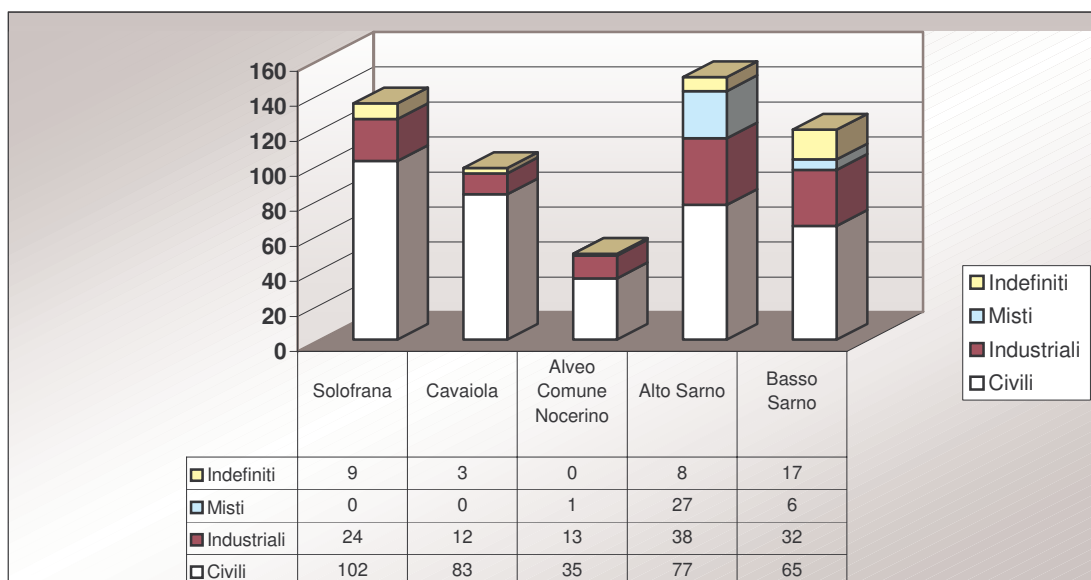
All'interno della task force “Progetto Emergenza Sarno”, costituita dalla Regione Campania, l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania (ARPAC) ha compiuto un censimento degli scarichi presenti lungo il corso del fiume Sarno.

Per ogni scarico sono stati individuati: la categoria (civile, industriale, misto, indefinito), l'ubicazione attraverso il rilievo delle coordinate geografiche, l'identificazione del comune d'appartenenza e l'individuazione del corso d'acqua di recapito. Nella Tabella 1 si riportano alcuni dati ritenuti significativi, tratti dal citato censimento, che risultano utili ad una generale descrizione della natura e ubicazione di tali scarichi.

Comune	principali corpi idrici	Civili	Industriali	Misti	Indefiniti	Totali
Angri	Basso Sarno	1	7	0	4	12
Bracigliano	Torrente Solofrana	6	0	0	0	6
Castel San Giorgio	Torrente Solofrana	14	6	0	3	23
Castellammare	Basso Sarno	7	2	2	1	12
Cava de' Tirreni	Torrente Cavaiola	26	6	0	1	33
Corbara	Alveo com. Nocerino	6	0	0	0	6
Fisciano	Torrente Solofrana	14	0	0	0	14
Mercato S. Severino	Torrente Solofrana	17	5	0	0	22
Montoro Inferiore	Torrente Solofrana	17	4	0	1	22
Montoro Superiore	Torrente Solofrana	1	0	0	0	1
Nocera Inferiore	Torrenti Solofrana, Cavaiola, Alveo com. Nocerino	47	3	0	1	51
Nocera Superiore	Torrente Cavaiola	26	5	0	1	32
Pagani	Alveo com. Nocerino	2	2	1	0	5
Poggiomarino	Alto Sarno	1	0	0	0	1
Pompei	Basso Sarno	10	1	2	3	16
Roccapiemonte	Torrente Solofrana	0	0	0	1	1
S. Antonio Abate	Basso Sarno	2	1	0	0	3
S. Egidio Monte Alb.	Alveo com. Nocerino	4	0	0	0	4
S. Marzano	Alveo com. Nocerino Alto e basso Sarno	32	16	3	5	56
S. Valentino Torio	Alto Sarno	12	7	6	1	26
Sarno	Alto Sarno	29	16	15	1	61
Scafati	Alto e Basso Sarno	52	23	2	9	86
Solofra	Torrente Solofrana	29	8	0	4	41
Striano	Alto Sarno	3	5	3	1	12
Torre Annunziata	Basso Sarno	4	2	0	0	6
<b>TOTALE</b>		<b>362</b>	<b>119</b>	<b>34</b>	<b>37</b>	<b>552</b>

**Tabella 1: Categorie degli scarichi individuati da ARPAC divisi per comune**

I dati raccolti possono essere organizzati in funzione dei corpi idrici di recapito. A tal fine il territorio del bacino del Sarno è stato diviso in cinque parti corrispondenti a: torrente Solofrana, torrente Cavaiola, l'Alveo Comune Nocerino, e il Sarno, suddiviso nella parte alta e in quella bassa. Questa suddivisione permette di rilevare le pressioni esercitate direttamente sui principali sistemi di corpi idrici presenti sul territorio. I dati, provenienti dal rilievo ARPAC ed elaborati da APAT, sono mostrati in Figura 3.



**Figura 3: tipologia scarichi e loro ubicazione in relazione ai principali corpi idrici del bacino del Sarno**

Il bacino con il maggior numero di scarichi è quello dell'Alto Sarno (150), che è anche quello con il maggior numero di scarichi di natura industriale (38), seguito dal Solofrana (135 di cui 24 industriali), dal Basso Sarno (120 di cui 32 industriali), il Cavaiola (98 di cui 12 industriali) e l'Alveo Comune Nocerino (49 di cui 13 industriali).

## **4 CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI**

### **4.1 Il piano di campionamento**

La caratterizzazione dei sedimenti per la messa in sicurezza dell'alveo del fiume Sarno è stata redatta sulla base di quanto previsto dal D.M. n. 471/99.

Il prelievo dei campioni è avvenuto lungo il corso delle principali aste idrauliche del bacino:

- fiume Sarno, suoi affluenti e canali, nel tratto tra la confluenza con l'alveo Comune Nocerino e la foce;
- alveo Comune Nocerino nel tratto tra la confluenza del Cavaiola-Solofrana e la confluenza con il Sarno;
- fiume Sarno, suoi affluenti e canali, tra l'omonimo abitato e la confluenza con l'alveo Comune Noverino;
- torrente Cavaiola, suoi affluenti e canali;
- torrente Solofrana, suoi affluenti e canali;
- canale Sarno;
- canale Bottaro.

Al fine di una migliore organizzazione delle attività di prelievo e di analisi dei campioni di sedimento, il bacino è stato suddiviso in cinque aree di campionamento, ciascuna comprendente aste fluviali per una lunghezza complessiva di circa 30 km, come sintetizzato nella seguente Tabella 2, nella Figura 4 e nella Tavola 1.

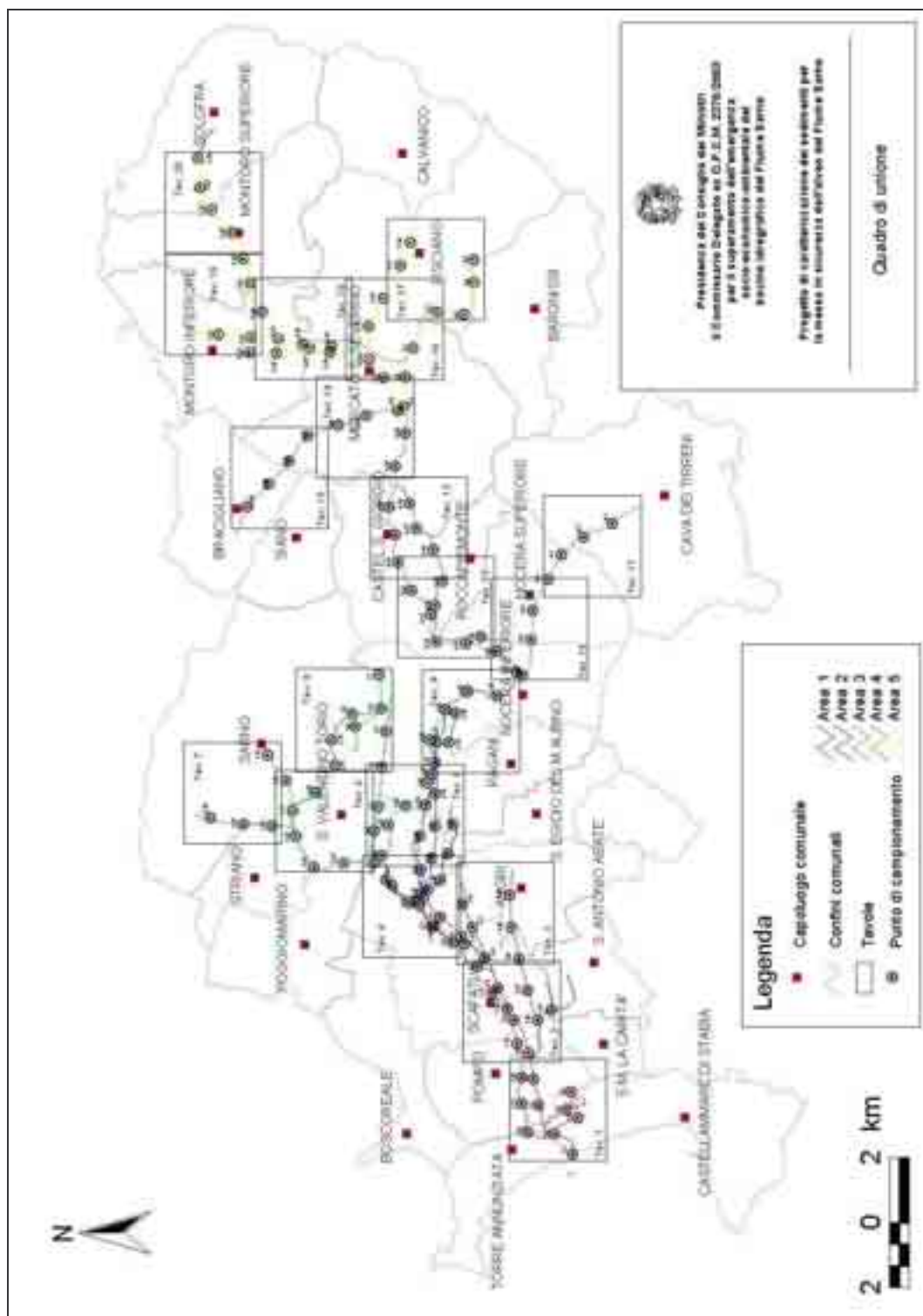


Figura 4: ubicazione dei punti di campionamento

Area	ID	Asta Fluviale	Lunghezza (m)
AREA 1	1	Canale Bottaio	5.497
	2	Fosso S. Benedetto	2.625
	3	Fosso Maestro	2.415
	4	Sarno	11.839
	5	Canale S. Tommaso	4.816
	6	Fosso del Molino	955
		tot	28.147
AREA 2	7	Fosso Acquaviva	3.778
	8	Controfosso sinistro	5.927
	9	Fosso Sguazzatorio	4.383
	10	Alveo Comune Noverino	8.647
	11	Canale piccolo Sarno	4.734
	12	Fosso dei Bagni	2.911
		tot	30.380
AREA 3	13	Canale S. Mauro	5.435
	14	Canale Casatori	2.161
	15	Fosso Imperatore	5.214
	16	Acqua della Foce	3.211
	17	Acqua del Palazzo	2.352
	18	Acqua S. Marino	7.735
	19	Sarno	3.492
		tot	29.600
AREA 4	20	Torrente Casarsano	2.381
	21	Torrente dei Corvi	3.251
	22	Canale dei Mulini	5.793
	23	Torrente Solofrana	8.299
	24	Torrente La vinaio	6.867
	25	Torrente Cavatola	7.517
		tot	34.108
AREA 5	26	Canale S. Bartolomeo	1.931
	27	Torrente S. Rocco	2.277
	28	Torrente Solofrana	12.225
	29	Rio Laura	4.102
	30	Torrente Calvaiola	4.935
	31	Torrente Lavinaro	6.875
		tot	32.345
TOTALE			154.580

**Tabella 2: suddivisione del bacino in aree di campionamento**

Data l'estensione del reticolo idrografico principale del bacino e dei tempi ristretti a disposizione del Commissario Delegato, dettati dalla situazione d'emergenza ambientale,

ciascun corso d'acqua è stato suddiviso in sezioni di campionamento, distribuite con criterio statistico con passo di 1.000 m circa, per un numero di circa 150. In corrispondenza di ciascuna sezione è stato localizzato il punto di prelievo del sedimento.

Nell'ambito delle attività oggetto della gara espletata dal Commissario sono stati complessivamente prelevati 479 campioni. Infatti, ai campioni di sedimento superficiale (202), sono stati aggiunti campioni di substrato prelevati in corrispondenza di sezioni trasversali. I risultati dei quali sono stati utilizzati per conoscere le caratteristiche degli argini e delle sponde necessarie alla progettazione degli interventi di sistemazione idraulica dei corsi d'acqua.

Le determinazioni analitiche di laboratorio sono state finalizzate alla verifica della contaminazione e alle caratteristiche fisiche dei sedimenti per la definizione delle modalità del loro smaltimento e/o trattamento.

L'Allegato 1 del D.M. 471/99 "non richiede che, nella totalità dei siti in esame, le analisi chimiche siano condotte sulla lista completa delle sostanze indicate in Tabella A. Per ogni sito sulla base delle attività pregresse, della caratterizzazione specifica e di ogni altra fonte di informazione, l'autorità competente seleziona, tra le sostanze indicate in tabella, "sostanze indicatrici" che permettano di definire in maniera esaustiva l'estensione, il tipo di inquinamento e il rischio posto per la salute pubblica e l'ambiente. Nelle fasi di campionamento di dettaglio la lista delle sostanze da analizzare potrà essere modificata ed estesa. In ogni caso le analisi dovranno comprendere le sostanze possibilmente presenti che presentano maggiore tossicità, persistenza e mobilità ambientale."

Oltre a quanto previsto dalla normativa, la scelta dei parametri analitici si è basata su alcune considerazioni principali:

- le campagne analitiche compiute fino ad oggi, seppure effettuate solo su alcuni tratti idrografici, hanno evidenziato una contaminazione da metalli e da sostanze organiche (principalmente idrocarburi totali e Policlorobifenili);
- le informazioni sul tessuto produttivo mostrano principalmente la presenza di concerie e industrie alimentari (lavorazione del pomodoro) alla quale si accompagna la presenza, seppure limitata, di industrie di altra tipologia (farmaceutiche, cantieristica navale) e una diffusa presenza di "scarichi civili e/o misti" spesso non depurati;
- nel luglio 1999 è stata effettuata una proposta da parte del Ministero dell'Ambiente riguardante l'elenco dei parametri da analizzare ai fini della caratterizzazione (Ministero dell'Ambiente, luglio 1999);
- questa indagine ha rappresentato il primo tentativo di caratterizzare estesamente i sedimenti delle principali aste fluviali del bacino.



Tali considerazioni hanno portato ad allargare la scelta dei parametri da analizzare, comprendendo quasi tutti quelli indicati nella Tabella 1 dell'Allegato 1 al D.M. 471/99.

Ogni campione di sedimento consiste di tre differenti aliquote sottoposte ad analisi di laboratorio:

- due aliquote per le analisi chimiche,
- un'aliquota per la determinazione della granulometria.

Sono stati prelevati un campione da ogni sezione di campionamento e, per alcune sezioni, due campioni a profondità differenti per la definizione delle eventuali variazioni delle caratteristiche chimiche nei diversi strati di sedimento.

Il prelievo ha interessato l'intero spessore di sedimento, fino al raggiungimento del substrato. Nel caso in cui il fondo dell'alveo era costituito da terreno naturale, è stato prelevato un campione di substrato.

In funzione delle modalità di campionamento (diversificate in relazione a: battente d'acqua, dimensioni ed assortimento dei sedimenti, sezione dell'alveo, portata ecc., accessibilità dei punti di prelievo, analisi di laboratorio) si sono utilizzate le seguenti metodologie:

- spatola o cucchiaino metallici;
- campionatori "tipo draga";
- carotieri manuali.

#### **4.2 Ubicazione dei punti di campionamento**

L'ubicazione di ciascun punto, in corrispondenza della sezione, è stata documentata con una ripresa fotografica in formato digitale allegata al rapporto di campionamento.

I campioni sottoposti ad analisi chimica sono costituiti almeno dal 30% di silt e argilla.

La valutazione della percentuale di frazione fine nel campione è stata condotta in campo, con metodi speditivi, seguendo tale procedura: si è tracciato, su un barattolo di vetro, una linea corrispondente al 30% in volume, riempito il barattolo con il sedimento (avendo cura di lasciare un paio di centimetri di spazio di testa) e agitato; dopo aver atteso dieci minuti per far sedimentare il campione si è osservato se la percentuale di fine raggiunge la linea del 30%.

E' possibile prevedere che i sedimenti a granulometria più fine siano localizzati in zone di deflusso lento ovvero in prossimità degli argini, dietro i massi o in prossimità di restringimenti, lungo le sponde interne dei meandri.

I campioni prelevati per le determinazioni granulometriche sono stati viceversa il più possibile rappresentativi delle caratteristiche tessiturali del sedimento.

I campioni sono stati contrassegnati con il seguente criterio:

aliquota per analisi chimiche

S\IDENTIFICATIVO DELL'AREA.IDENTIFICATIVO DELLA SEZIONE\01 (\02, ecc. nel caso in cui fossero richiesti più campionamenti lungo la stessa sezione); es. S\4.12\01 per il campione da sottoporre ad analisi chimiche dell'Area 4, sezione 12;

aliquota per analisi granulometriche

G\IDENTIFICATIVO DELL'AREA.IDENTIFICATIVO DELLA SEZIONE\01 (\02, \03).

Per ciascuna stazione di campionamento sono state registrate, sull'apposito rapporto di campionamento (Figura 5), le seguenti informazioni:

- identificativo del campione;
- data e ora del prelievo;
- nominativo rilevatore;
- identificativo del sito (provincia, comune e corso d'acqua)
- ubicazione del sito, determinata utilizzando un GPS differenziale in grado di definire le coordinate (latitudine e longitudine) con un errore massimo di 1m con relativa quota (m s.l.m.);
- battente idraulico (utilizzando un'asta graduata);
- stima dello spessore dei sedimenti (mediante infissione di un picchetto metallico);
- descrizione fisica del campione (caratteri organolettici, colore, tessitura, evidenze di contaminazione, vicinanza a scarichi e tipologia);
- metodologia di prelievo;
- indicazioni sul prelievo di duplicati;
- foto della sezione con indicato il punto di prelievo.

**PROGETTO DI CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI ALVEO FIUME SARNO**

**RAPPORTO DI CAMPIONAMENTO**

DATA	18/05/04	ORA	14.20	ID CAMPIONE	3.10/01
------	----------	-----	-------	-------------	---------

RILEVATORE	Dario Tersigni
PROVINCIA	Salerno
COMUNE	S. Valentino Torio
CORSO D'ACQUA	Acqui di S. Marino

LATITUDINE	N40°47.699'
LONGITUDINE	E014°37.327'
QUOTA	17 (m.s.l.m.)

**CARATTERISTICHE DEL PUNTO DI CAMPIONAMENTO**

QUOTA	17 (m.s.l.m.)
BATTENTE D'ACQUA	0.67 (media): 0.71; 0.63; 0.68 m
SPESORE SEDIMENTO	1.25 (media): 1.25; 1.20; 1.30 m

**TECNICA DI PRELIEVO CAMPIONE**

SPATOLA	
DRAGA	
CAROTIERE	x
ALTRO	

**CAMPIONE DUPLICATO**

SI	
NO	x
ID DUPLICATO	

CARATTERI ORGANOLETTICI	Odore fognario
TESSITURA	Fine
COLORE	Nero
EVIDENZA CONTAMINAZIONE	Biologica e agricola
VICINANZA SCARICHI E TIPOLOGIA	Scarico industriale in corrispondenza del punto di prelievo (vedi FSEZ/3.10/04)



FSEZ/3.10/01



FSEZ/3.10/02

Figura 5: rapporto di campionamento

### 4.3 Il piano d'analisi

Per l'analisi dei sedimenti sono state utilizzate le metodiche contenute nella "Raccolta 2000 – Metodi di Analisi dei suoli" redatta dal CTN SSC Centro Tematico Nazionale "Suolo e Siti Contaminati".

I limiti di rilevabilità dei metodi utilizzati sono stati, ove tecnicamente possibile, 10 volte inferiori rispetto ai limiti imposti dal D.M. 471/99. Si ricorda che il Limite di Rilevabilità del Metodo – MDL (Method Detection Limit) indica la più bassa concentrazione che può essere rilevata per ciascun analita, con il 99% di probabilità che la concentrazione dell'analita sia diversa da zero. La procedura standard prevede che gli analiti rilevati in concentrazione inferiore all'MDL siano repertati come < MDL.

Sui campioni di sedimento sono stati ricercati i seguenti parametri:

- ✓ pH
- ✓ Frazione setacciata a 2 mm
- ✓ Residuo a 105° C (sostanza secca)
- ✓ TOC (carbonio organico totale)
- ✓ Composti inorganici: Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio, Zinco
- ✓ Cianuri liberi
- ✓ Fluoruri
- ✓ Composti organici aromatici: Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, Xilene
- ✓ Idrocarburi policiclici aromatici (IPA): Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indenopirene, Pirene
- ✓ Fenoli non clorurati: Metilfenolo (o-, m-, p-), Fenolo
- ✓ Fenoli clorurati: 2-Clorofenolo, 2,4-Diclorofenolo, 2,4,6-Triclorofenolo, Pentaclorofenolo
- ✓ Policlorobifenili (PCB)
- ✓ Idrocarburi: Leggeri (C<12), Pesanti (C>12)
- ✓ Alifatici clorurati cancerogeni: Clorometano, Diclorometano, Triclorometano, Cloruro di vinile, 1,2-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetilene, 1,2-Dicloropropano, 1,1,2-Tricloroetano, Tricloroetilene, 1,2,3-Tricloropropano, 1,1,2,2-Tetracloroetano, Tetracloroetilene (PCE)
- ✓ Alifatici clorurati non cancerogeni: 1,1-Dicloroetano, 1,2-Dicloroetilene, 1,1,1-Tricloroetano

- ✓ Alifatici alogenati cancerogeni: Tribromometano (Bromoformio), 1,2-Dibromometano, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano
- ✓ Nitrobenzeni: Nitrobenzene, 1,2-Dinitrobenzene, 1,3-Dinitrobenzene, Cloronitrobenzeni
- ✓ Clorobenzeni: Monoclorobenzene, Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-Diclorobenzene), Diclorobenzeni cancerogeni (1,4-Diclorobenzene), 1,2,4-Triclorobenzene, 1,2,4,5-Tetraclorobenzene, Pentaclorobenzene, Esaclorobenzene
- ✓ Ammine Aromatiche: Anilina, o-Anisidina, m,p-Anisidina, Difenilamina, p-Toluidina
- ✓ Fitofarmaci: Alaclor, Aldrin, Atrazina,  $\alpha$ -esacloroesano,  $\beta$ -esacloroesano,  $\gamma$ -esacloroesano (lindano), Clordano, DDD, DDT, DDE, Dieldrin, Endrin
- ✓ Diossine e Furani: Sommatoria policlorodibenzo-p-diossine e policlorodibenzofurani (PCDD, PCDF conversione TE4)
- ✓ Amianto totale: Amosite, Crisotilo, Crocidolite
- ✓ Esteri dell'acido ftalico.

I parametri ricercati su ciascun campione sono indicati su una scheda, Rapporto di Prova (Figura 6), a cura del laboratorio, nella quale si riportano le seguenti informazioni:

- ✓ Numero del rapporto
- ✓ Nome e indirizzo del Cliente
- ✓ Sito
- ✓ Tipologia della matrice
- ✓ Identificativo del campione
- ✓ Identificativo del laboratorio
- ✓ Data del prelievo, del ricevimento del campione e della emissione del Rapporto di Prova
- ✓ Procedura di campionamento
- ✓ Eventuali note
- ✓ Parametro analizzato
- ✓ Valore e IM
- ✓ Unità di misura (UM)
- ✓ Data inizio e fine analisi
- ✓ MDL
- ✓ Metodo di Prova Tecnica e Metodo di Preparativa

---

<sup>4</sup> Tossicità Equivalente



THEOLAB



01/0000

Laboratorio Accreditato UNI EN ISO 17025

Campione: 01/0000

Commissario PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

Data di emissione: 11/01/04

Pagina 1 di 6

## RAPPORTO DI PROVA n° 62891/04

I risultati ottenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione fornito. Il presente Rapporto di Prova può essere replicato soltanto nei limiti:  
Il presente Rapporto di Prova non può essere ritenuto a ripulitura o copia perfezionata o promiscuita senza l'autorizzazione scritta della THEOLAB S.p.A.  
Il presente Rapporto di prova è composto da pagine n° 7

Cliente	PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
Incarico	Via Marconi Campodisola, 71 80133 Napoli
Base/Sito	Stagno
Materie	Terrano Area Verde
Data ricevimento	14-mag-04
Identificazione del Cliente	5/1.1/01
Identificazione interna	01 / 00899
Data emissione Rapporto di Prova	11-mag-04
Data Prelievo	11-mag-04
Procedura di Campionamento	Prelievo effettuato a cura dei Tecnici Theolab
Note	

Parametro Richiesto	Valore e Unità	Unità	Zone Analitiche	MDR	Metodo di Prova Tecnica Metodo di Preparazione
1 pH	5.5	pH	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Pomacromia
2 Idoneità chimica e fisica colore a 20°C	85	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
3 Idoneità chimica e fisica colore a 10°C	85	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
4 Idoneità chimica colore a 20°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
5 Idoneità chimica colore a 10°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
6 Idoneità chimica colore a 20°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
7 Idoneità chimica colore a 10°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
8 Idoneità chimica colore a 20°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
9 Idoneità chimica colore a 10°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
10 Idoneità chimica colore a 20°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
11 Idoneità chimica colore a 10°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
12 Idoneità chimica colore a 20°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
13 Idoneità chimica colore a 10°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
14 Idoneità chimica colore a 20°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
15 Idoneità chimica colore a 10°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
16 Idoneità chimica colore a 20°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
17 Idoneità chimica colore a 10°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
18 Idoneità chimica colore a 20°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
19 Idoneità chimica colore a 10°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria
20 Idoneità chimica colore a 20°C	100	%	11/01/2004 - 11/01/2004		BSA Q 14 12 1 91 Granulometria

THEOLAB S.p.A. - DIREZIONE, TECNICO RESPONSABILE e LABORATORI CENTRALI: Via S. Maria 100/A - 80133 Napoli (Tel. 081 5911111) - Fax: 081 5911111 - E-mail: info@theolab.com - www.theolab.com

Figura 6: esempio di un rapporto di prova

I risultati analitici sono stati forniti su supporto cartaceo e su file, in particolare:

- Schede tecniche descrittive delle attività svolte relative alle fasi di prelievo dei campioni debitamente compilate (rapporto di campionamento)
- Rapporti di prova relativi ai campioni esaminati
- Certificati di granulometria per setacciatura e sedimentazione e dei limiti di Atterberg
- Schede tecniche delle caratteristiche fisiche generali

- Planimetrie con l'ubicazione delle sezioni di prelievo dei campioni
- Sezioni topografiche schematiche con l'indicazione dei punti di campionamento e documentazione fotografica dei siti di prelievo e dei sedimenti prelevati
- Coordinate dei punti di campionamento

In questo documento sono illustrati i risultati e le prime valutazioni delle attività di campionamento e di analisi effettuate su 202 campioni di sedimento (in Tabella 3 si riportano il numero di campioni analizzati per ciascuna area di suddivisione del bacino).

Inoltre, poiché molti campioni presentano valori di concentrazione di alcuni analiti minore del Method Detection Limit (MDL), si è ritenuto opportuno selezionare solo alcuni dei composti esaminati, in particolare il pH, la frazione setacciata a 2 mm sul secco a 105°C, il residuo a 105°C sul totale, gli anioni, tutti i metalli, i composti idrocarburici, i PCB ed i PCDD e PCDF.

AREA	NUMERO DI CAMPIONI per analisi chimiche
1	41
2	43
3	48
4	35
5	35
Totale	202

**Tabella 3: numero di campioni analizzati in ciascuna area**

## 5 CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI

### 5.1 Analisi statistica generale

Nei paragrafi che seguono è riportata una prima trattazione dei dati analitici elaborata utilizzando criteri di tipo statistico, simili a quelli adottati in studi condotti in campo internazionale.

Il tipo di distribuzione dell'insieme dei dati disponibili può essere rappresentato con descrittori numerici (Tabella 4) o con metodi grafici.

DESCRITTORE STATISTICO	DEFINIZIONE
Massimo e Minimo	Rappresentano il valore massimo e quello minimo nell'insieme dei dati.
Media aritmetica	È data dalla somma di tutti i valori divisa per il numero dei casi.
Mediana	Rappresenta il valore centrale di una distribuzione ordinata in senso crescente.
Percentile	Sono quei valori che dividono la distribuzione in cento parti, in modo che, ad esempio, il 25° percentile (o primo quartile) sia quel valore che supera il 25% della distribuzione ed è superato dal 75%, il 50° percentile (o secondo quartile) sia il valore che divide la distribuzione in due parti uguali (e quindi il secondo quartile coincide con la mediana), il 75° percentile (terzo quartile) sia quel valore superato dal 75% della distribuzione.
Deviazione Standard ( $\sigma$ ) o scarto tipo o scarto quadratico medio	Rappresenta la misura della dispersione di n misure in un set di dati. È la radice quadrata della media degli scarti, al quadrato.

**Tabella 4: descrittori statistici utilizzati**

Le modalità di rappresentazione grafica della distribuzione dei dati, di uso più comune, sono:

- istogrammi;
- *box and whiskers plot* (diagramma a scatola e baffi);
- curve cumulative di frequenza (distribuzione dei percentili).

Il *box and whiskers plot* (Figura 7) riassume gli aspetti principali di una distribuzione di valori.



I lati inferiore e superiore della scatola rappresentano, rispettivamente, il 25° e 75° percentile<sup>5</sup> (ovvero primo e terzo quartile), mentre la linea all'interno rappresenta la mediana (ovvero il 50° percentile). Accanto a questi parametri statistici fondamentali, il box plot evidenzia altri dati per l'identificazione dei valori anomali.

La distanza tra il terzo ed il primo quartile misura la dispersione della distribuzione: il 50% delle osservazioni sono comprese tra questi due valori. Se tale intervallo interquartilico è piccolo, la metà delle osservazioni si trova fortemente concentrata intorno alla mediana altrimenti aumenta la dispersione delle osservazioni centrali intorno alla mediana.

Le distanze tra ciascun quartile e la mediana forniscono informazioni relativamente alla forma della distribuzione: se una distanza è diversa dall'altra la distribuzione è asimmetrica.

Le linee che si allungano dai bordi della scatola (baffi) individuano gli intervalli in cui sono posizionati valori rispettivamente minori del 25° percentile e maggiori del 75° percentile.

Con il termine gradino (*step*) si indica 1,5 volte la differenza fra il valore corrispondente al 75° percentile e quello al 25° percentile.

I valori posti in corrispondenza di un gradino sopra e di uno sotto la scatola definiscono rispettivamente un limite superiore ed un limite inferiore (*upper e lower fence*).

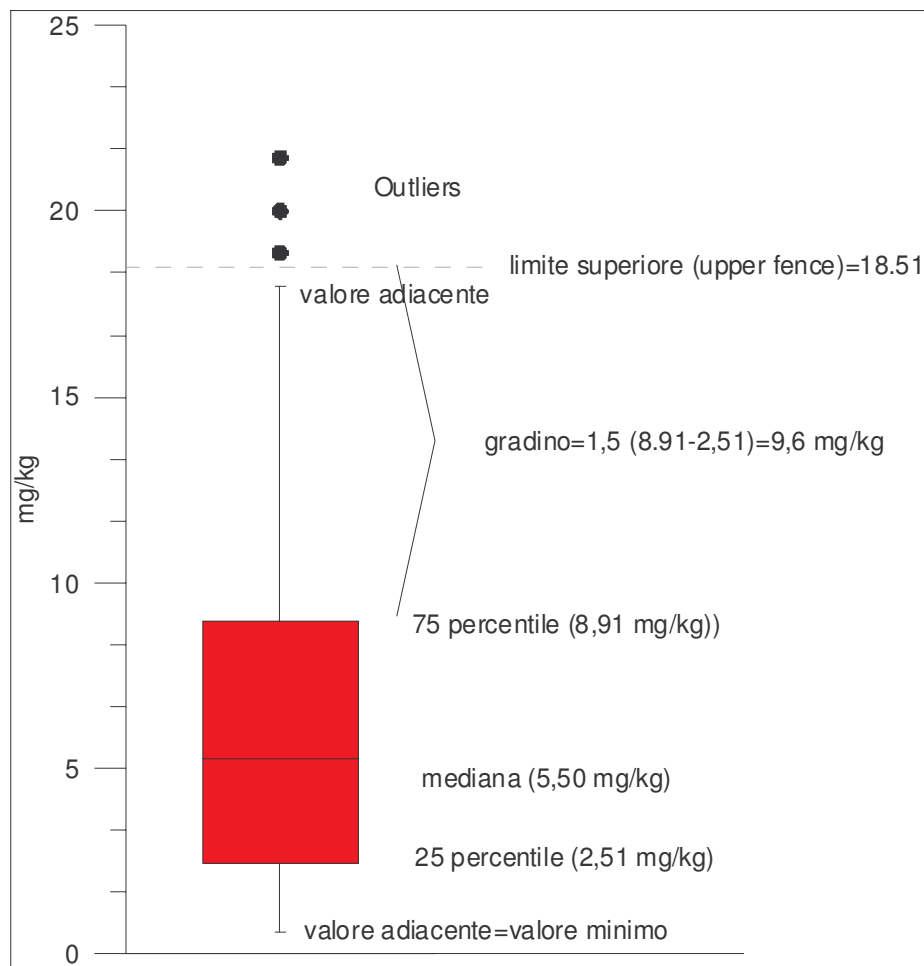
I limiti non sono solitamente visualizzati sul grafico, mentre sono riportati i valori adiacenti (cioè rispettivamente il primo valore inferiore al limite superiore, e il primo valore superiore al limite inferiore): tali estremità rappresentano lo scostamento dei valori estremi i quali danno indicazioni sulla forma e sulle code della distribuzione.

I valori esterni a questi limiti sono usualmente considerati come “*outlier*”: tali valori “anomali” rispetto alla maggior parte di quelli osservati, forniscono informazioni ulteriori sulla dispersione e sulla forma della distribuzione.

Nel caso non vi siano *outlier* (verso i valori massimi e/o verso i valori minimi) i valori adiacenti superiore ed inferiore coincideranno rispettivamente con i valori massimo e minimo delle osservazioni.

---

<sup>5</sup> Si definiscono percentili e si indicano con P1, P2, P3, ..., P99 i valori che dividono la distribuzione in cento parti uguali. Il primo 5% dei dati della distribuzione ha come limite superiore il percentile P5, il 50% dei dati ha come limite il percentile P50 e così via.



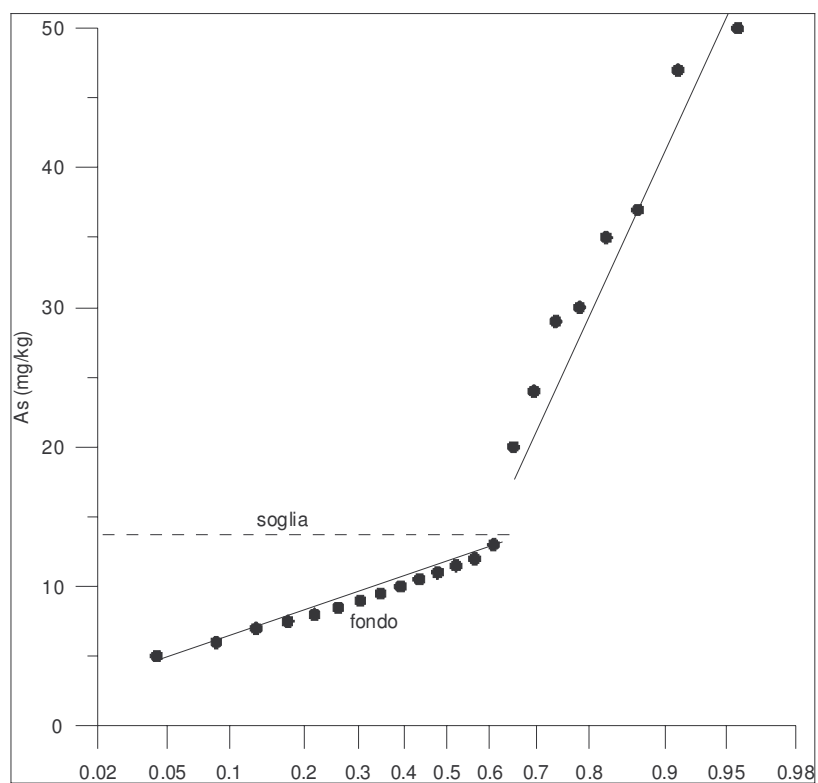
**Figura 7: parametri statistici rappresentati nel box plot**

Nell'esempio, poiché il valore più basso del campione è maggiore del limite inferiore (che nel caso specifico sarebbe addirittura negativo) l'adiacente inferiore coincide con il valore minimo delle osservazioni.

E' importante sottolineare che in caso di distribuzione normale (simmetrica) nel *box plot* le distanze tra ciascun quartile e la mediana e la lunghezza dei *whiskers* saranno uguali.

Dall'andamento della curva di distribuzione dei percentili si possono ottenere delle informazioni circa la distribuzione del campione: un andamento lineare è indice di un campione normalmente distribuito.

A fronte di salti, ovvero variazioni di pendenza della curva ottenuta, potranno essere considerati valori di soglia tali da individuare più popolazioni come, ad esempio, il tratto rappresentativo del fondo e un segmento rappresentativo di una popolazione i cui valori sono determinati da una possibile contaminazione (Figura 8).



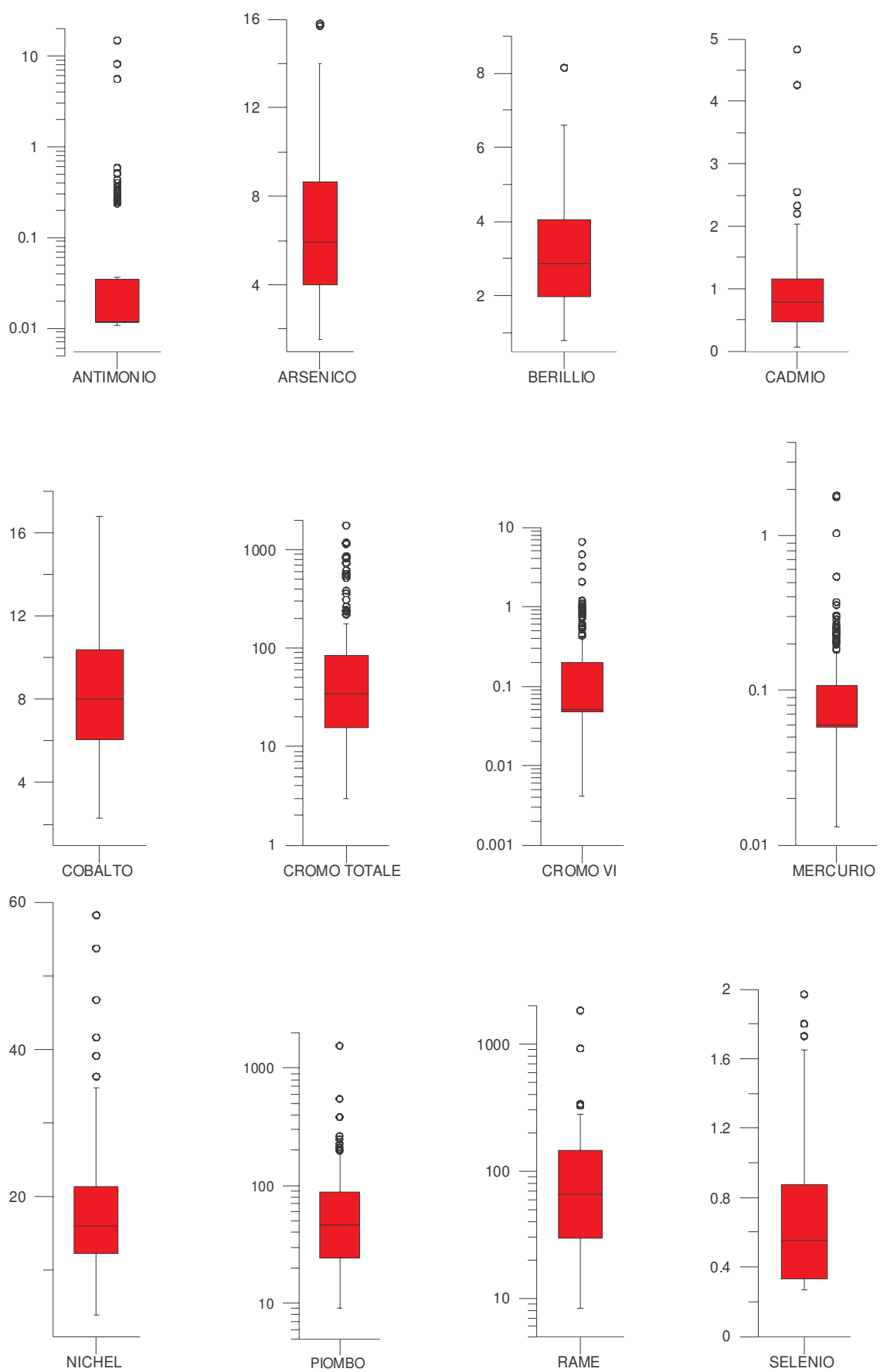
**Figura 8: curva di distribuzione dei percentili**

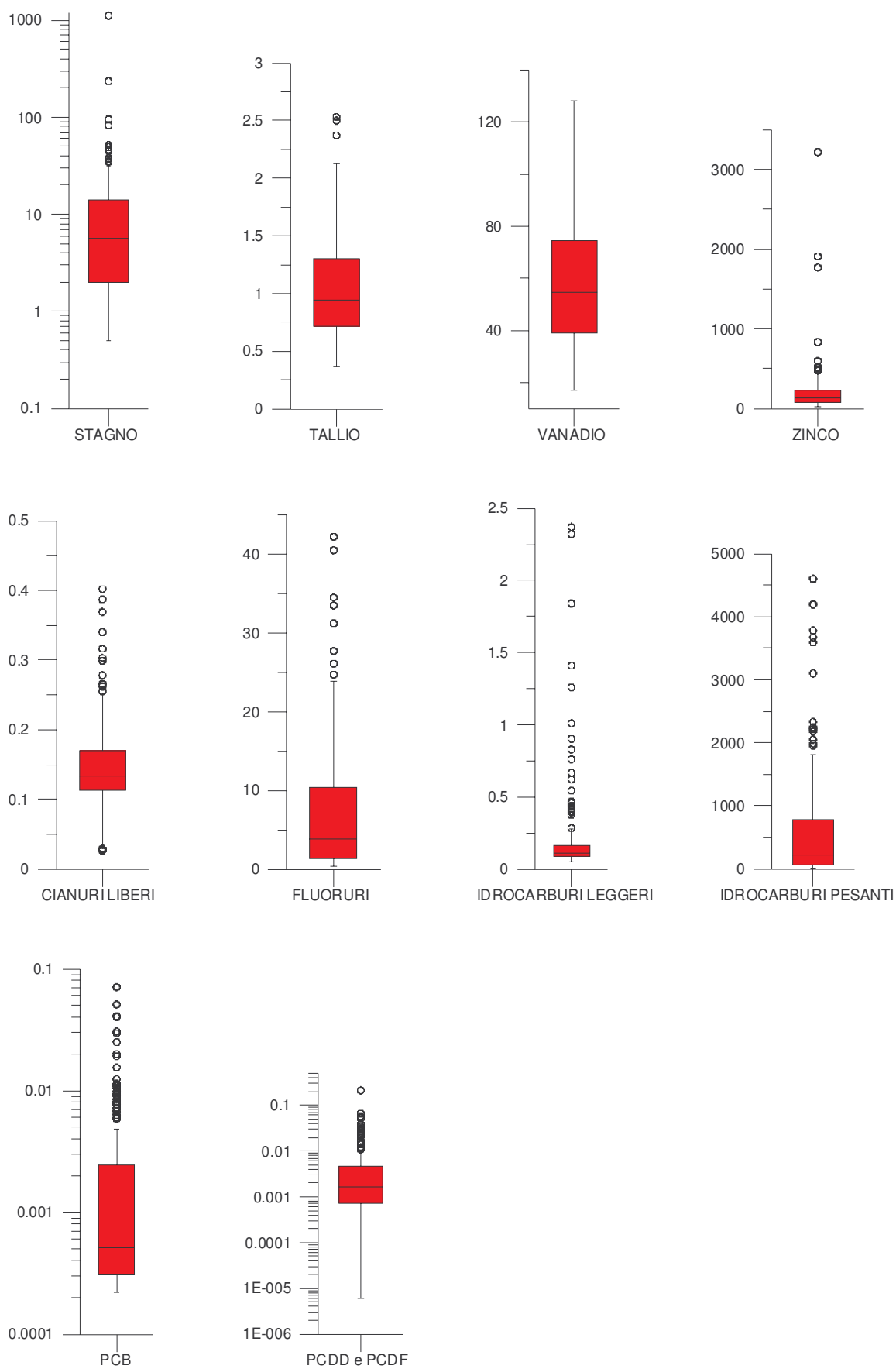
Le statistiche fondamentali sul totale dei 202 campioni di sedimento sono riportate in Tabella 5.

Una rappresentazione grafica di quanto riportato in Tabella 5 è mostrata nella Figura 9 e nella Figura 10 in cui sono rappresentati le distribuzioni dei percentili delle concentrazioni, sia sul totale dei campioni sia all'interno di ciascun sottobacino (Cavaiola, Sarno e Solofrana), ed i *box plot* dell'intero bacino, per tutti i composti presi in considerazione.

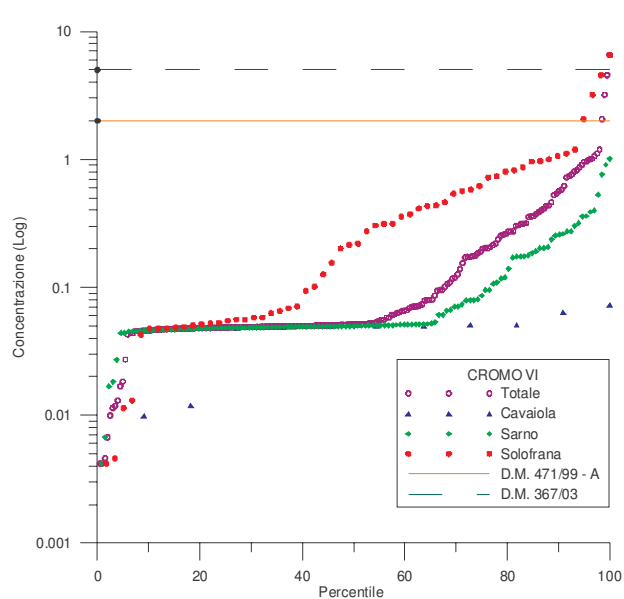
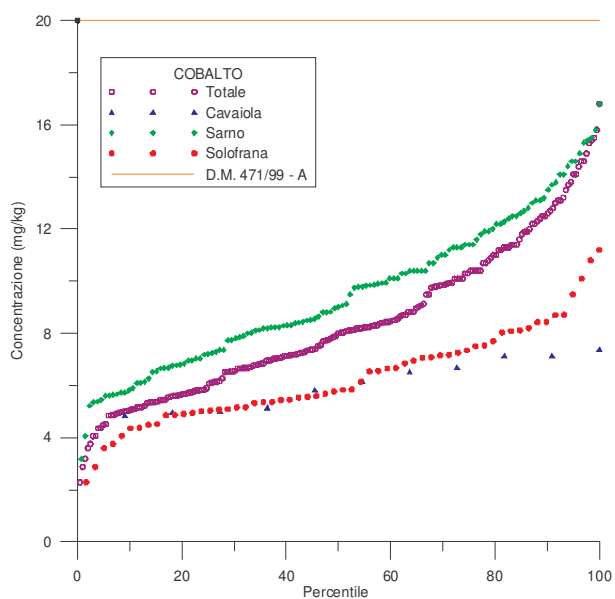
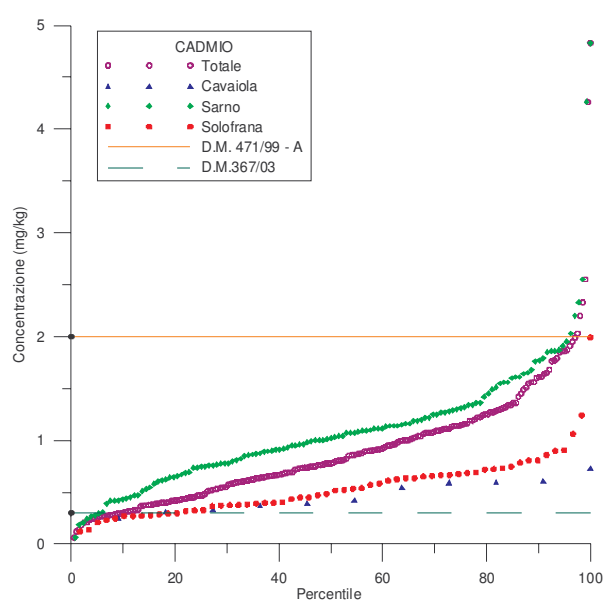
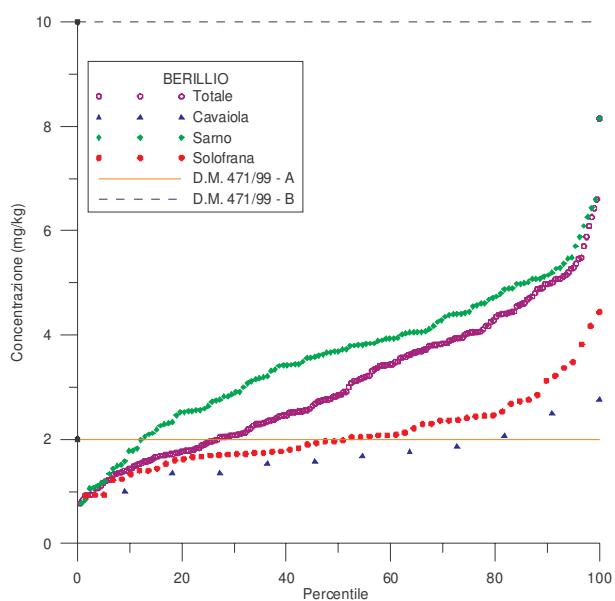
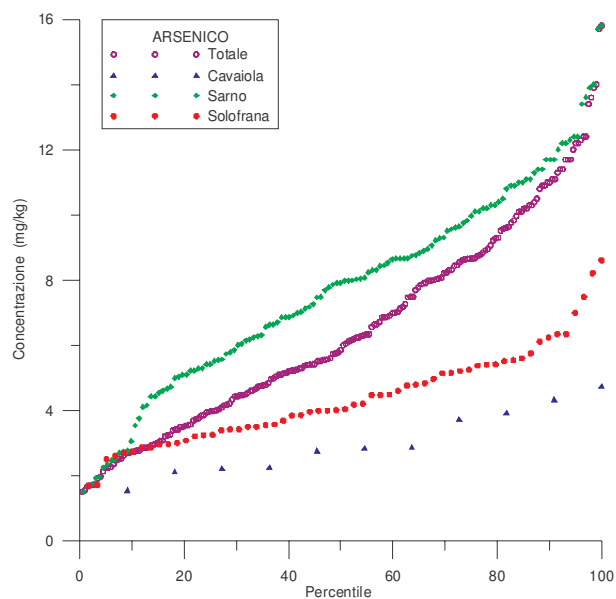
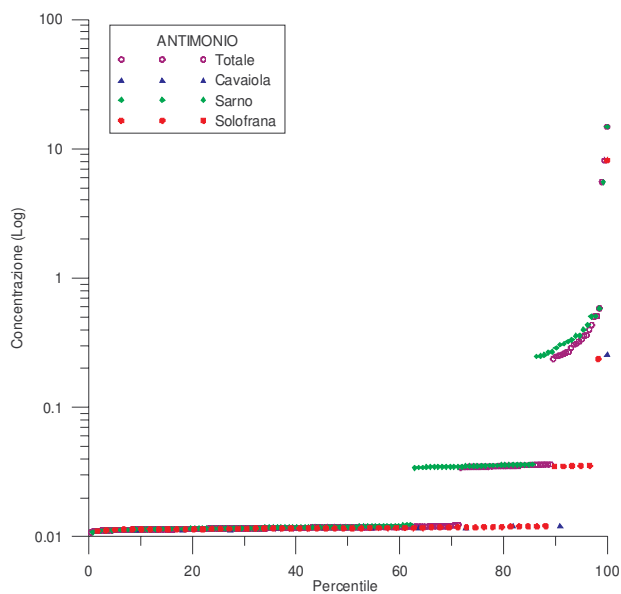
Totale bacino	N. campioni	N. campioni < MDL	Massimo	Minimo	Media	Deviazione standard	10 Percentile	25 Percentile	50 Percentile	75 Percentile	90 Percentile
pH	182	0	8,83	5,47	7,57	0,64	6,85	7,46	7,70	7,93	8,17
Frazione setacciata a 2 mm (%)	182	0	99,00	15,40	68,24	19,93	42,24	55,58	68,85	84,98	93,38
Residuo a 105°C (%)	182	0	96,90	23,90	67,87	18,37	40,72	55,83	69,15	82,23	90,79
Carbonio organico totale (%P)	182	1	10,00	0,05	2,50	2,40	0,22	0,53	1,69	3,76	6,15
Cianuri liberi	202	193	0,40	0,03	0,15	0,07	0,10	0,11	0,13	0,17	0,23
Fluoruri	202	0	42,20	0,35	6,97	7,70	0,69	1,27	3,83	10,40	17,10
Antimonio	202	180	14,80	0,01	0,19	1,24	0,01	0,01	0,01	0,03	0,25
Arsenico	202	0	15,80	1,52	6,52	3,17	2,75	4,00	5,94	8,67	11,00
Berillio	202	0	8,15	0,78	3,09	1,38	1,45	1,96	2,86	4,05	4,98
Cadmio	202	1	4,83	0,06	0,91	0,61	0,31	0,47	0,78	1,15	1,61
Cobalto	202	0	16,80	2,29	8,39	2,95	5,08	6,10	8,02	10,38	12,59
Cromo totale	202	0	1770,00	2,98	112,61	238,29	7,69	15,65	34,25	83,50	240,60
Mercurio	202	113	1,81	0,01	0,12	0,19	0,06	0,06	0,06	0,11	0,22
Nichel	202	0	58,20	3,89	17,86	8,16	9,90	12,35	15,95	21,38	28,42
Piombo	202	0	1550,00	9,04	73,94	124,01	14,26	24,30	46,55	88,83	130,00
Rame	202	0	1830,00	8,28	100,95	152,35	18,63	29,83	65,40	143,00	190,70
Selenio	202	44	1,97	0,27	0,66	0,39	0,29	0,33	0,55	0,86	1,24
Stagno	202	0	1110,00	0,51	16,98	79,99	1,08	2,03	5,66	14,10	26,24
Tallio	202	0	2,53	0,37	1,04	0,43	0,56	0,72	0,95	1,30	1,60
Vanadio	202	0	128,00	16,90	58,04	23,74	32,11	38,83	54,85	74,43	89,53
Zinco	202	0	3220,00	23,00	204,55	300,40	52,92	74,08	133,50	231,50	372,70
Cromo VI	202	95	6,55	0,00	0,25	0,64	0,05	0,05	0,05	0,20	0,56
Idrocarburi leggeri C<12	182	148	2,37	0,05	0,21	0,32	0,08	0,09	0,11	0,17	0,39
Idrocarburi pesanti C>12 (C12-C40)	202	8	4600,00	1,65	587,24	885,48	12,85	66,60	226,50	766,75	1625,00
PCB	202	105	0,0707	0,0002	0,0034	0,0084	0,0003	0,0003	0,0005	0,0024	0,0089
PCDD e PCDF (conversione T.E.)	202	0	0,2110	0,0000	0,0060	0,0172	0,0003	0,0007	0,0016	0,0047	0,0111

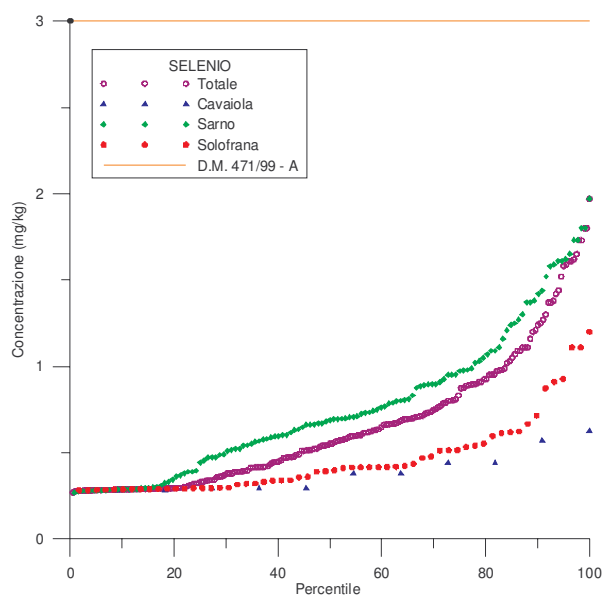
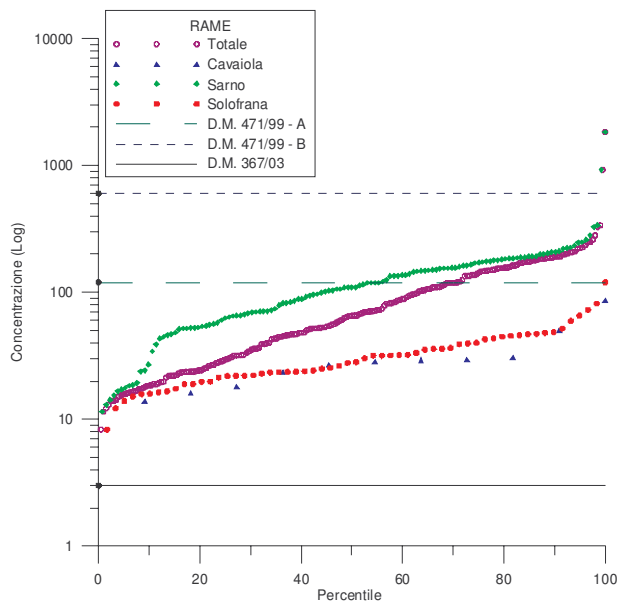
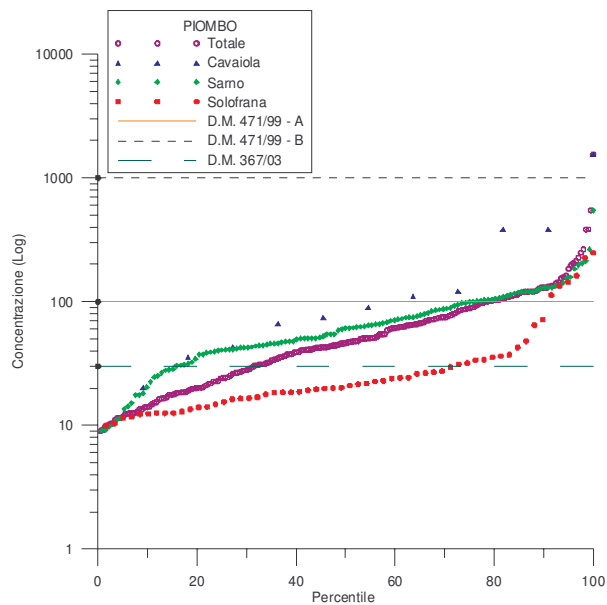
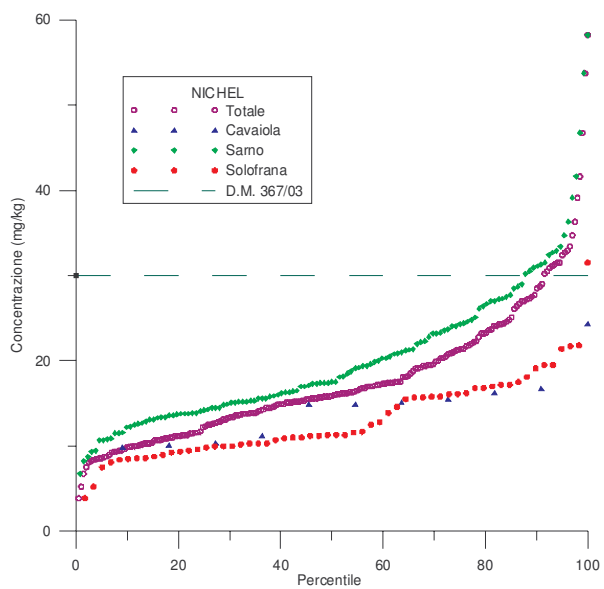
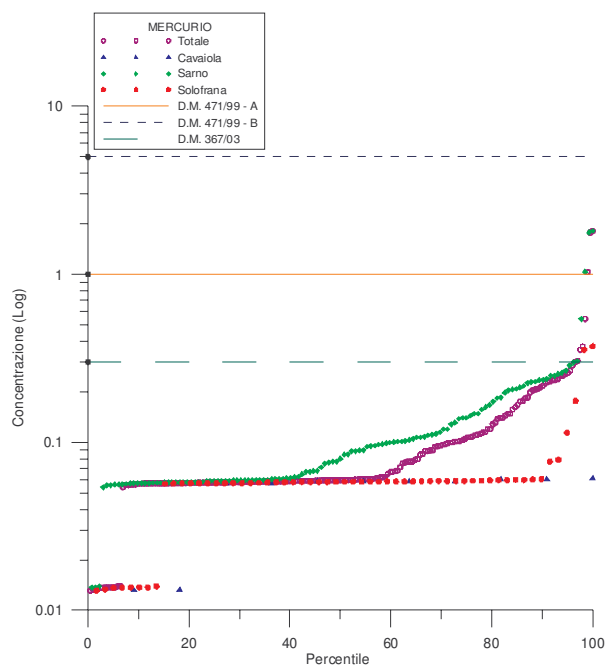
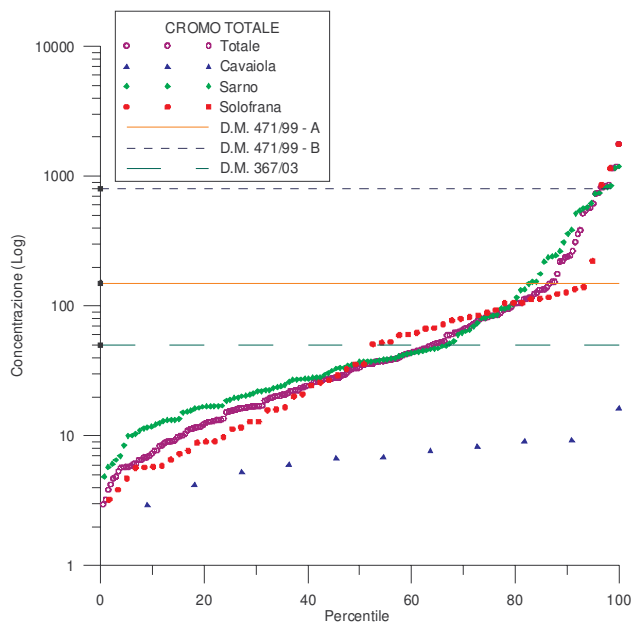
Tabella 5: statistiche sugli analiti (mg/kg s.s.)



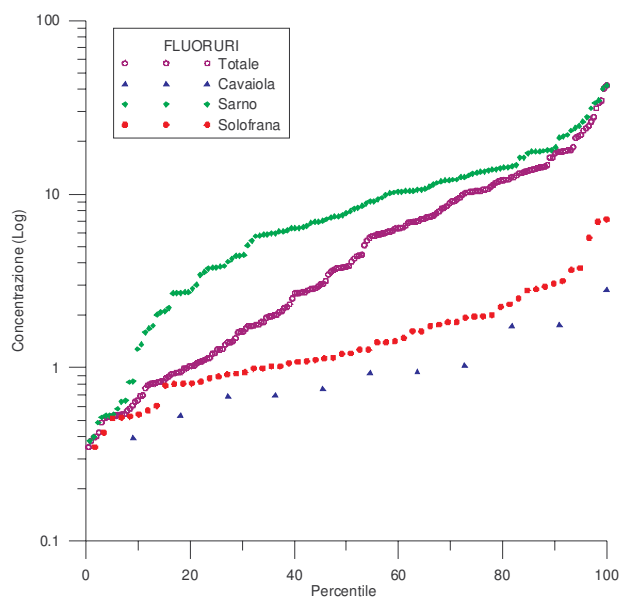
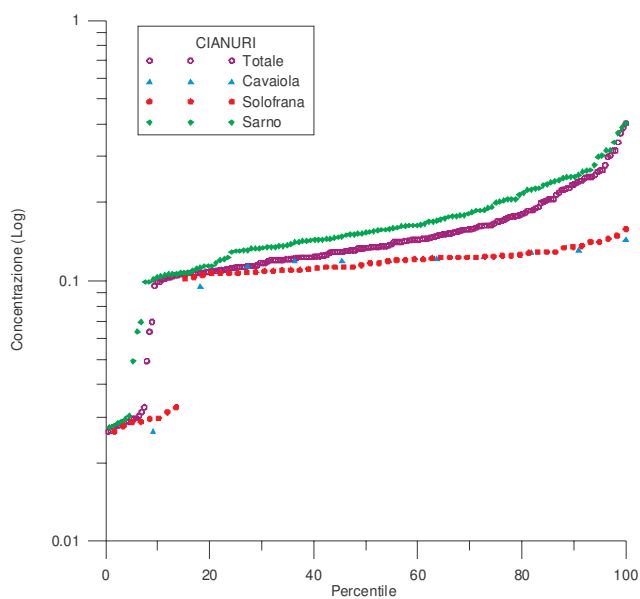
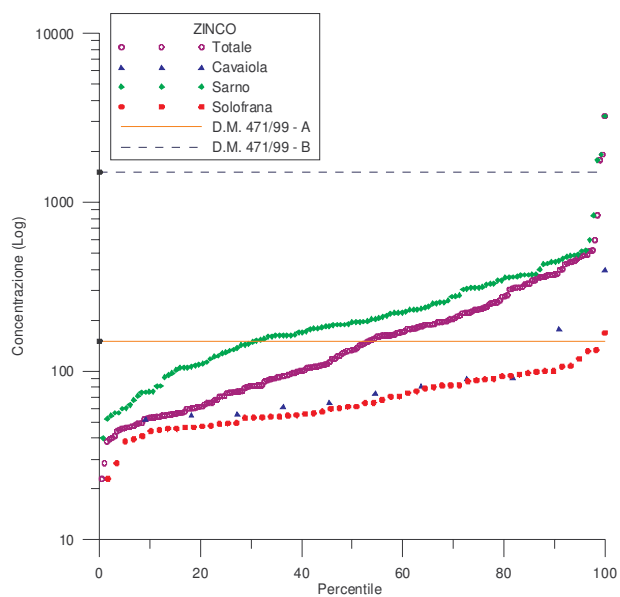
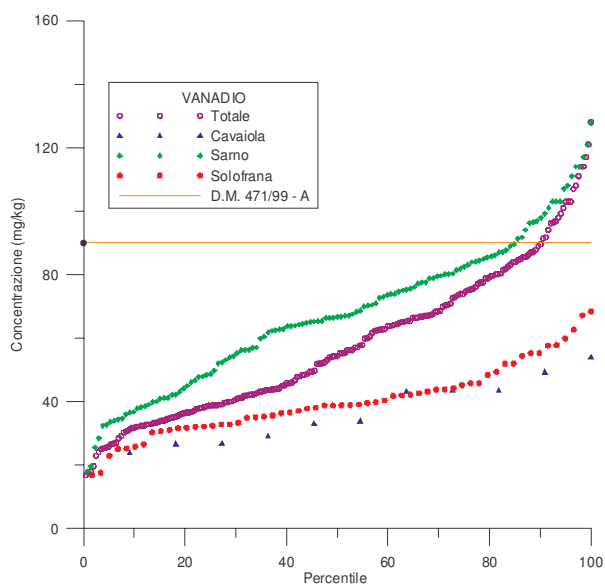
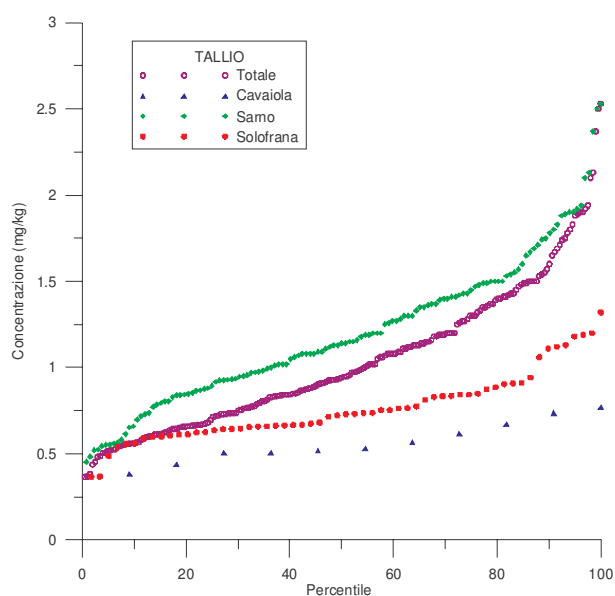
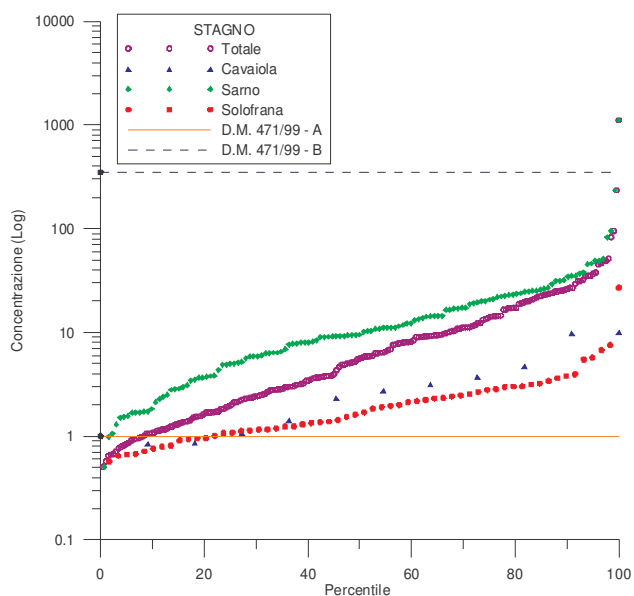


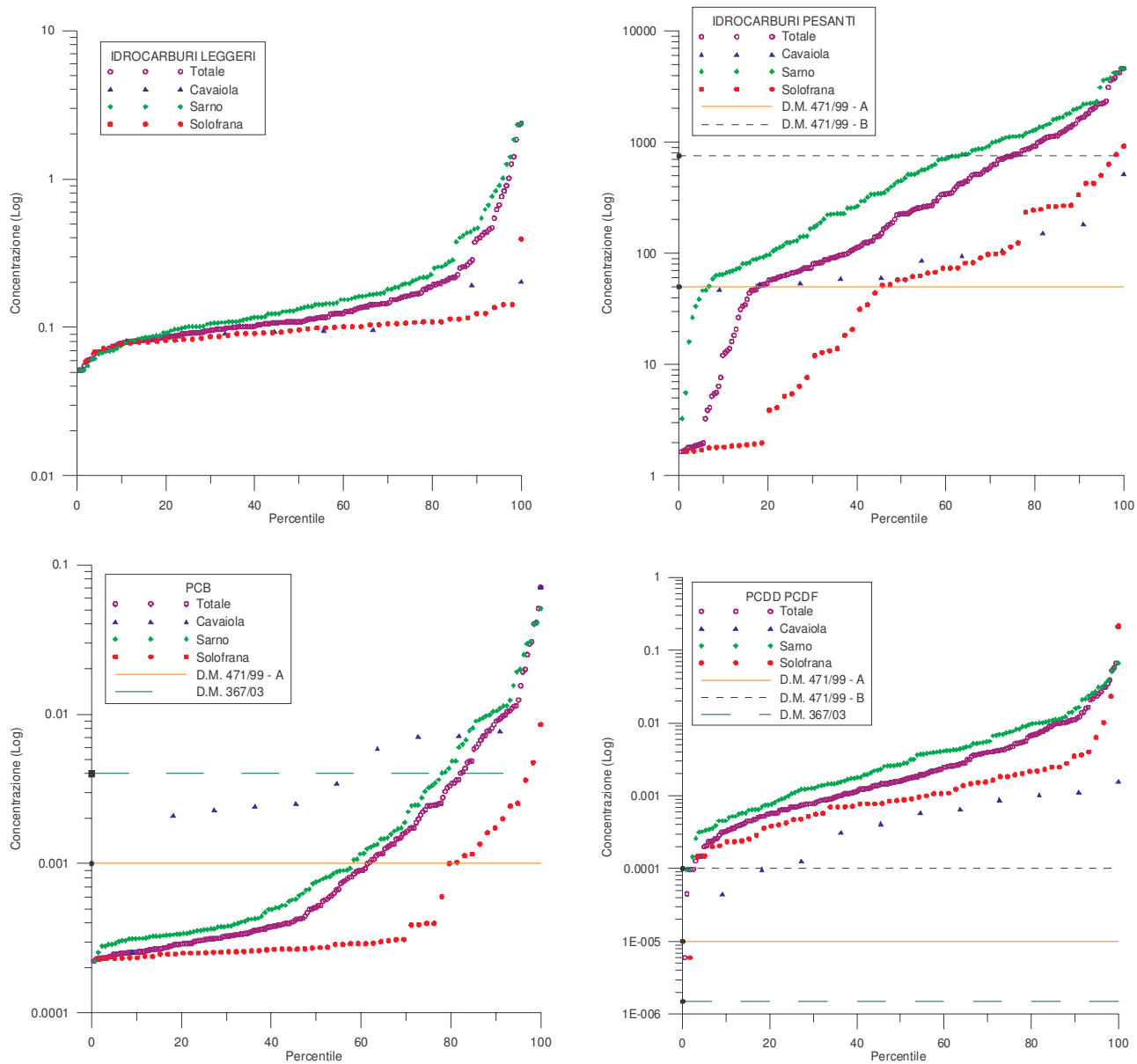
**Figura 9: box plot relativi agli analiti esaminati**











**Figura 10: distribuzioni dei percentile delle concentrazioni esaminate**

L'andamento della distribuzione cumulativa della concentrazione di arsenico, berillio, cadmio, cobalto, rame, selenio, tallio, vanadio, stagno e zinco mostra che i bacini Cavaiola, e Solofrana hanno una concentrazione inferiore rispetto all'intera base di dati mentre il bacino Sarno presenta valori superiori. Per stagno e zinco il Cavaiola ha valori superiori rispetto al Solofrana.

Nel seguito sono proposte considerazioni di carattere ambientale e statistico (vedere Figura 10), relative ad alcuni analiti, scelti sia per la loro rilevanza in termini ambientali sia per il loro possibile legame con le attività antropiche.

L'arsenico è contenuto in alcuni pesticidi ed erbicidi ed è talora addizionato ai mangimi per il pollame e per altri tipi di bestiame, allo scopo di favorirne la crescita. La presenza dell'arsenico può anche essere ricondotta alle specifiche caratteristiche litologiche dell'area.

Si osserva che per l'intera base di dati circa il 92% dei campioni ha una concentrazione inferiore a 12 mg/kg. Al di sopra di questo valore vi è un marcato aumento della pendenza della curva di distribuzione cumulativa sostenuto principalmente dai bacini Solofrana e Sarno. In nessuno dei 202 campioni assume valori minori del MDL e la media è pari a 1,52 mg/kg. La distribuzione delle anomalie mostra una presenza di valori più marcati in corrispondenza del medio-alto Sarno.

L'andamento dei percentili relativi al berillio per l'intera popolazione evidenzia che il 28% dei campioni è al di sotto di 2 mg/kg (solo il Cavaiola ha il 70% al di sotto di tale valore). I campioni appartenenti ai bacini Sarno e Solofrana hanno uguale pendenza tra il 50° e il 95° percentile. Anche la presenza del berillio può essere ricondotta alle specifiche caratteristiche litologiche dell'area.

Il cadmio è molto tossico e tende ad accumularsi negli organismi viventi e a concentrarsi nella catena alimentare; per questo motivo l'alto grado di assorbimento nei sedimenti è un importante fattore di controllo sulla sua biodisponibilità. Il cadmio trova larga applicazione nell'industria e la sua produzione e utilizzo sono destinati ad aumentare in futuro. Generi alimentari non contaminati quali carne, pesce, grano contengono in media 50 mg/kg di cadmio per pesce fresco, quantitativi che aumentano quando i cibi sono contaminati dal cadmio presente nel suolo e/o nelle acque.

Dalla distribuzione della concentrazione si può notare come l'andamento dell'intero set di dati sia sostenuto principalmente dal bacino Solofrana, inoltre si evidenzia come il 99% dei campioni abbia una concentrazione minore di 2 mg/kg e di questi solo il 10% al di sotto di 0,3 mg/kg.

Per quanto riguarda il cromo, le industrie produttrici che purificano l'elemento dal minerale d'origine, quelle produttrici di composti ferrocromati e la combustione di carburanti fossili, sono causa d'immissioni di grandi quantità di cromo nell'aria, che precipita e si deposita sui suoli e nelle acque. Il cromo è utilizzato nella produzione d'acciai inossidabili o d'altre leghe contenenti cobalto o nichel; il cromato e il dicromato di sodio, ottenuti mediante processi di estrazione, sono i componenti principali per la produzione di pigmenti, sali di cromo utilizzati per la concia delle pelli, nei mordenti, nei preservanti per il legno e come anticorrosivi nelle pentole. Effetti dannosi per l'uomo sono attribuiti alla forma esavalente del cromo (Cr VI), composto cancerogeno, solubile, irritante e corrosivo.

Per il composto cromo totale il gruppo di campioni prelevati nel bacino Cavaia si discosta abbastanza significativamente dagli altri già a partire dal 10° percentile indicando valori sistematicamente minori di quelli trovati negli altri bacini ed evidenziando una certa omogeneità nella distribuzione.

L'andamento della distribuzione cumulativa individua tre popolazioni di dati: la prima con concentrazione minore di 6 mg/kg, la seconda, dal 5° al 85° percentile, con concentrazione compresa tra 6 e 150 mg/kg e la terza con concentrazione tra 150 e 1770 rappresentata da valori anomali. La distribuzione degli *outlier* mostra concentrazioni più elevate (maggiori di 150 mg/kg) soprattutto in corrispondenza del bacino idrografico del fiume Sarno che, se realmente di origine antropica, sono da intendersi non naturali.

Nel cromo VI si evidenziano quattro popolazioni:

1. il 10% dei campioni con valori minori di 0,045 mg/kg
2. i campioni compresi tra il 10° e il 55° percentile presentano valori prossimi a 0,045 mg/kg
3. fino al 99° percentile si ha un aumento di pendenza col raggiungimento di circa 1 mg/kg
4. 4 campioni compresi tra 2 e 6,55 mg/kg (*outlier*).

I policlorobifenili (PCB) sono una serie di 209 composti aromatici biciclici costituiti da molecole di bifenile variamente clorate. Dal punto di vista chimico-fisico i PCB sono composti estremamente stabili e possiedono ottime proprietà dielettriche e di trasporto di calore. Queste caratteristiche ne hanno favorito la diffusione a partire dagli anni '30 e in Europa fino alla metà degli anni '80 per una serie di utilizzi in campo industriale e civile. Sono sostanze chimiche prodotte deliberatamente tramite processi industriali. Prima che, nel 1985, ne venisse vietata la commercializzazione e l'uso, a causa dei loro comprovati effetti tossici sul sistema riproduttivo e della loro tendenza a bioaccumularsi, erano generalmente utilizzati in sistemi chiusi, come fluidi dielettrici in apparecchiature elettriche (trasformatori) e in sistemi aperti quali additivi per antiparassitari, ritardatori di fiamma, isolanti, vernici. Le principali vie di diffusione della prima tipologia di applicazione è riconducibile a perdite, incendi, incidenti, scarichi illeciti e smaltimento inadeguato, mentre nel secondo utilizzo la diffusione nell'ambiente è avvenuto attraverso le discariche, la migrazione di particelle e l'emissione in atmosfera a seguito di evaporazione. Altre forme di contaminazione relativamente meno determinanti sono l'incenerimento di rifiuti, l'ingrassamento di terreno con fanghi provenienti da acque reflue, la combustione di oli usati, le riserve di PCB nei sedimenti marini e fluviali e nei fanghi di dragaggio dei porti. Recentemente sono stati pubblicati alcuni studi che collegano la formazione dei PCB ai processi di combustione di materiali che in origine non contenevano tali composti. La curva dei percentili mostra che l'intero set di dati ha un andamento sostenuto prevalentemente dal bacino del Sarno, mentre i risultati analitici relativi al Cavaiola e al Solofrana si discostano sia per le concentrazioni sia per la forma della distribuzione.

I campioni del Cavaiola presentano tutti dei valori superiori a 0,001 mg/kg, con un valore di fondo variabile tra 0,0002 e 0,0004 mg/kg (circa il 78% dei campioni del bacino Cavaiola ricade in questo intervallo).

I valori di anomalia più elevati (fra 0,0055 e 0,0015 mg/kg) non sono legati da un bacino particolare.

Con il termine “diossine” si indica un'ampia classe di microinquinanti, comprendente 75 composti congeneri di policlorodibenzo-p-diossine e 135 composti congeneri di policlorodibenzofurani. Si tratta di composti organici aromatici clorurati, indicati con il termine PCDD/F, aventi proprietà fisico-chimiche simili e variabili con il grado di clorazione e con la posizione ricoperta dagli atomi di cloro all'interno della molecola. La

pericolosità di PCDD, PCDF e PCB<sub>dl</sub><sup>6</sup> dipende dalle loro proprietà chimico-fisiche: si tratta di sostanze semivolatili, lipofile, idrofobiche, persistenti e bioaccumulabili, sostanze quindi ubiquitarie, in quanto diffusamente presenti nell'ambiente e nella catena alimentare per la loro capacità di accumularsi nei tessuti grassi e particolarmente difficili da eliminare. Diversamente dai PCB, sono composti che non vengono prodotti intenzionalmente, non avendo un utilizzo pratico, ma si generano a seguito di processi di combustione naturali o artificiali e come sottoprodotti indesiderati di varie produzioni chimiche. Il 95% dell'esposizione a PCDD, PCDF e PCB<sub>dl</sub>, avviene attraverso il cibo, come risulta dal grafico seguente (Figura 11).

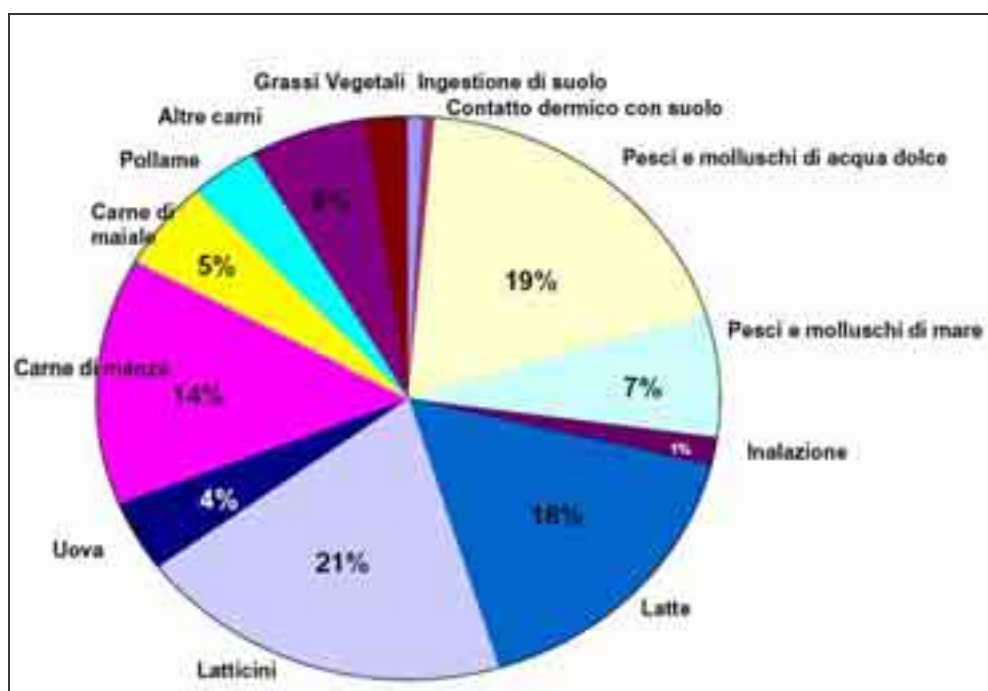


Figura 11: esposizione a PCDD, PCDF e PCB<sub>dl</sub> attraverso il cibo (adattato da dati EPA 2004)

Le principali fonti di diossine, come precedentemente accennato, sono: l'incenerimento rifiuti, i forni ad arco elettrico per la produzione di acciaio, le combustioni diesel e di benzina con piombo, la fusione secondaria di alluminio, la combustione di legno residenziale e i forni per la produzione del cemento. In riferimento alle potenziali sorgenti di PCDD, PCDF e PCB<sub>dl</sub>, si riporta un interessante adattamento alla realtà italiana di dati pubblicati dall'US EPA nel 2004 (Figura 12).

<sup>6</sup> Solo i PCB coplanari presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani: questi sono definiti PCB *dioxin-like*

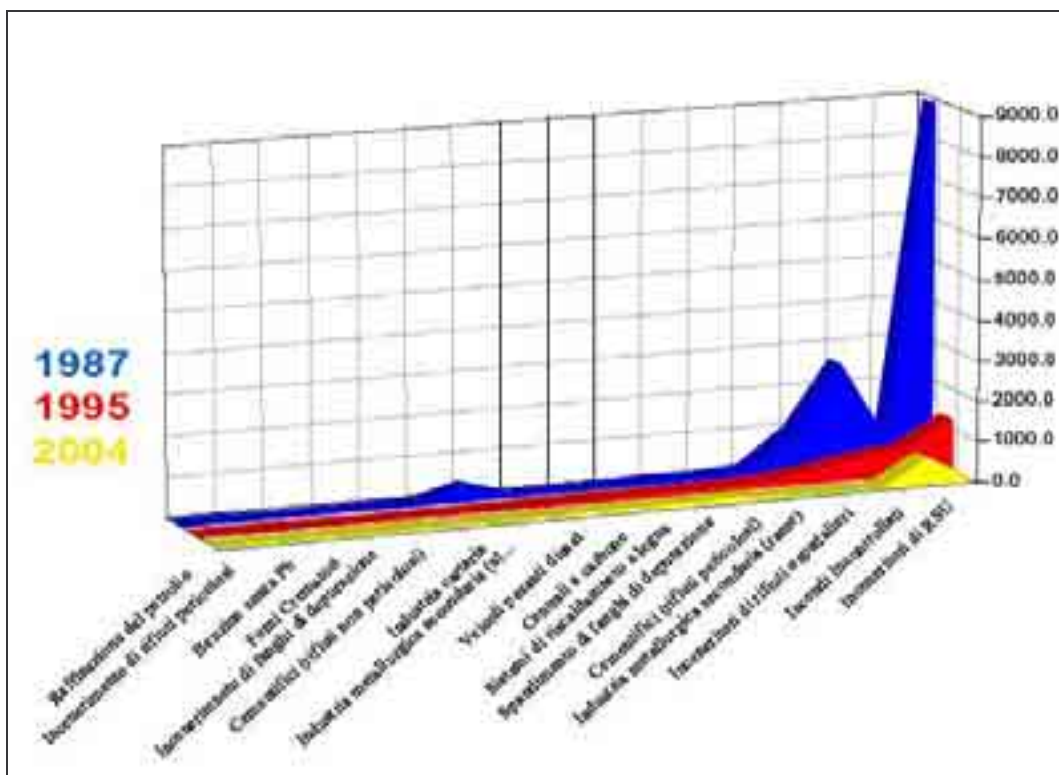


Figura 12: potenziali sorgenti di PCDD, PCDF e PCB<sub>dl</sub>

Si può osservare come dal 1987 ad oggi, dati gli sviluppi tecnologici dei sistemi di incenerimento controllato dei rifiuti, le emissioni delle diossine da tali sorgenti siano diminuite in maniera apprezzabile mentre gli incendi incontrollati risulterebbero essere la sorgente più significativa.

Il 10° percentile ha una concentrazione inferiore a 0,0001 mg/kg, mentre il 50° percentile ha un valore maggiore di 0,001 mg/kg.

Le distribuzioni cumulative della concentrazione relative al Sarno e al bacino complessivo hanno andamento molto simile pur presentando il primo valori più elevati, mentre quella relativa al Solofrana si differenzia già a partire dal 12° percentile verso valori minori di concentrazione.

## 5.2 Confronto con i limiti per i suoli e per i sedimenti marino-costieri

Come anticipato, mancando un riferimento legislativo specifico per la qualità dei sedimenti fluviali e lacustri, i risultati analitici ottenuti dal presente studio sono stati confrontati con i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e sottosuolo (Allegato 1 Tabella 1 D.M. 471/99<sup>7</sup>) e con gli standard di qualità per i sedimenti di ambiente marino-costiero e lagunare (Tabella 2 D.M. 367/03).

<sup>7</sup> Nell'Allegato 1 al D.M. 471/99 sono definiti i valori di concentrazione limite accettabili per le sostanze inquinanti presenti nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee, in funzione della specifica destinazione d'uso del sito (la colonna A si riferisce a siti ad uso

I valori di concentrazione limite sono riportati nella Tabella 6, mentre in Tabella 7 si riportano il numero di campioni che superano i suddetti limiti di accettabilità, evidenziati anche nella Figura 10.

	D.M. 471/99 Colonna A	D.M. 471/99 colonna B	D.M. 367/03
Composti inorganici (mg/kg s.s.)			
Antimonio	10	30	12
Arsenico	20	50	
Berillio	2	10	
Cadmio	2	15	0,3
Cobalto	20	250	
Cromo totale	150	800	50
Cromo VI	2	15	5
Mercurio	1	5	0,3
Nichel	120	500	30
Piombo	100	1000	30
Rame	120	600	
Selenio	3	15	
Stagno	1	350	
Tallio	1	10	
Vanadio	90	250	
Zinco	150	1500	
Cianuri liberi	1	100	
Fluoruri	100	2000	
Diossine e Furani			
Sommatoria PCDD, PCDF (TE)	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$ (*)
PCB (mg/kg s.s.)	0,001	5	4 (*)
Idrocarburi			
Idrocarburi leggeri C<12	10	250	
Idrocarburi pesanti C>12	50	750	

**Tabella 6: valori di concentrazione limite (\*) µg/kg**

---

verde pubblico, privato e residenziale, la colonna B si riferisce a siti ad uso commerciale ed industriale), e i criteri per la valutazione della qualità delle acque superficiali.



PARAMETRO	N. campioni in cui il parametro è superiore al limite di accettabilità		
	D.M. 471/99 colonna A	D.M. 471/99 colonna B	D.M. 367/03
Antimonio	1	-	-
Arsenico	-	-	11
Berillio	148		
Cadmio	6	-	176
Cobalto	-	-	-
Cromo totale	19	8	46
Cromo VI	3	-	1
Mercurio	3	-	4
Nichel	-	-	18
Piombo	44	1	94
Rame	57	2	-
Selenio	-	-	-
Stagno	185	1	-
Tallio	92	-	-
Vanadio	20	-	-
Zinco	92	3	-
Cianuri liberi	-	-	-
Fluoruri	-	-	-
Sommatoria PCDD, PCDF (TE)	197	129	202
PCB (mg/kg s.s.)	42	-	37
Idrocarburi leggeri C<12	-	-	-
Idrocarburi pesanti C>12	116	51	-

**Tabella 7: numero campioni che superano i limiti normativi**

### 5.3 Distribuzione geografica

La distribuzione geografica delle concentrazioni lungo i corsi d'acqua oggetto dello studio è visualizzata nella tavole fuori testo (Tavole 2-24).

## **6 DEFINIZIONE DEI CARATTERI ANTROPICI DEL BACINO**

Al fine di una maggiore comprensione di quanto evidenziato nella caratterizzazione dei sedimenti in questo capitolo si ritiene opportuno esaminare, tra le altre variabili, i caratteri antropici del bacino quali la distribuzione della popolazione e del tessuto industriale.

### **6.1 Demografia**

L'analisi di tale distribuzione ha portato alla realizzazione di due carte tematiche aventi come oggetto la classe di popolazione residente al 2005 (Tavola 25) e la classe di densità territoriale al 2005 (Tavola 26). L'elaborazione di tali carte è stata possibile grazie ai dati raccolti dall'ISTAT nel 2005, che permettono di evidenziare un quadro esaustivo sulla distribuzione demografica nei comuni del bacino del Sarno.

La struttura insediativa del territorio rivela una condizione di crescita urbana e demografica disomogenea con presenza di aree storicamente marginali e aree tradizionalmente forti (Agro-Nocerino Sarnese). Il territorio si connota tra le aree più densamente urbanizzate dell'Italia meridionale.

In particolare, dal punto di vista insediativo si distinguono le due seguenti aree:

- la prima, in gran parte pianeggiante, con una elevatissima densità demografica ed una forte utilizzazione agricola ed industriale (piana del Sarno);
- la seconda zona, collinare ed appena pianeggiante, con limitata densità di popolazione, caratterizzata da una modesta attività agricola ed una concentrazione industriale di tipo conciario (polo conciario di Solofra).

### **6.2 Distribuzione delle industrie**

La presenza di vulcani nei territori attigui e la formazione litologica del territorio hanno dato luogo ad un terreno particolarmente fertile, sia per gli apporti piroclastici, sia per la stratificazione di materiali alluvionali trasportati dal fiume Sarno o provenienti dai canali di deflusso delle acque dei monti Lattari. Questo ha reso possibile lo sviluppo di una rilevante realtà agricola, che negli ultimi anni ha visto accrescere la presenza di molti poli industriali.

Lo studio della zona in questione, infatti, ha evidenziato che il sistema produttivo si è sviluppato per poli, portando alla presenza di aree molto industrializzate, spesso con attività monospecifiche, in continuità, quando non in commistione, con insediamenti residenziali ed aree ad uso agricolo.

Si è visto, così, che il territorio in cui ricade il bacino presenta circa 720.000 abitanti su circa 600 km<sup>2</sup> diviso nei 39 comuni delle tre province di Salerno, Napoli, Avellino (Tabella 8).

<i>COMUNE</i>	<i>PROVINCIA</i>	<i>SUPERFICIE TOTALE (km<sup>2</sup>)</i>	<i>SUPERFICIE COMPRESA NEL BACINO (km<sup>2</sup>)</i>	<i>POPOLAZIONE RESIDENTE</i>
ANGRI	SA	13,75	13,75	30545
BARONISSI	SA	17,86	1,46	15746
BOSCOREALE	NA	11,20	11,20	27476
BRACIGLIANO	SA	14,04	14,04	5363
CALVANICO	SA	14,82	14,82	1459
CASOLA DI NAPOLI	NA	2,57	2,57	3752
CASTEL S. GIORGIO	SA	13,63	13,63	13087
CASTELLAMMARE DI STABIA	NA	17,71	17,71	66100
CAVA DE' TIRRENI	SA	36,46	21,96	53229
CONTRADA	AV	10,31	4,22	2984
CORBARA	SA	6,66	6,66	2532
FISCIANO	SA	31,52	28,87	12929
FORINO	AV	20,49	20,49	5200
GRAGNANO	NA	14,29	14,29	29723
LETTERE	NA	12,30	12,30	5917
MERCATO S. SEVERINO	SA	30,21	30,21	20873
MONTORO INFERIORE	AV	19,49	19,49	10015
MONTORO SUPERIORE	AV	20,44	20,44	8272
NOCERA INFERIORE	SA	20,85	20,85	46533
NOCERA SUPERIORE	SA	14,71	14,71	23934
PAGANI	SA	12,77	12,77	34775
PALMA CAMPANIA	NA	20,76	10,39	14972
POGGIOMARINO	NA	13,28	13,28	20516
POMPEI	NA	12,41	12,41	25726
QUINDICI	AV	23,65	6,00	2938
RAVELLO	SA	8,07	0,55	2475
ROCCAPIEMONTE	SA	5,22	5,22	9263
S. ANTONIO ABATE	NA	7,87	7,87	9738
S. EGIDIO DEL MONTE	SA	6,27	6,27	9719
S. MARIA LA CARITA'	NA	4,20	4,20	11330
S. MARZANO SUL SARNO	SA	5,15	5,15	18806
S. VALENTINO TORIO	SA	9,03	9,03	8607
SARNO	SA	39,95	39,95	31580

<i>COMUNE</i>	<i>PROVINCIA</i>	<i>SUPERFICIE TOTALE (km<sup>2</sup>)</i>	<i>SUPERFICIE COMPRESA NEL BACINO (km<sup>2</sup>)</i>	<i>POPOLAZIONE RESIDENTE</i>
SCAFATI	SA	19,76	19,76	50525
SCALA	SA	13,09	0,99	1492
SIANO	SA	8,50	8,50	10299
SOLOFRA	AV	0,94	0,94	12082
STRIANO	NA	7,58	7,58	7716
TORRE ANNUNZIATA	NA	7,33	7,33	47877
<i>TOTALE</i>		569,14	481,86	716105

**Tabella 8: elenco dei comuni ricadenti in parte o totalmente nel territorio del bacino del Sarno (Fonte AdB Sarno)**

Tra questi comuni, molti hanno un numero di abitanti maggiore di 15.000 ed alcuni (Cava de' Tirreni, Nocera Inferiore, Scafati, Castellammare di Stabia, Torre Annunziata) sfiorano o superano i 50.000 abitanti.

Si tratta, dunque, di insediamenti urbani di rilevante importanza, i cui abitanti trovano impiego nella fitta rete agricolo-industriale dell'area.

Lo studio del tessuto industriale dell'area è stato realizzato censendo tutte le attività presenti e suddividendole in categorie secondo la classificazione delle attività economiche definita ATECO. Tale classificazione (in vigore dal 2004, sostituendo la precedente del 1991) è adottata dall'ISTAT per le rilevazioni statistiche nazionali di carattere economico ed è la traduzione italiana della nomenclatura delle attività economiche (NACE Rev. 1.1) creata dall'Eurostat ed adattata dall'ISTAT alle caratteristiche specifiche del sistema economico italiano.

Si tratta di una classificazione alfanumerica con diversi gradi di dettaglio: le lettere indicano il macro-settore di attività economica, mentre i numeri (da 2 a 5 cifre) rappresentano, con diversi gradi di specificità, le articolazioni e le disgregazioni dei settori stessi.

A titolo di esempio si riporta la classificazione per sezioni, sottosezioni, divisioni, gruppi, classi e categoria dell'attività economiche manifatturiere (Figura 13).

<b>D</b>	<b>ATTIVITÀ MANIFATTURIERE</b>
<b>DA</b>	<b>INDUSTRIE ALIMENTARI, DELLE BEVANDE E DEL TABACCO</b>
<b>15</b>	<b>INDUSTRIE ALIMENTARI E DELLE BEVANDE</b>
<b>15.1</b>	<b>PRODUZIONE, LAVORAZIONE E CONSERVAZIONE DI CARNE E DI PRODOTTI A BASE DI CARNE</b>
<b>15.11</b> 15.11.0	<b>Produzione e refrigerazione di carne del bestiame, escluso volatili e conigli</b> Produzione di carne non di volatili e di prodotti della macellazione (attività dei mattatoi)
<b>15.12</b> 15.12.0	<b>Produzione e refrigerazione di carne di volatili e conigli</b> Produzione di carne di volatili, conigli e prodotti della loro macellazione

**Figura 13: esempio di classificazione ATECO**

In questo studio si sono presi in esame i macro-settori (ovvero i campi di attività indicati dalle lettere) al fine di redigere delle tabelle che hanno permesso di associare un'attività industriale specifica ad ognuno dei comuni presenti nel bacino.

Si riporta di seguito l'elenco delle attività economiche per sezioni e sottosezioni del codice ATECO:

- **A.** Agricoltura, caccia e silvicoltura
- **B.** Pesca, piscicoltura e servizi connessi
- **C.** Estrazione di minerali
  - **CA** - Estrazione di minerali energetici
  - **CB** - Estrazione di minerali non energetici
- **D.** Attività manifatturiere
  - **DA** - Industrie alimentari, delle bevande e del tabacco
  - **DB** - Industrie tessili e dell'abbigliamento
  - **DC** - Industrie conciarie, fabbricazione di prodotti in cuoio, pelle e simili
  - **DD** - Industria del legno e dei prodotti in legno
  - **DE** - Fabbricazione della pasta-carta, della carta e del cartone, dei prodotti di carte; stampa ed editoria
  - **DF** - Fabbricazione di coke, raffinerie di petrolio, trattamento dei combustibili nucleari
  - **DG** - Fabbricazione di prodotti chimici e di fibre sintetiche e artificiali
  - **DH** - Fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche
  - **DI** - Fabbricazione di prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi
  - **DJ** - Metallurgia, fabbricazione di prodotti in metallo

- **DK** - Fabbricazione, installazione, riparazione e manutenzione di macchine ed apparecchi meccanici
- **DL** - Fabbricazione di macchine elettriche e di apparecchiature elettriche, elettroniche e ottiche
- **DM** - Fabbricazione di mezzi di trasporto
- **DN** - Fabbricazione di mobili; altre industrie manifatturiere
- **E**. Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua
- **F**. Costruzioni
- **G**. Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli, motocicli e di beni personali e per la casa
- **H**. Alberghi e ristoranti
- **I**. Trasporti, magazzinaggio e comunicazioni
- **J**. Attività finanziarie
- **L**. Amministrazione pubblica
- **M**. Istruzione
- **N**. Sanità ed altri servizi sociali
- **O**. Altri servizi pubblici, sociali e personali
- **P**. Attività svolte da famiglie e convivenze
- **Q**. Organizzazioni ed organismi extraterritoriali.

Le categorie presenti nel bacino del Sarno sono: A, B, CB, tutte le attività della sezione D, E, F, G, H, I, K, N, O. Tra queste sono state analizzate, ai fini del presente documento, quelle con il potenziale maggiore di ricaduta ambientale per il sistema idrico del bacino (dalla categoria A alla E).

Per ogni comune, in questo modo, è stato possibile costruire una tabella che riporta la totalità delle attività economiche operanti in ogni macro-settore (secondo la classificazione ATECO) e per ognuno di tale settore identificare non solo le unità locali<sup>8</sup> (UL), ma anche il numero degli addetti impiegati in esse (Figura 14).

---

<sup>8</sup> L'Unità Locale corrisponde ad un'unità giuridico-economica o ad una sua parte, situata in una località topograficamente identificata da un indirizzo e da un numero civico. In tale località, o a partire da essa, si esercitano delle attività economiche per le quali una o più persone lavorano (addetti) per conto della stessa unità (ISTAT).

Figura 14: categorie di industrie per comune

Si ha così un immediato riscontro del tipo di presenza industriale in ciascuna delle tre province (Salerno, Napoli e Avellino) i cui comuni sono compresi nel bacino del Sarno. In Figura 15 e Figura 16 si riportano rispettivamente i grafici relativi alla percentuale di addetti e delle UL operanti nei diversi settori industriali.

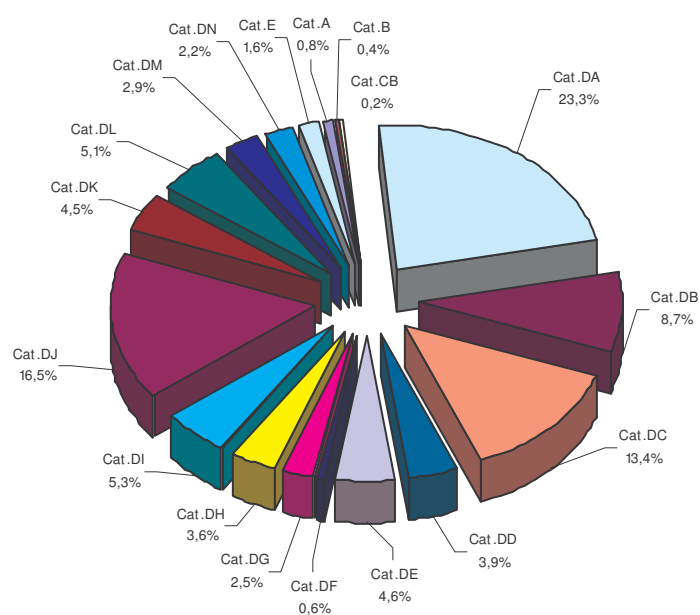
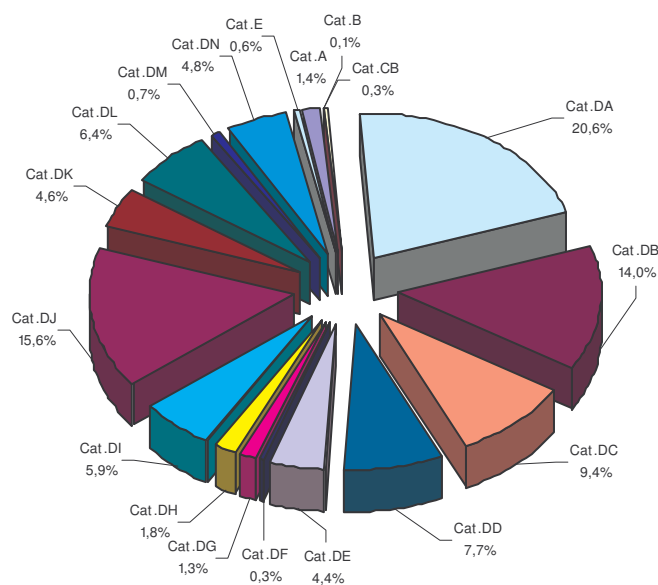


Figura 15: numero di addetti (%) presenti nel territorio del bacino del fiume Sarno



**Figura 16: numero di unità locali (%) presenti nel territorio del bacino del fiume Sarno**

I grafici evidenziano che le attività produttive con maggiore impatto sul territorio sono quelle appartenenti alla categoria DA (industrie alimentari) con il 23,3% di addetti rispetto al totale, seguite dalla categoria DJ (metallurgia) con il 16,5% di incidenza, dalla DC (industria conciaria) e dalla categoria DB (tessile) con l'8,7%.

La storia economica e la geografia della zona mostrano come l'industria insediatasi tra i vari fondi agricoli abbia sfruttato le proprietà del territorio incentrando la propria produzione sulla trasformazione dei prodotti della terra: si nota come nella provincia di Avellino, e più specificatamente nel comune di Montoro Inferiore, vi siano 136 addetti nel settore DA, numero che sale nella provincia di Napoli, nei comuni di Castellammare di Stabia e Gragnano (la "città de maccheroni"), a più di 200 con una punta di 272 addetti nel comune di Sant'Antonio Abate, la cifra aumenta ancora (1020 addetti) nel comune di Scafati (SA). Nel complesso, sono più di 1143 le UL operanti nel settore (la metà delle quali presenti nella sola provincia di Salerno) che offrono impiego a più di 8000 addetti. Si sottolinea come nella zona esista una vera e propria filiera del settore agro-alimentare rappresentata dalla trasformazione industriale del pomodoro in conserve e derivati.

Altra importante attività produttiva, soprattutto per il comune di Solofra (AV), è quella conciaria e della lavorazione delle pelli: le UL di questa categoria (DC nella classificazione ATECO) sono 372 con un impiego di più di 3800 addetti numero che scende nei comuni di Montoro Superiore e Scafati (SA) a circa 60 addetti.

Le industrie della metallurgia e dei prodotti in metallo (DG) e quelle della fabbricazione delle macchine elettriche (DL) sono presenti soprattutto nel napoletano e salernitano. Nella



provincia di Napoli, infatti, vi sono circa 1900 addetti in 311 attività metallurgiche, 684 nelle 132 fabbriche di macchine elettriche, con la maggior presenza, rispettivamente, nel comune di Castellammare di Stabia (649 addetti in 68 UL) e nel comune di Gragnano (205 addetti in 32 UL).

Tra i comuni della provincia di Salerno spiccano Cava de' Tirreni con 480 addetti e 55 UL per la categoria DG ed il comune di Nocera Inferiore con 519 addetti e 15 UL per la categoria DL con un totale, rispettivamente alle categorie, di 3748 e 1075 addetti.

Studiando le tabelle con i codici ATECO è possibile così assegnare l'incidenza di ogni comune nel bacino del Sarno secondo ogni categoria industriale ed individuare una classe di addetti per sezione di attività economica.

In termini di localizzazione geografica, in genere si può notare come la grande maggioranza delle industrie (ricordiamo che stiamo analizzando le sole categorie ritenute potenzialmente a maggiore impatto per l'ambiente) sia concentrata in prossimità dei principali assi viari (Autostrada A3, SS.18) nei comuni di Castellammare di Stabia, Nocera Inferiore e Nocera Superiore, Pagani, Angri, Cava de' Tirreni, Scafati, S. Marzano sul Sarno, paesi tra i più popolati e che si insediano nella zona del medio e alto Sarno. Si tratta per lo più d'industrie conserviere, cartarie, grafiche, alle quali si affiancano, anche se in misura minore, industrie di altra tipologia quali cantieri navali e industrie farmaceutiche.

La distribuzione sul territorio delle varie categorie ATECO è visualizzata nella tavole fuori testo (Tavole 27-44).

## 7 DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Nel seguito si discute della possibile correlazione tra alcune delle distribuzioni di contaminante nel bacino del Sarno e la densità industriale.

Si riporta uno schema riassuntivo delle potenziali sorgenti (rappresentate dalle categorie ATECO) di alcuni contaminanti organici e inorganici (Tabella 9 e Tabella 10).

L'immissione nell'ambiente di metalli è legata ad un gran numero d'attività antropiche: nella maggior parte dei casi è difficile associare la provenienza di un singolo metallo ad una fonte specifica, per tale ragione i metalli sono riportati in tabella come classe e non come singolo elemento.

CATEGORIA ATECO	CONTAMINANTI INORGANICI						
	Metalli	Boro	Cianuri	Cloruri	Nitriti	Fluoruri	Solfati
A	X	X			X		X
B							
CB							
DA							
DB							
DC	X						
DD							
DE	X		X	X	X	X	X
DF	X		X			X	X
DG	X	X	X	X	X	X	X
DH	X		X	X		X	
DI	X			X		X	
DJ	X		X			X	
DK	X						
DL	X						
DM	X			X	X	X	X
E			X		X		X

**Tabella 9: relazione tra contaminante inorganico e categoria industriale ATECO**

CATEGORIA ATECO		CONTAMINANTI ORGANICI											
	Aromatici	IPA	Alifatici clorurati cancerogeni	Alifatici clorurati non cancerogeni	Alifatici alogenati cancerogeni	Nitrobenzeni	Clorobenzeni	Fenoli non clorurati	Fenoli clorurati	Ammine aromatiche	Fitofarmaci	PCB	PCDD PCDF PCBdl
A	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	
B													
CB													
DA													
DB													
DC	X							X					
DD													
DE	X		X	X	X		X	X	X	X		X	X
DF	X	X				X		X	X				
DG	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	
DH	X	X	X	X	X		X	X	X			X	
DI													
DJ	X		X	X			X		X				X
DK													
DL	X	X	X			X	X	X	X				
DM	X	X	X	X		X	X	X	X	X			
E		X											

Tabella 10: relazione contaminante organico e categoria industriale ATECO

Le categorie industriali sono state analizzate in funzione del numero di addetti, mentre per il contaminante si è scelto quello più direttamente associabile ad esse in relazione alle tabelle riportate sopra.

La categoria DC presenta un maggiore numero di addetti nei comuni di Solofra, Montoro Superiore e Inferiore e Scafati.

A tale categoria si è sovrapposto l'andamento del cromo VI e del cromo totale. Mentre il primo assume concentrazioni elevate (con un massimo di 6,55 mg/kg) nel sottobacino del Solofrana, in particolare nei comuni di Montoro Inferiore e Mercato San Severino, il secondo, nel Solofrana, in quelli di Montoro Inferiore, Mercato San Severino (con un picco di 1770 mg/kg) e nel Medio-Basso Sarno all'interno dei territori comunali di Scafati (1190 mg/kg), Pompei e Torre Annunziata.

Dall'andamento della distribuzione del cromo totale emergono 19 campioni che superano il limite della colonna A ed 8 campioni quello della colonna B del D.M. 471/99, mentre 46 il limite del D.M. 367/03 molti dei quali situati in prossimità della foce.

I campioni di sedimento a maggiore contaminazione ricadono subito a valle dei comuni di Solofra, Montoro Superiore e Inferiore e all'interno di Scafati, Pompei e Torre Annunziata comuni a maggiore insediamento di concerie (Tavola 45).

Il cromo mostra, così, differenze significative lungo le aste in relazione alla presenza di industrie di lavorazione delle pelli, lasciando ipotizzare una dipendenza dalle attività antropiche e non dalle caratteristiche litologiche del bacino.

La categoria DJ presenta numero di addetti variabile tra 390 e 649 nei comuni di Fisciano, Cava de' Tirreni, Nocera Superiore e Castellammare di Stabia.

Associando a questa tipologia l'andamento della concentrazione di fluoruri (Tavola 46), che varia da un minimo di 0,35mg/kg ad un massimo di 42,20 mg/kg, si osservano valori maggiori in corrispondenza del bacino del Medio Sarno in prossimità dei comuni di Striano e Scafati. Non risultano, quindi, correlazioni tra la distribuzione geografica della contaminazione da fluoruri e l'ubicazione delle principali industrie metallurgiche (categoria DJ).

Gli Idrocarburi totali non sono univocamente attribuibili ad una specifica tipologia industriale; pur tuttavia a solo titolo di esempio sono stati anche loro associati alla metallurgia con il solo scopo di verificare eventuali correlazioni (Tavola 47).

Gli idrocarburi pesanti registrati sui campioni di sedimento mostrano concentrazioni molto variabili (massimo pari a 4600 mg/kg e minimo pari a 1,65 mg/kg con media di 587,24 mg/kg). I campioni che presentano valori più elevati ricadono in tutti i comuni del sottobacino del Sarno e quelli in cui tale parametro è superiore al limite di accettabilità

definiti nelle colonne A e B dell'Allegato 1 del D.M. 471/99 sono rispettivamente 116 e 51.

È importante non dimenticare il ruolo che rivestono gli scarichi dei reflui nel determinare la contaminazione delle diverse matrici ambientali (corpo idrico, suolo, sedimento): nell'area oggetto di studio ne sono stati censiti 312 di tipo non depurato (Tavola 48), continui e discontinui; 228 ricadono nel sottobacino Sarno, 54 nel sottobacino Solofrana e 30 nel Cavaiola.

Gli scarichi di origine industriale che presentano qualità visive da inquinate a molto inquinate, sono prevalentemente situati nei comuni di Angri, Castellammare di Stabia, Montoro Inferiore, Pompei, San Marzano sul Sarno, San Valentino Torio, Sarno e Striano, mentre quelli civili ricadono nei Comuni di Torre Annunziata, Solofra, Scafati, Sant'Egidio del Monte Albino, Nocera Superiore e Inferiore, Mercato San Severino, Fisciano e Castel San Giorgio. Solo 83 degli scarichi non depurati hanno qualità visiva limpida.

La presenza diffusa su tutto il territorio del bacino del fiume Sarno di tali sorgenti d'inquinamento potrebbe essere la causa principale della contaminazione dei sedimenti stessi.

## 8 CONCLUSIONI

L'obiettivo del lavoro presentato è stato l'elaborazione di una metodologia che, partendo dall'analisi dei risultati analitici dei campioni dei sedimenti e del quadro demografico ed industriale del territorio in esame, ha portato a stabilire un'eventuale correlazione tra la distribuzione di uno specifico contaminante lungo le aste fluviali ed una determinata tipologia di industria anche mediante l'ausilio di criteri di tipo statistico.

La distribuzione delle concentrazioni lungo le aste principali e secondarie del bacino del Sarno ha mostrato una certa omogeneità per tutti gli analiti.

Le concentrazioni risultano massime nella porzione di valle del bacino mentre la porzione di monte mostra valori più elevati di quelli presenti nella parte mediana.

I campioni di sedimento, infatti, pur avendo caratteristiche chimico-fisiche tra loro diverse si distribuiscono con concentrazione maggiori nel sottobacino Solofrana e in quello Medio-Basso Sarno presentando valori minori, a volte di molto, nel sottobacino Cavaiole.

Tra i parametri che in un maggiore numero di campioni superano i limiti normativi spiccano le diossine e i furani (197 la Colonna A, 29 la Colonna B del D.M.471/99 e 202 il limite imposto dal D.M. 367/03), lo stagno con 185 campioni al di sopra del limite per i suoli residenziali e con solo 1 per quelli industriali, il berillio con 148 al di sopra della colonna A e il cadmio con 176 campioni superiori al D.M. 367/03., mentre analiti come l'arsenico, il cobalto, il selenio, i fluoruri e gli idrocarburi leggeri non oltrepassano nessuno dei limiti di accettabilità.

Dall'analisi dei dati ISTAT è emersa una forte antropizzazione in particolare della zona pianeggiante (piana del Sarno), della fascia costiera e dell'area che protende verso la provincia di Salerno, rispetto alla marginalità delle zone interne, che ha determinato uno sviluppo disomogeneo del territorio portando ad aree fortemente urbanizzate e industrializzate accanto ad aree marginali con presenza di nuclei sparsi.

Data la peculiarità del territorio infatti, l'economia di molti comuni tra cui quello di Scafati poggia essenzialmente sulle attività industriali inerenti la trasformazione di prodotti agricoli ed agro-alimentari: conservano un posto di primo piano le unità operanti nel settore della lavorazione a carattere stagionale (industria conserviera, dei tabacchi) e le altre industrie alimentari che utilizzano i prodotti diretti ed indiretti del suolo, come i pastifici e le casearie. Significativa è anche la presenza di un antico polo tessile, insediatosi in prevalenza lungo il fiume Sarno, e della zona industriale del comune di Solfara dove è localizzata la gran parte delle industrie conciarie, mentre le piccole lavorazioni legate all'industria dell'indotto sono presenti nei comuni limitrofi (Montoro Superiore e Montoro Inferiore) e in quelli dislocati in prossimità dell'Alto e Medio Sarno.

L'approccio metodologico proposto, pur presentando buone capacità di associazione e verifica dei diversi contaminanti alle particolari tipologie di attività antropiche, non rappresenta un modello universalmente valido, avendo riportato buoni risultati per il cromo, ma non altrettanto soddisfacenti per gli idrocarburi e i fluoruri.

Per l'inquinante cromo totale si è evidenziata, infatti, un'apprezzabile correlazione con la presenza delle industrie conciarie. Diversamente, per l'industria alimentare non è stato possibile associare uno specifico analita né è stato possibile stabilire una diretta associazione tra gli idrocarburi totali e l'industria metallurgica poiché tali contaminanti sono composti ubiquitari, tipici della presenza di attività antropiche e quindi forse meglio confrontabili con la distribuzione demografica piuttosto che con una specifica categoria industriale.

E' importante sottolineare sia la complessità del comparto ambientale costituito dai sedimenti, sottoposti a modalità di formazione e trasporto estremamente variabili, sia la specifica natura dei composti con i quali possono interagire: i PCB, ad esempio, possono essere trasportati anche per distanze molto lunghe tanto che la loro presenza spesso viene rilevata a distanze notevoli rispetto al luogo di produzione o utilizzo.

La difficoltà di associazione attività antropica - potenziale inquinate è legata principalmente al fatto che tali composti trovano impiego in numerosissimi campi dell'industria, a volte ottenuti come sottoprodotti di particolari lavorazioni e spesso ampiamente distribuiti in natura tanto da non far necessariamente ipotizzare una dipendenza dall'uomo. A titolo di esempio, infatti, a differenza del cromo, arsenico e berillio possono essere ricondotti ad un valore di fondo naturale.

La verifica dell'effettiva correlazione potrebbe realizzarsi sia mediante l'analisi approfondita dei processi industriali e della dinamica del potenziale inquinante nella specifica matrice ambientale, sia mediante il reperimento di maggiori informazioni di dettaglio come l'ubicazione delle industrie e degli scarichi industriali per approfondire lo studio a maggiore scala.

Si ritiene che questo sistema di indagine possa avere dei possibili sviluppi futuri per permettere un confronto sistematico tra analita e specifica industria.

## 9 BIBLIOGRAFIA

Prefetto delegato ex OPCM Sarno Ing. Fienga [13/07/99]: *Lista parametri per sedimenti Sarno. Comunicazione da Ing. Fienga a Prof. Rolle (MinAmb) riguardante i parametri da analizzare per la caratterizzazione dei sedimenti. Richiesta di parere riguardante un primo elenco di parametri*

Min.Amb. Prof. Rolle [15/07/99]: *Lista parametri per sedimenti Sarno. Comunicazione da Prof. Rolle (MinAmb) a Ing. Fienga riguardante i parametri da analizzare per la caratterizzazione dei sedimenti*

Prefetto delegato ex OPCM Sarno [19/07/99]: *Caratterizzazione di sedimenti prelevati dagli alvei della rete idrografica. Richiesta di effettuare le analisi dei 20 campioni di sedimento prelevati dall'ISMES durante il rilievo del reticolo idrografico*

ISMES [05/10/99]: *Attività di supporto allo studio idrologico-idraulico del bacino del F. Sarno: prelievo di campioni di sedimento (punto 3.5 delle Specifiche Tecniche: caratterizzazione granulometrica dei depositi in alveo). Lettera di consegna dei campioni da ISMES a Prefettura di Napoli*

Prefetto delegato ex OPCM Sarno. Romano [20/10/99]: *Caratterizzazione dei sedimenti prelevati dagli alvei della rete idrografica Fiume Sarno. Richiesta da parte di Prefettura di Napoli a Direttore ASL SA2 per effettuare le analisi dei sedimenti con oneri a carico della ASL*

ASL SA2 dr. Vincenzo D'Alessio [08/11/99]: *Classificazione dei sedimenti prelevati dagli alvei della rete idrografica Fiume Sarno. Richiesta da parte del Direttore ASL SA2 a Prefettura di Napoli per risarcimento oneri finanziari relativi alle analisi dei sedimenti*

Prefetto Delegato ex OPCM Sarno. Romano [18/11/99]: *Caratterizzazione di sedimenti prelevati dagli alvei della rete idrografica del fiume - Autorizzazione ad effettuare le analisi inviata da Prefettura a ASL SA2*

A.S.L. Salerno 2 [09/12/99]: *Caratterizzazione di sedimenti prelevati dagli alvei della rete idrografica del fiume - 5 certificati analitici di campioni prelevati da ISMES. Analisi effettuate da A.S.L. Salerno 2*

A.S.L. Salerno 2 [11/02/00]: *Caratterizzazione di sedimenti prelevati dagli alvei della rete idrografica del fiume - 15 certificati analitici. Analisi effettuate da A.S.L. Salerno 2*

A.S.L. Salerno 2 [23/02/00]: *Caratterizzazione di sedimenti prelevati dagli alvei della rete idrografica del fiume - Certificati analitici ASL Salerno 2 - Metalli su 20 campioni*

ARPAC [giugno 2001]: *Analisi e classificazione dei sedimenti del tratto finale del Fiume Sarno*

SOGIN [20/11/01]: *Bonifica del Fiume Sarno*



R.T.I. Enel.Hydro, TSA, STCV, STIPE, CAMI, TEI [03/12/01]: *Piano Stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico: Relazione di sintesi inerente i risultati dell'analisi granulometrica di campioni di sedimenti estratti dall'alveo*

ICRAM [aprile 03]: *Risultati della caratterizzazione ambientale dei sedimenti provenienti dagli alvei dei canali del Comune di Scafati*

Enel.Hydro [17/04/03]: *Lettera di trasmissione di una copia preliminare del Progetto dell'intervento pilota sperimentale di pulizia del tratto iniziale del canale Frenga - inviata da P. Imperiali (Enel.Hydro) a Ing. Fienga*

Task Force Regionale - Regione Campania, ARPAC, Enel.Hydro [?] *Progetto Emergenza Sarno*

Celico P.B., Saturnino A [?]: *Territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Regionale del Fiume Sarno: risultati degli studi preliminari; programma degli studi, indagini e monitoraggio per la conoscenza e la verifica dello stato quantitativo e qualitativo delle acque sotterranee; definizione della priorità degli interventi; obiettivi del piano di tutela delle acque*

De Vivi B., Lima A., Albanese S., Cicchella D.[2003]: *Atlante geochimica-ambientale della regione campania*

APAT [marzo 2005]: *Interventi ed attività specialistiche relative all'emergenza diossinanel territorio della Regione Campania-Rapporto preliminare sulla matrice sedimenti*

## Siti Internet

ISTAT: <http://demo.istat.it/strasa2005/index.html>

ATECO: <http://www.istat.it/strumenti/definizioni/ateco/>

Regione Campania: <http://www.sito.regione.campania.it/territorio/regionecampania.htm>

ARPAC sezione idrologia: [http://www.arpacampania.it/at\\_cont\\_sezione.asp?id\\_sez=1](http://www.arpacampania.it/at_cont_sezione.asp?id_sez=1)

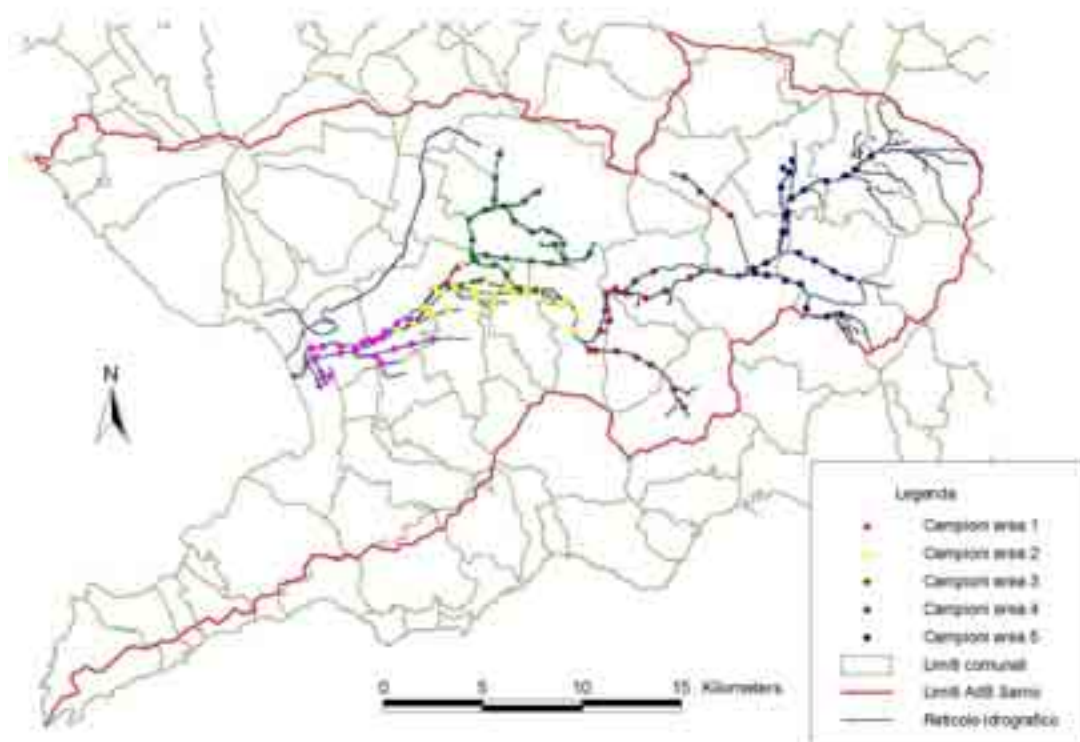
Camera di commercio campania:

<http://www.camera.it/dati/leg14/lavori/stenbic/39/2006/0110/s020.htm>

APAT: <http://www.apat.it>

**TAVOLE FUORI TESTO**

**TAVOLA 1 CARTA DELLA UBICAZIONE DEI CAMPIONI DI SEDIMENTO**



**TAVOLA 2 Carta della distribuzione di concentrazione del Carbonio Organico Totale**

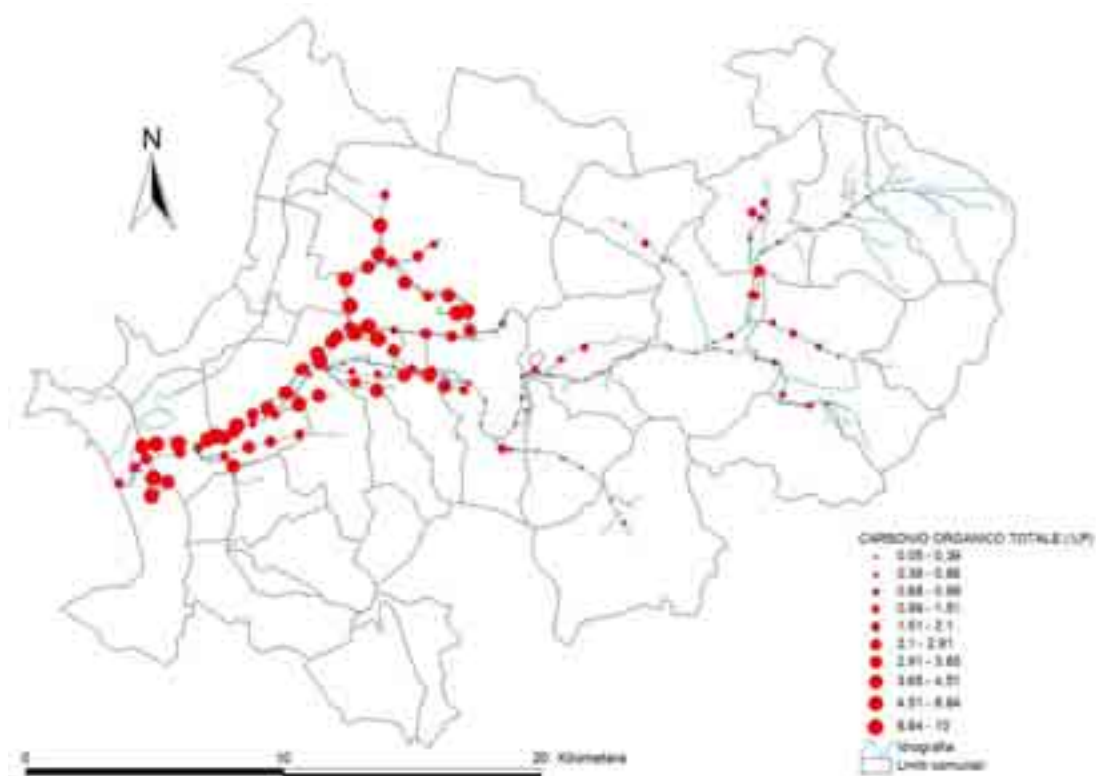


TAVOLA 3    Carta della distribuzione di concentrazione dell’Antimonio

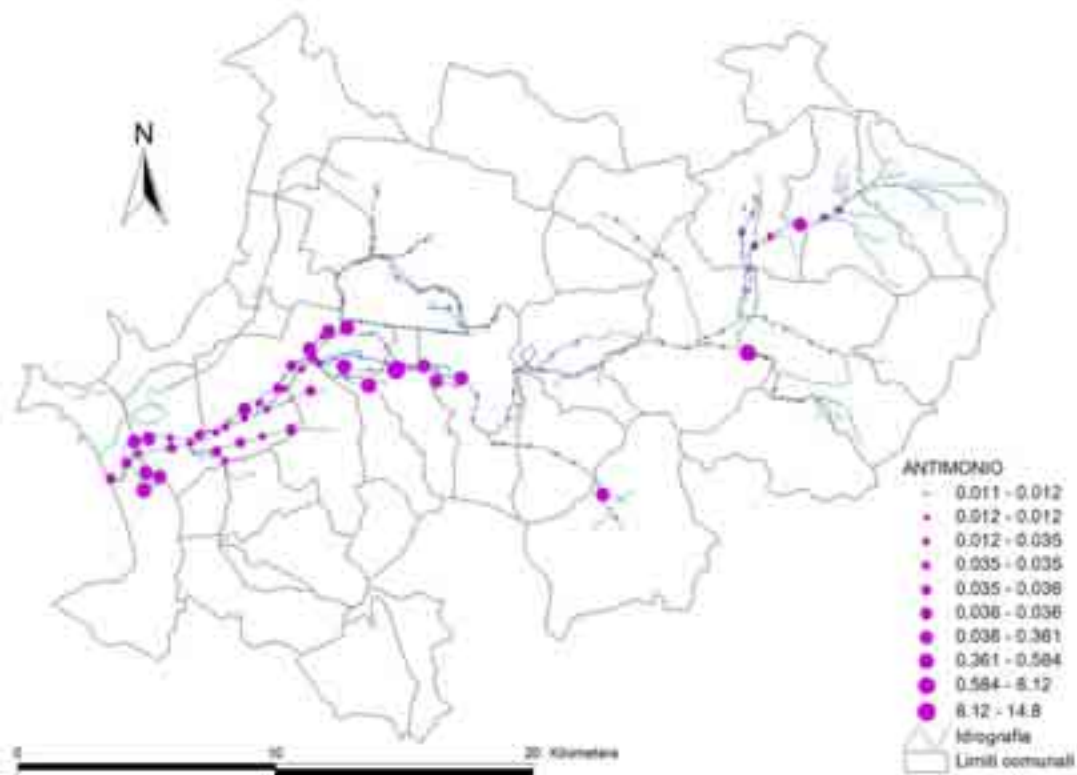


TAVOLA 4    Carta della distribuzione della concentrazione di Arsenico

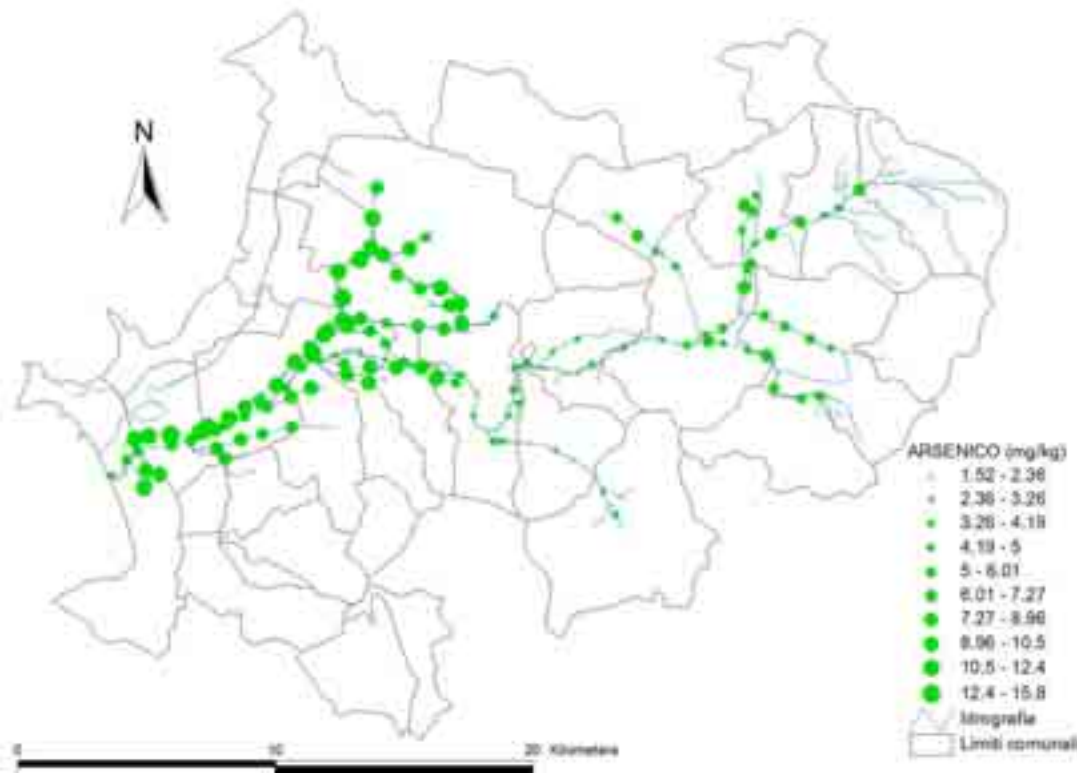


TAVOLA 5    Carta della distribuzione di concentrazione di Berillio

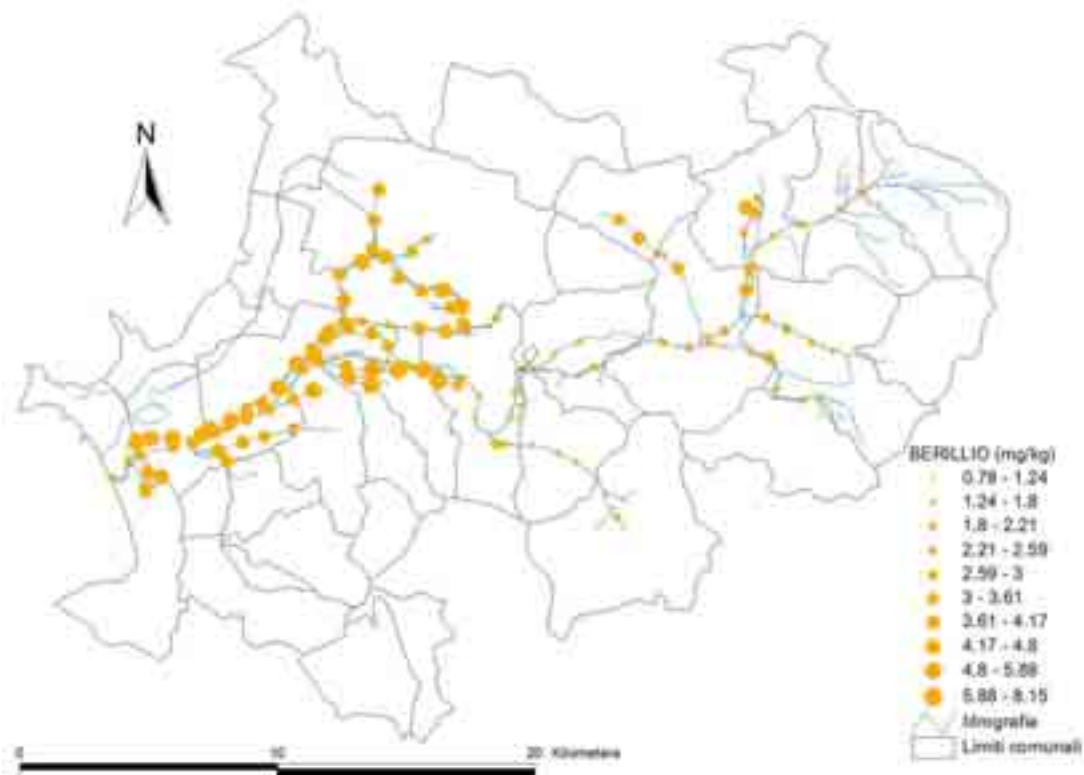


TAVOLA 6    Carta della distribuzione di concentrazione di Cadmio

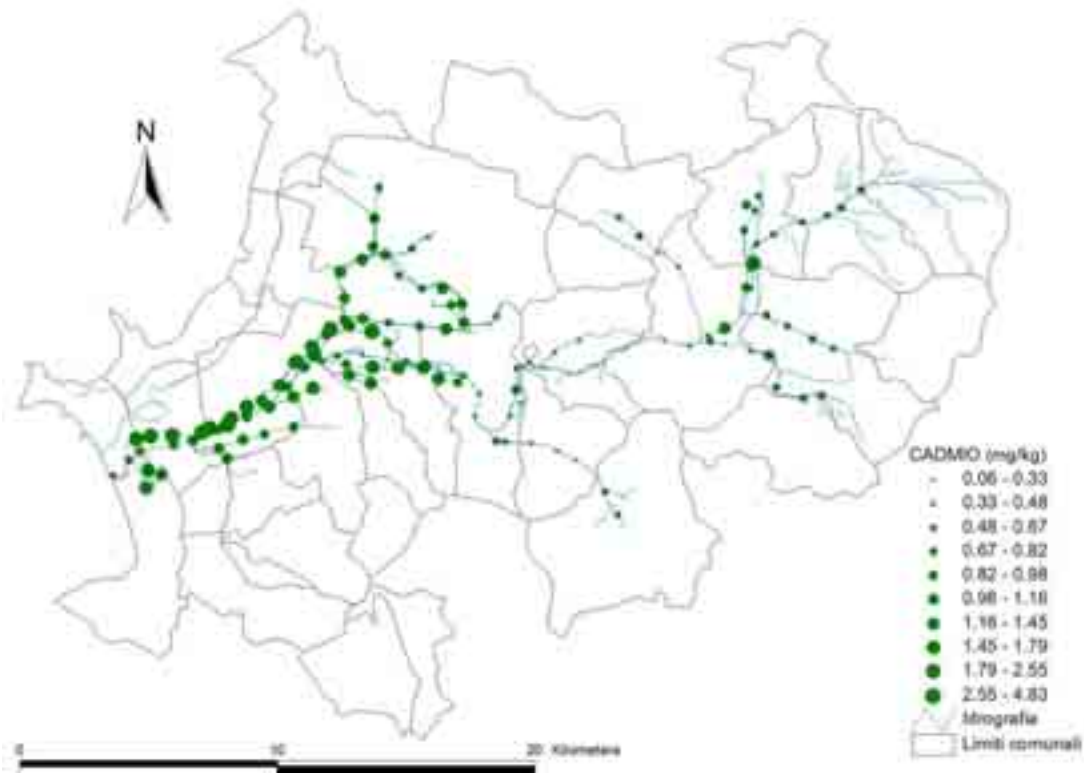


TAVOLA 7    Carta della distribuzione di concentrazione di Cobalto

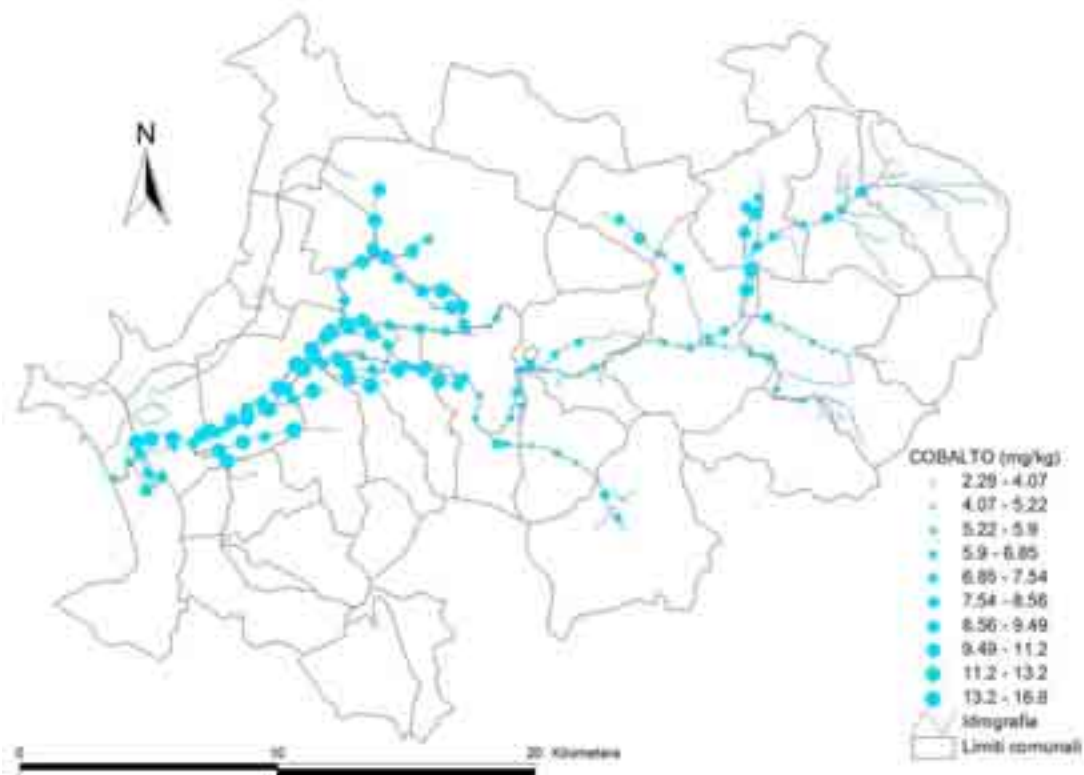


TAVOLA 8    carta della distribuzione di concentrazione di Cromo Totale

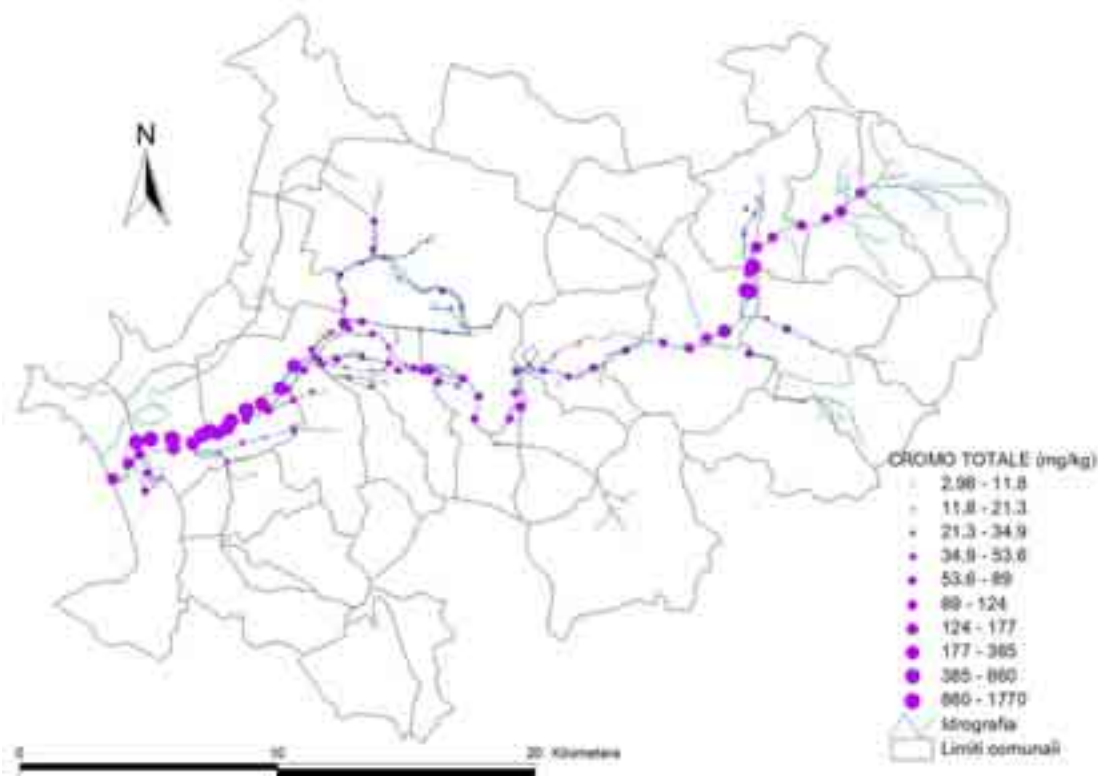




TAVOLA 9 Carta della distribuzione di distribuzione di Cromo VI

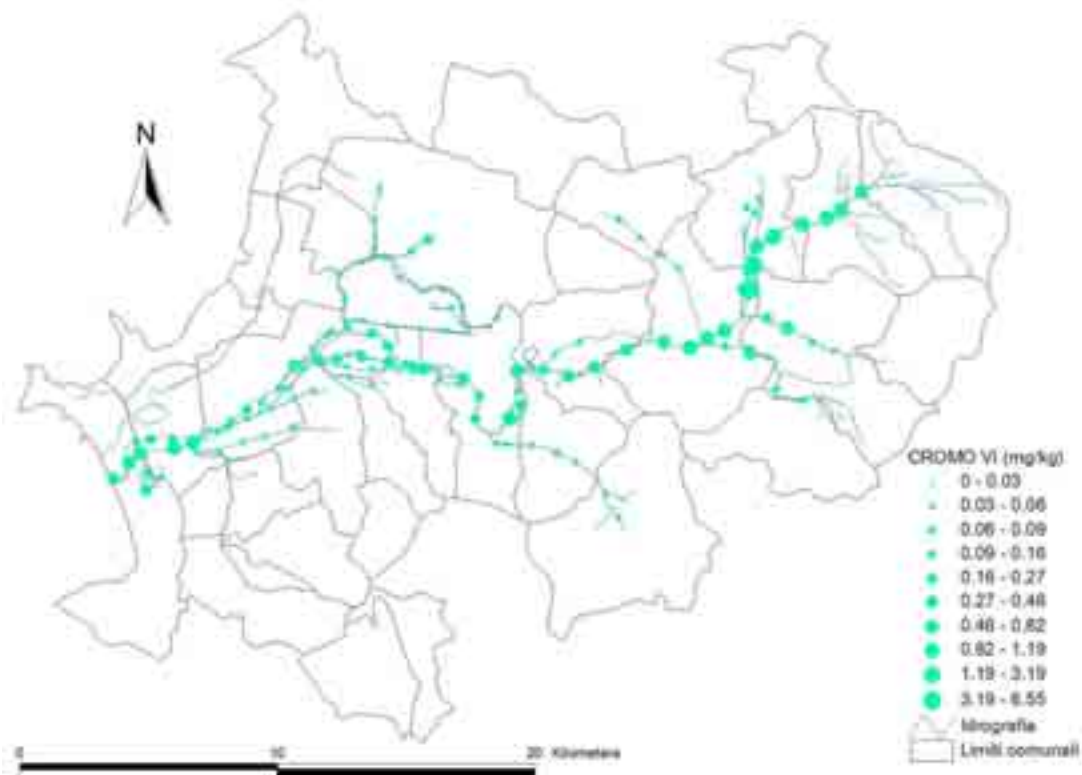


TAVOLA 10 Carta della distribuzione di concentrazione di Mercurio

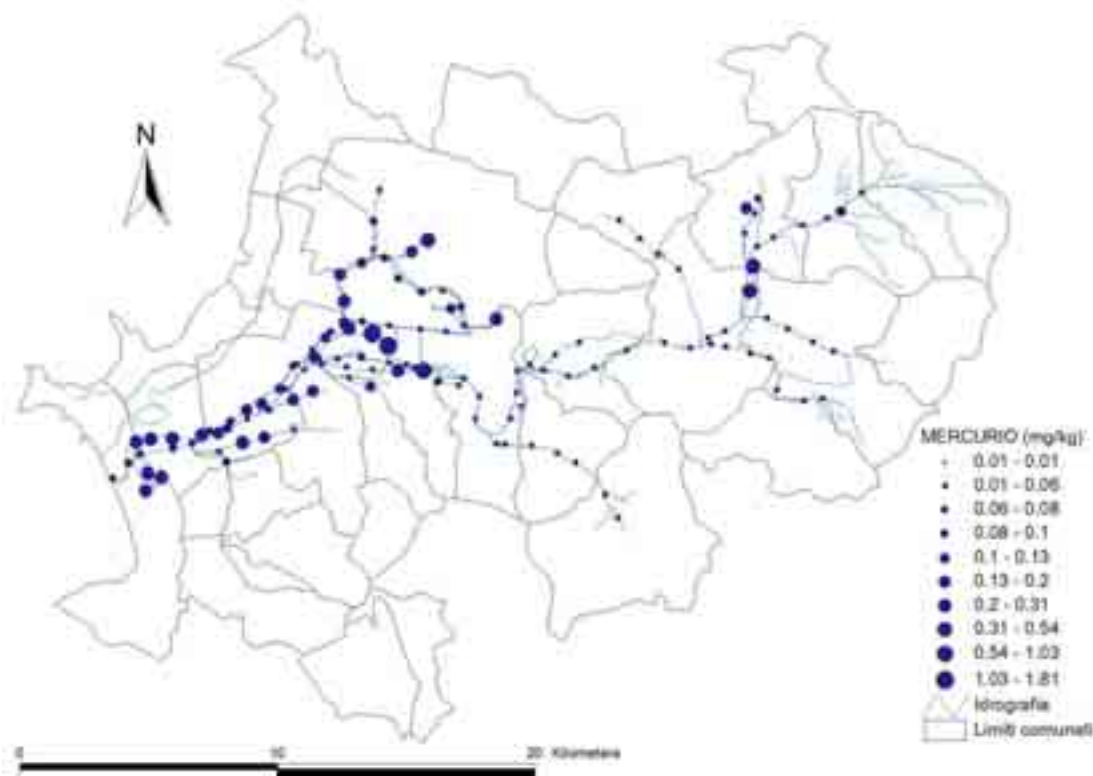


TAVOLA 11 Carta della distribuzione di concentrazione di Nichel

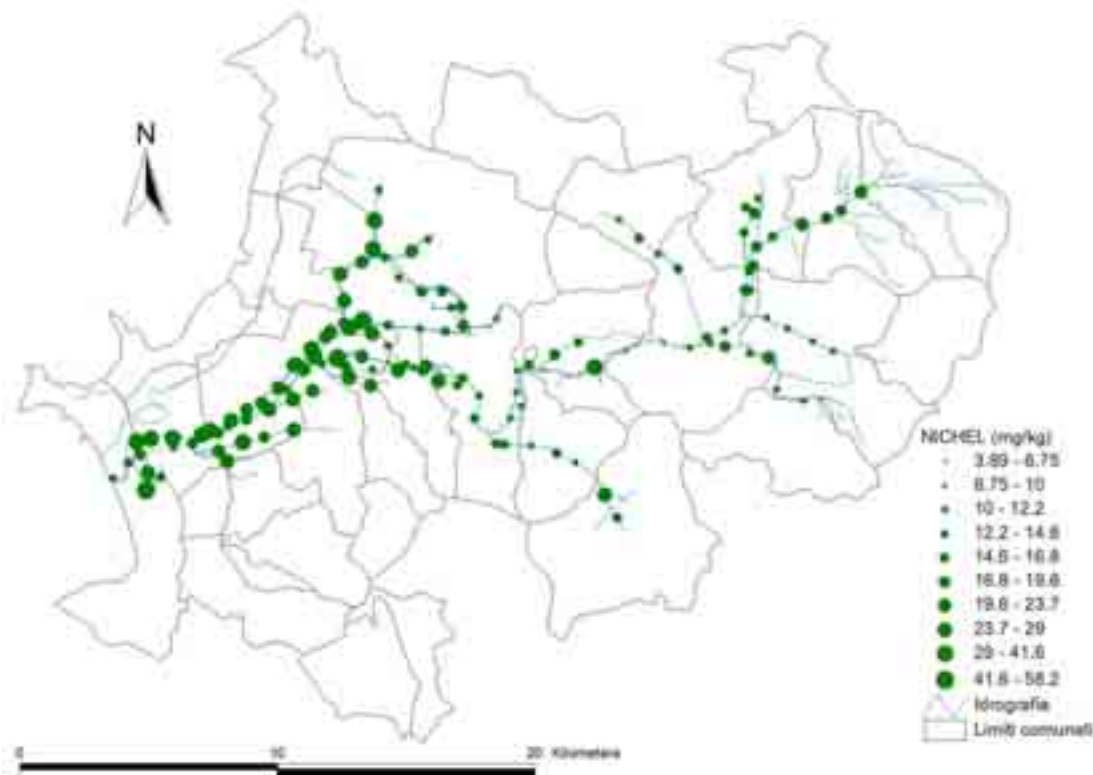


TAVOLA 12 Carta della distribuzione di concentrazione di Piombo

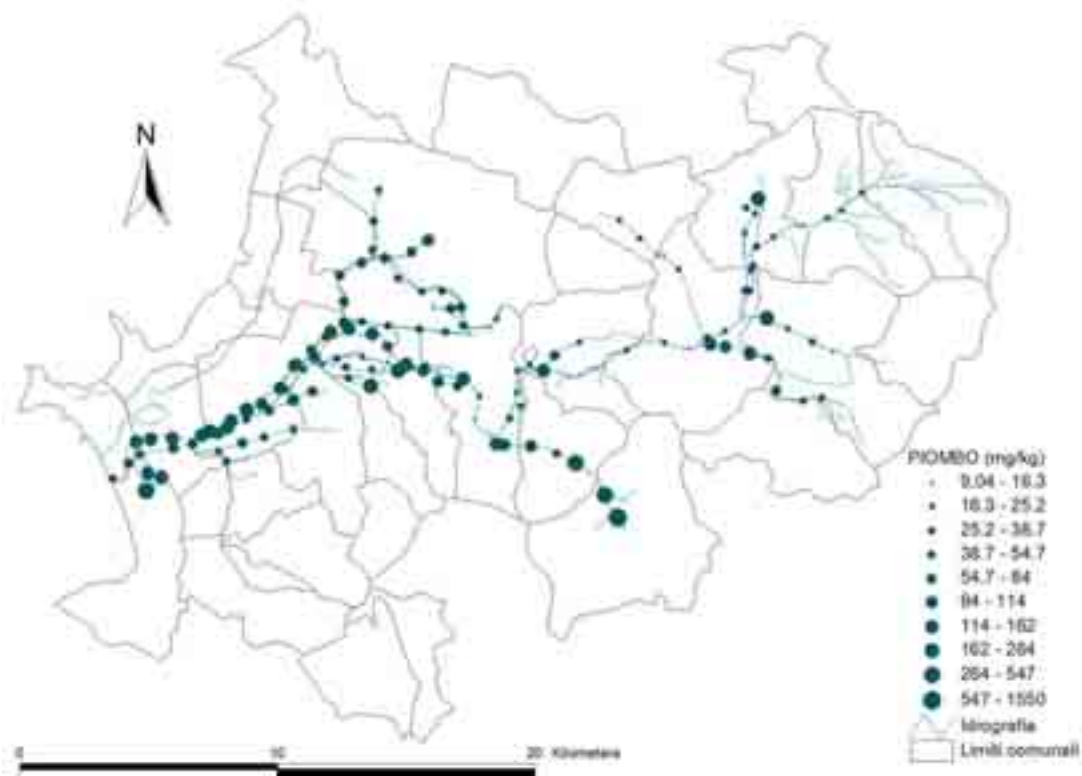




TAVOLA 13 Carta della distribuzione di concentrazione di Rame

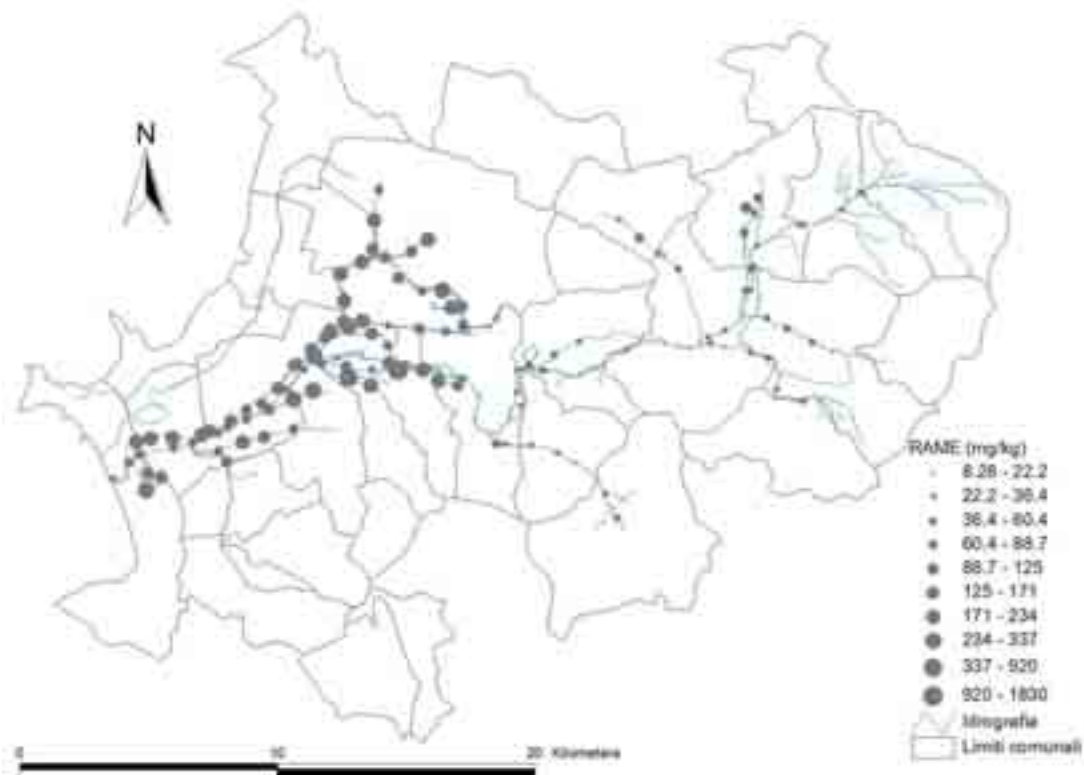


TAVOLA 14 Carta della distribuzione di concentrazione di Selenio

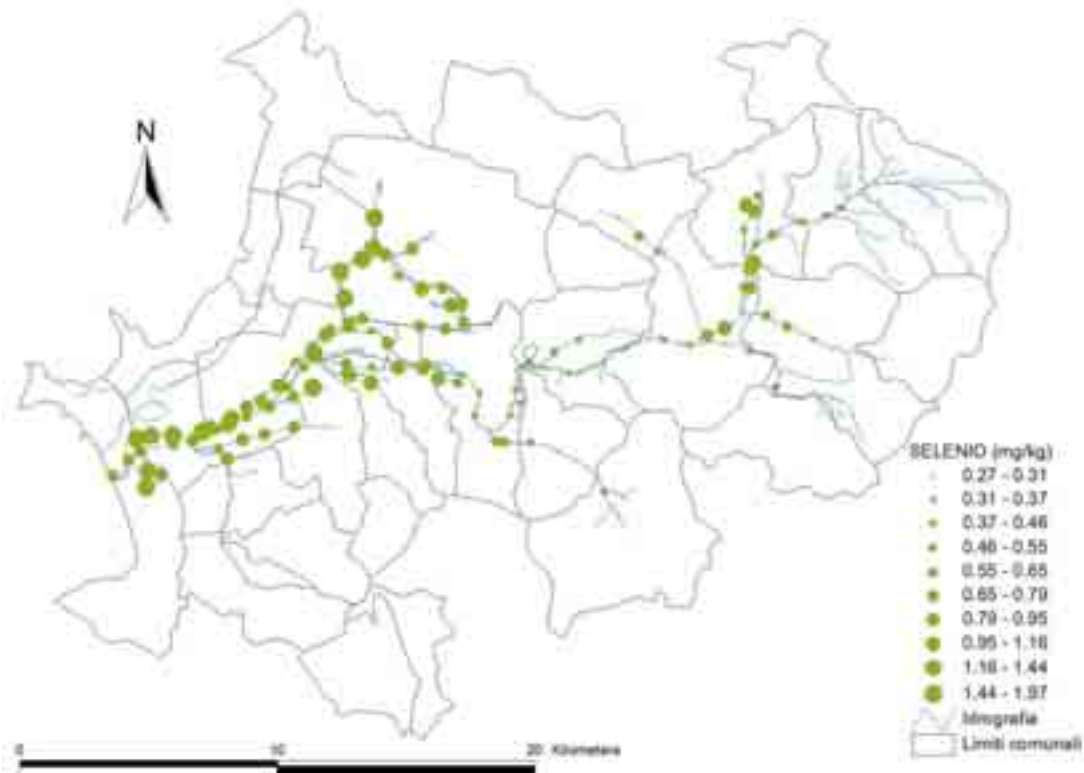


TAVOLA 15 Carta della distribuzione di concentrazione di Stagno

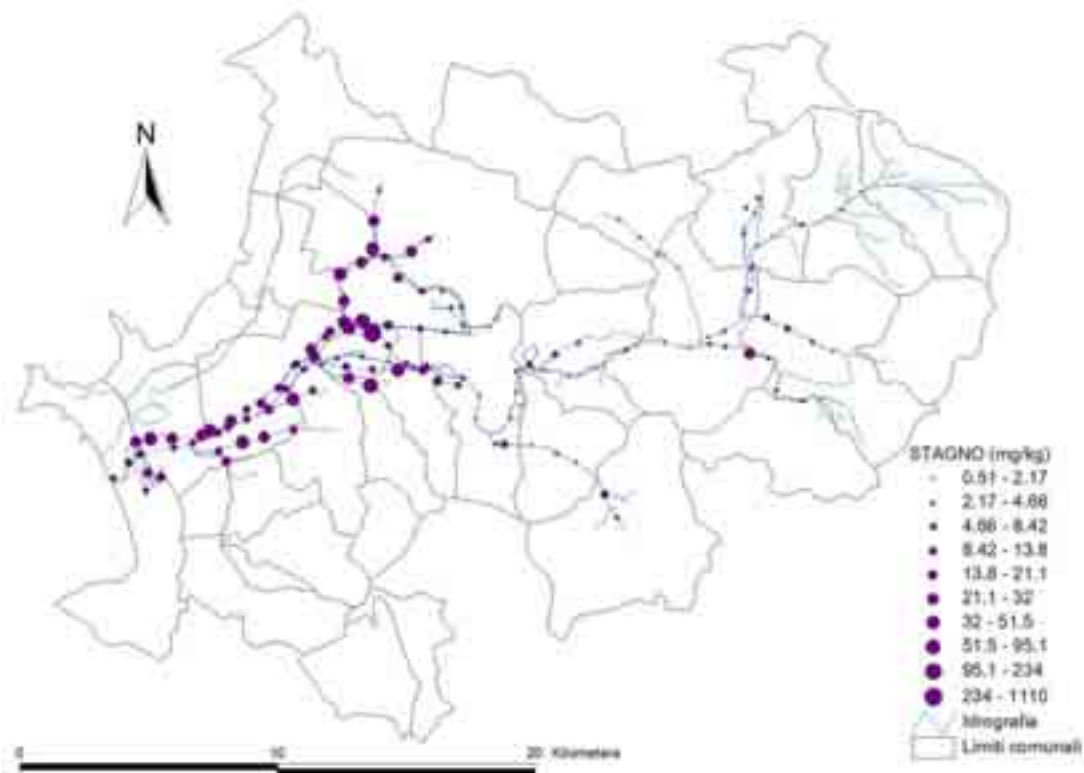


TAVOLA 16 Carta della distribuzione di concentrazione di Tallio

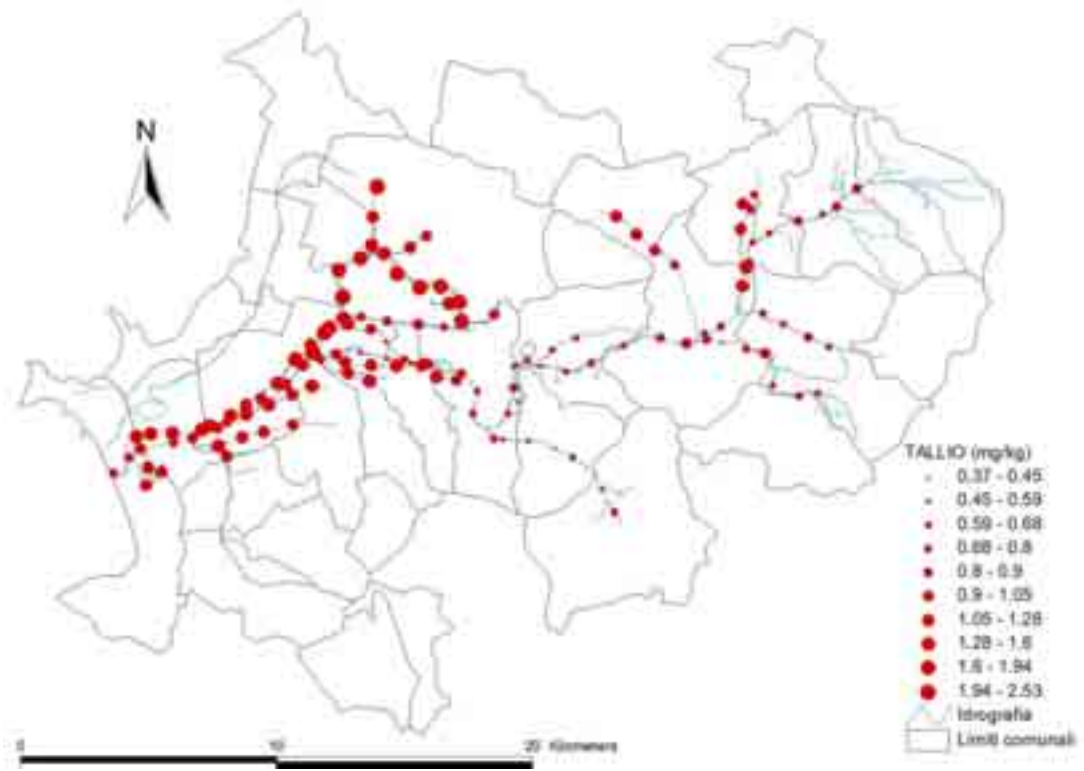


TAVOLA 17 Carta della distribuzione di concentrazione di Vanadio

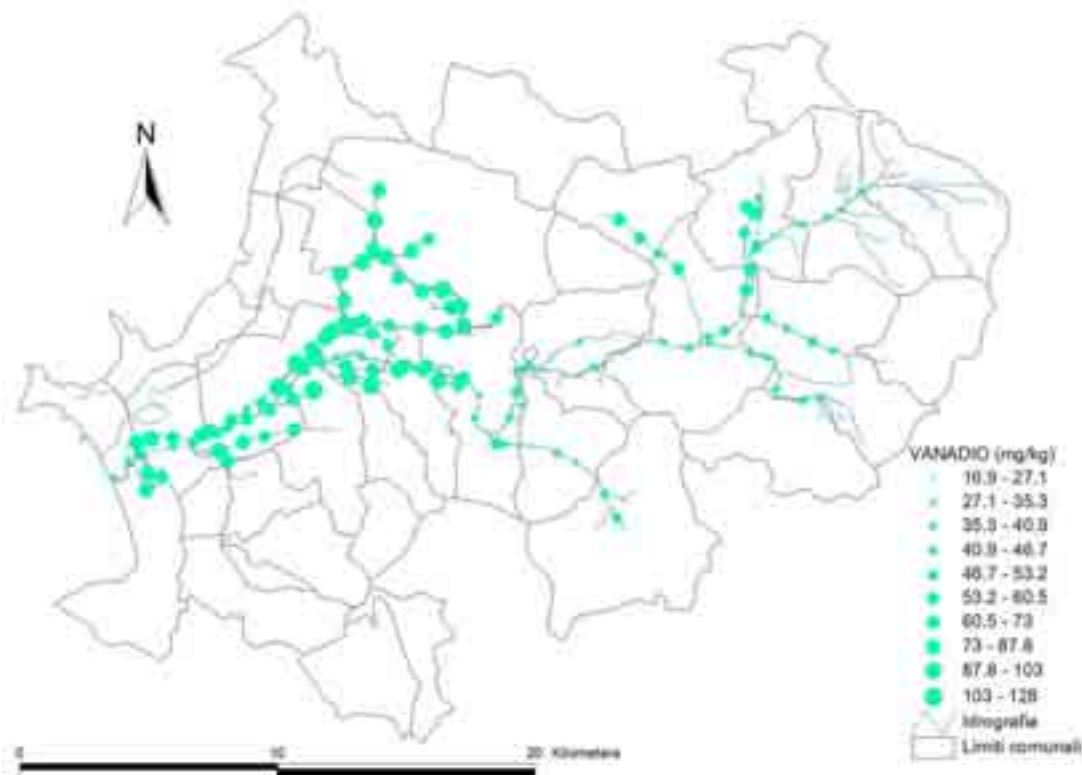


TAVOLA 18 Carta della distribuzione di concentrazione di Zinco

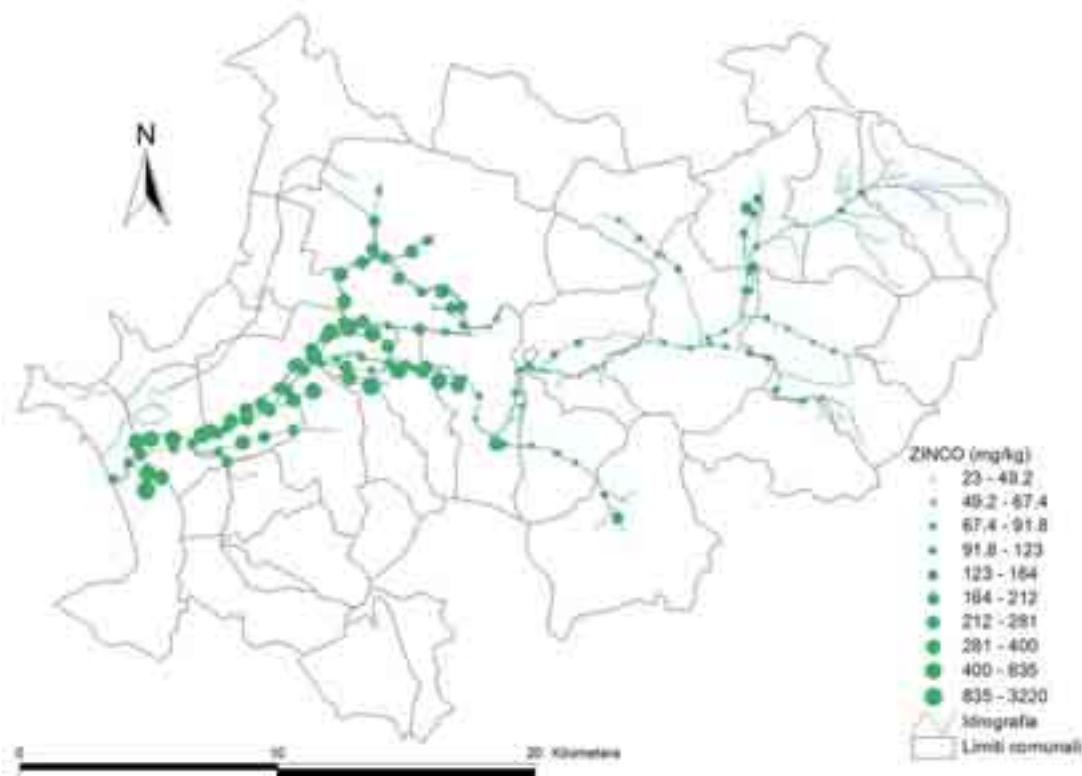


TAVOLA 19 Carta della distribuzione di concentrazione di Cianuri Liberi

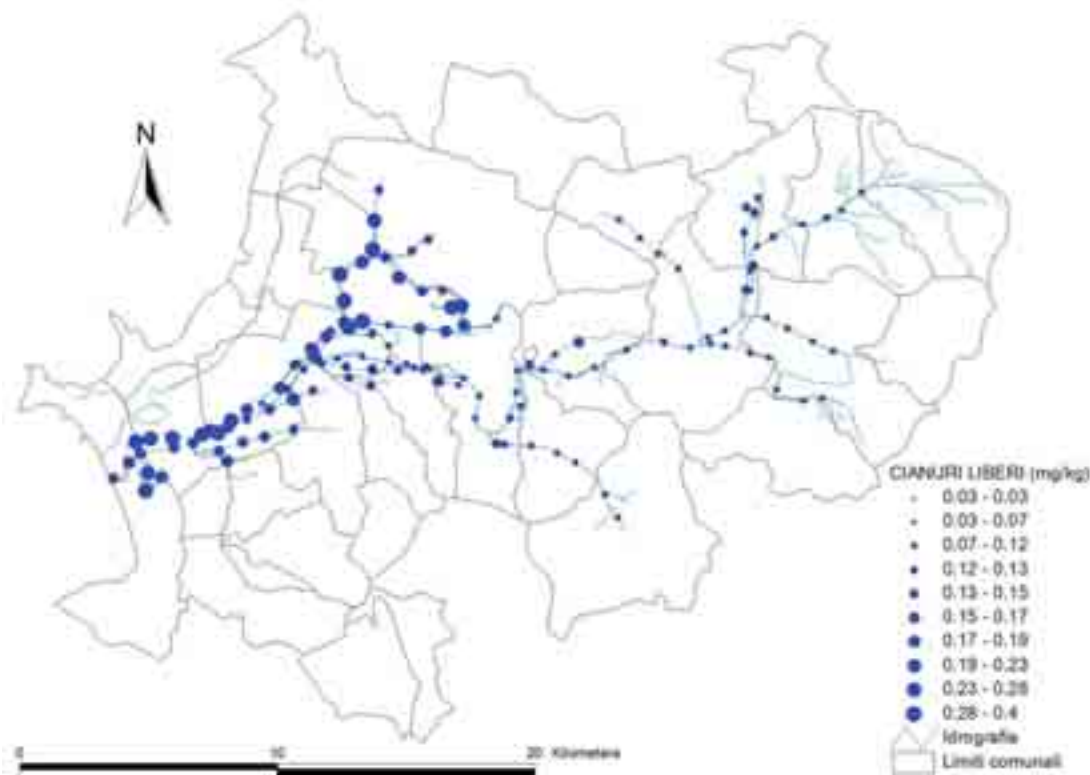


TAVOLA 20 Carta della distribuzione di concentrazione di Fluoruri

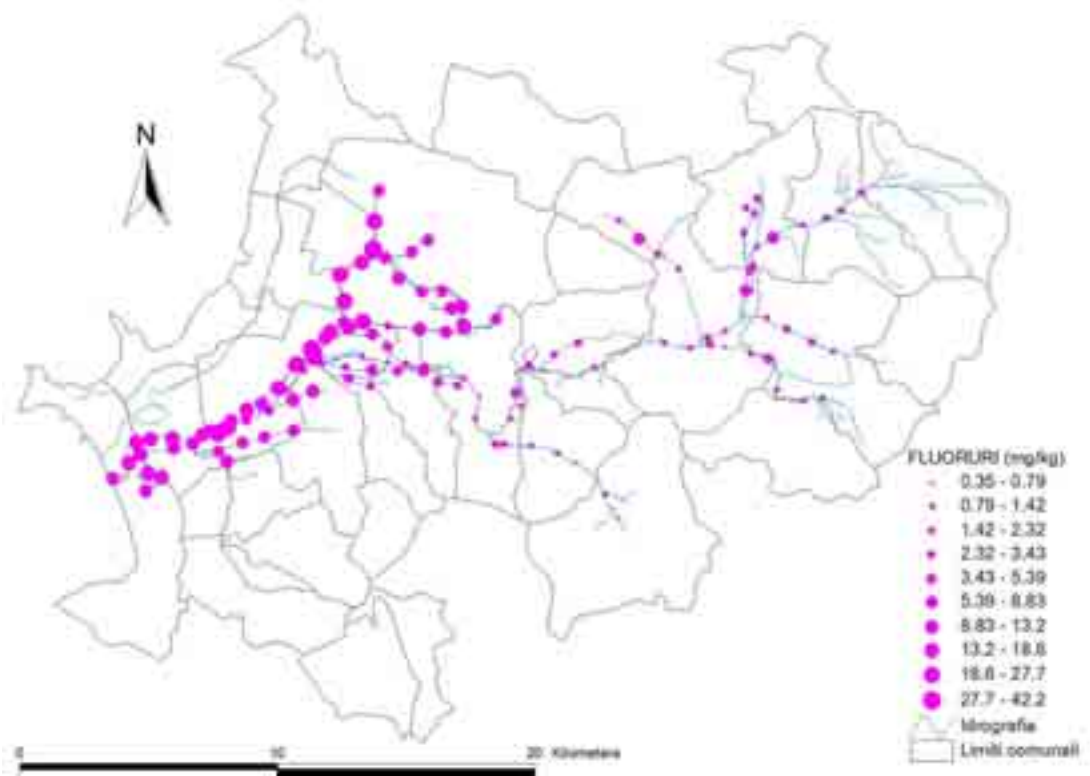


TAVOLA 21 Carta della distribuzione di concentrazione di Idrocarburi Leggeri

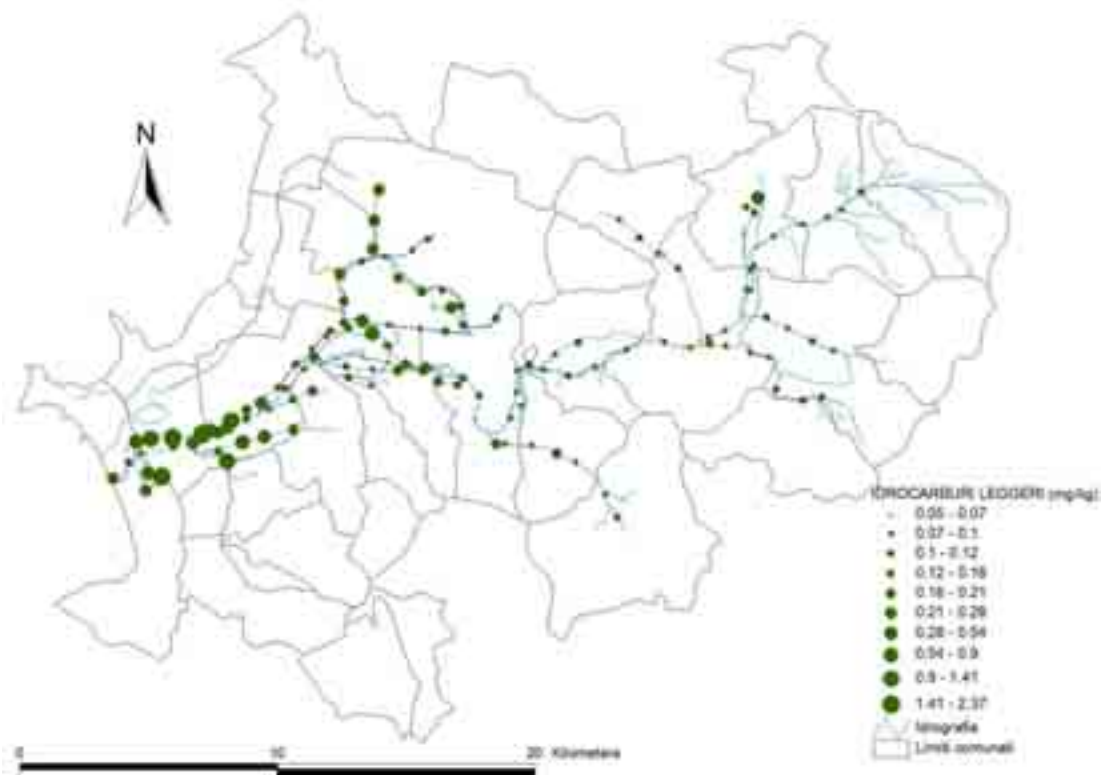


TAVOLA 22 Carta della distribuzione di concentrazione di Idrocarburi Pesanti

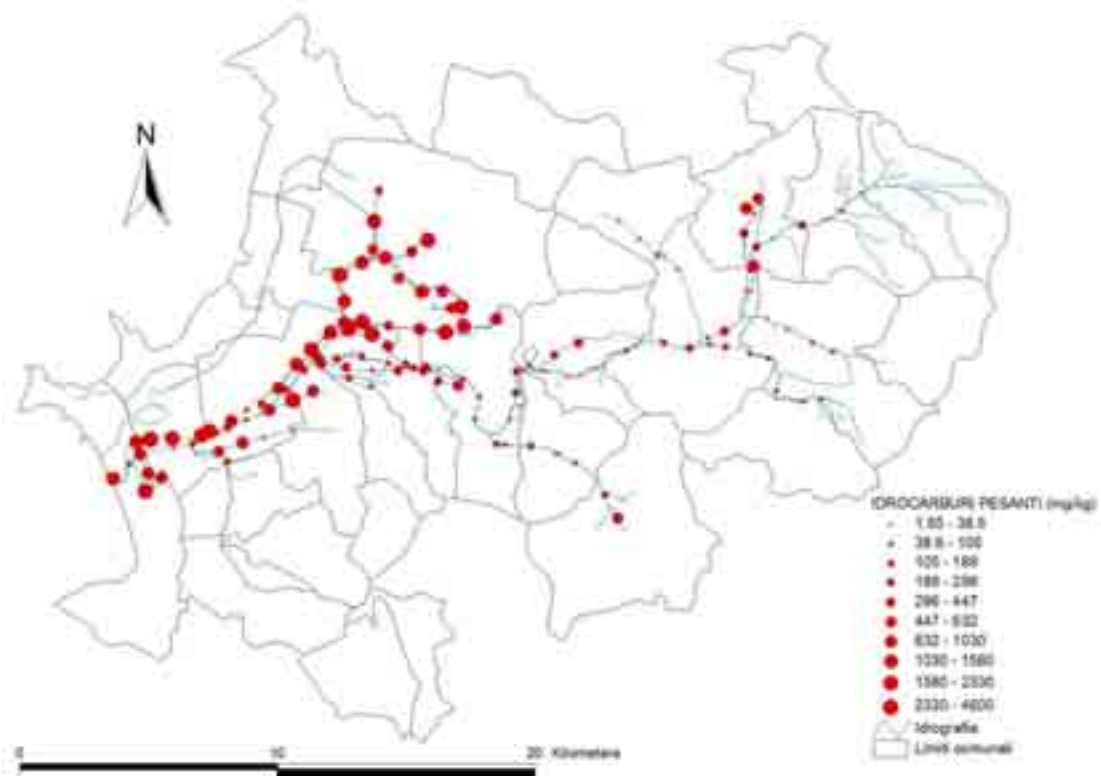




TAVOLA 23 Carta della distribuzione di concentrazione di PCB

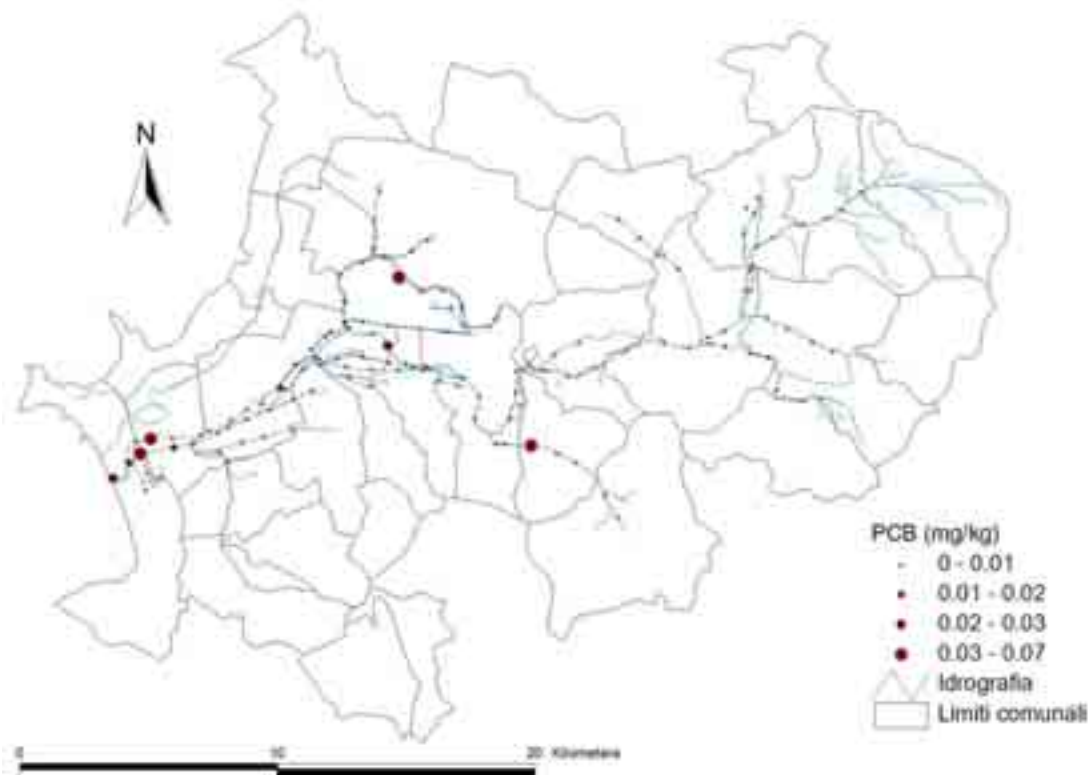
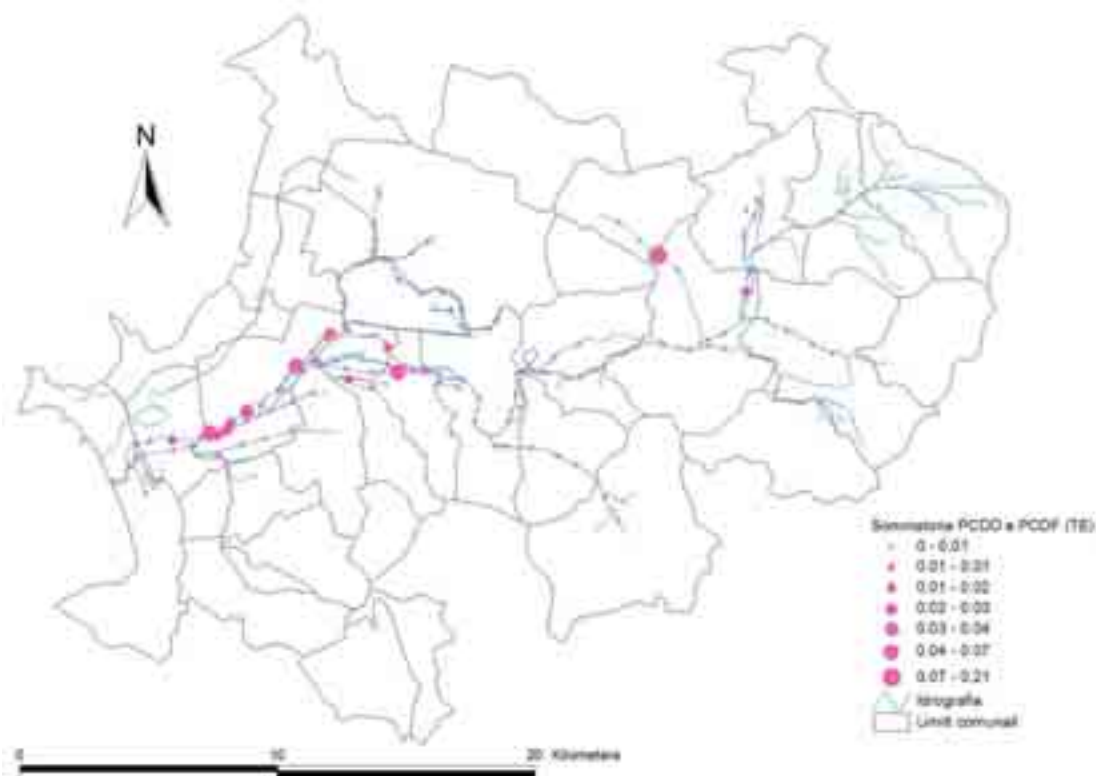


TAVOLA 24 Carta della distribuzione di concentrazione della sommatoria PCDD e PCDF



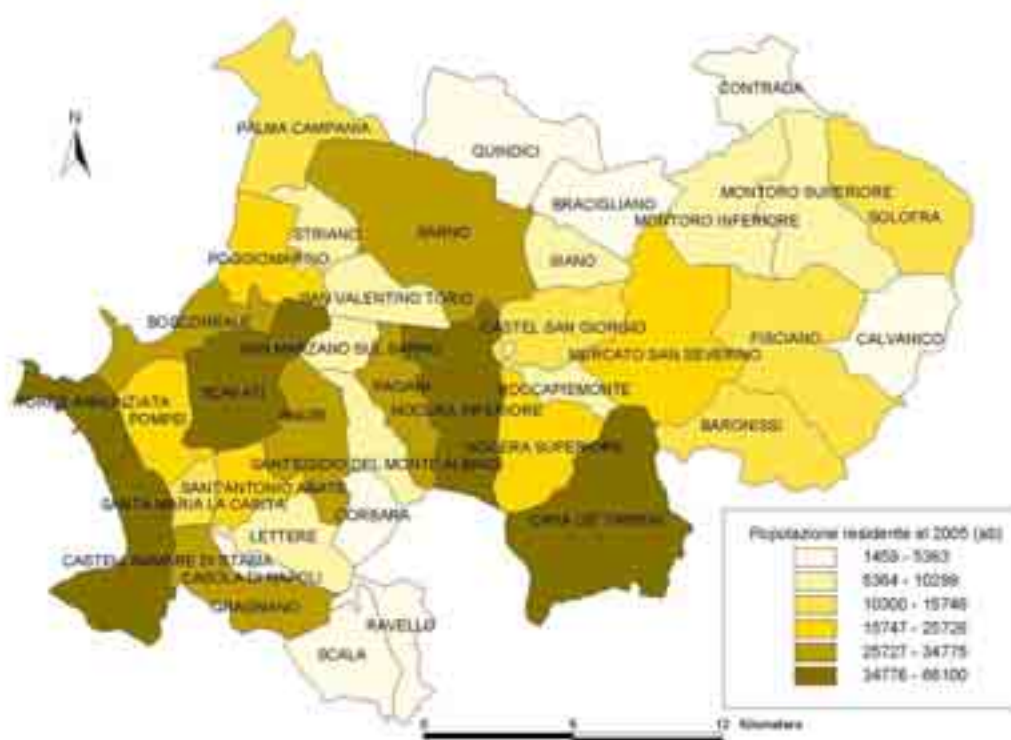
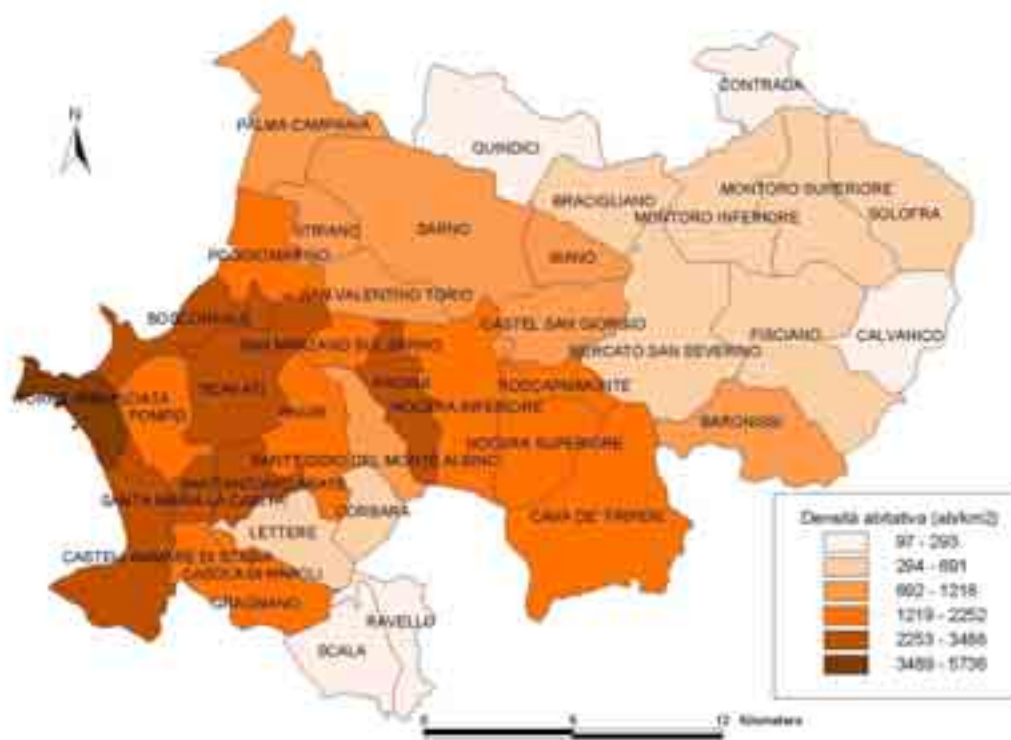
**TAVOLA 25** Carta della distribuzione della popolazione residente**TAVOLA 26** Carta della distribuzione della densità abitativa

TAVOLA 27 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria A

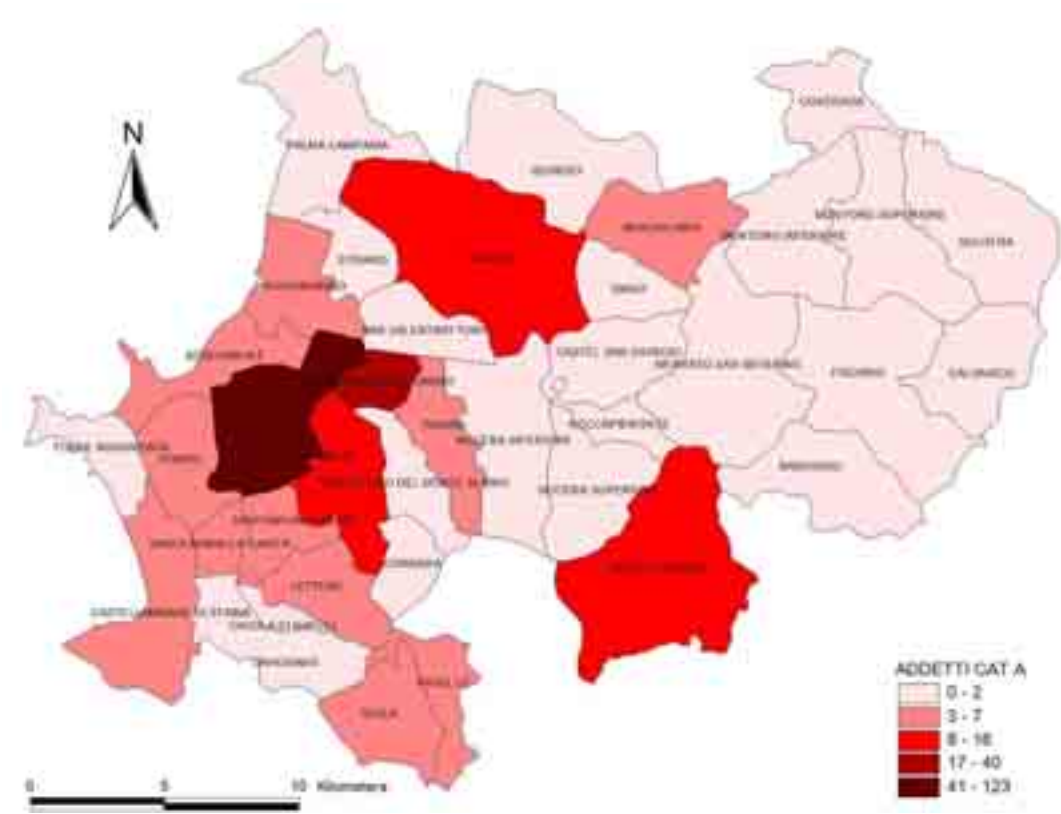


TAVOLA 28 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria B





TAVOLA 29 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria CB



TAVOLA 30 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DA

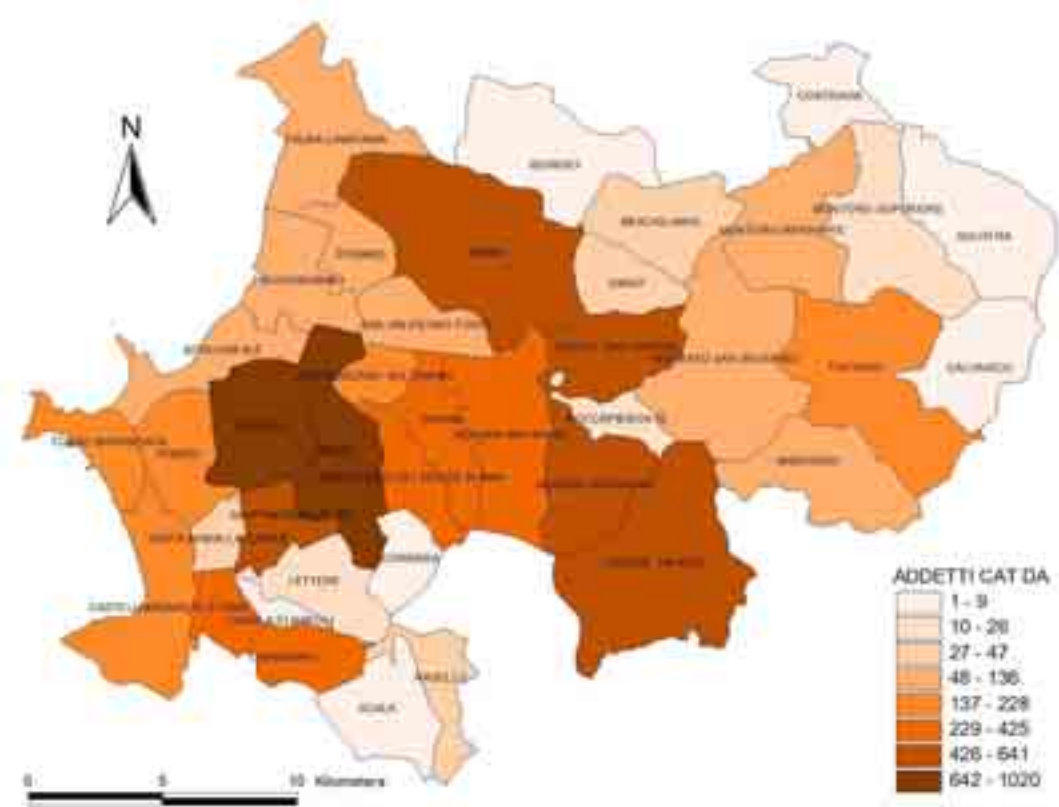


TAVOLA 31 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DB

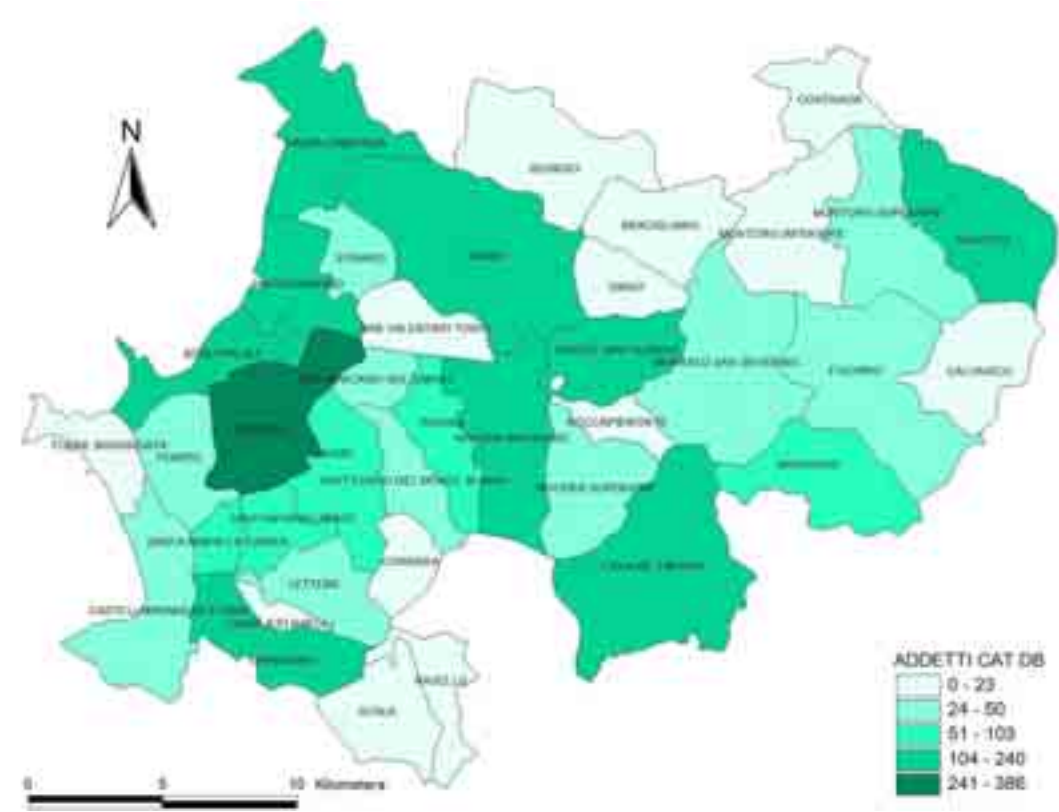
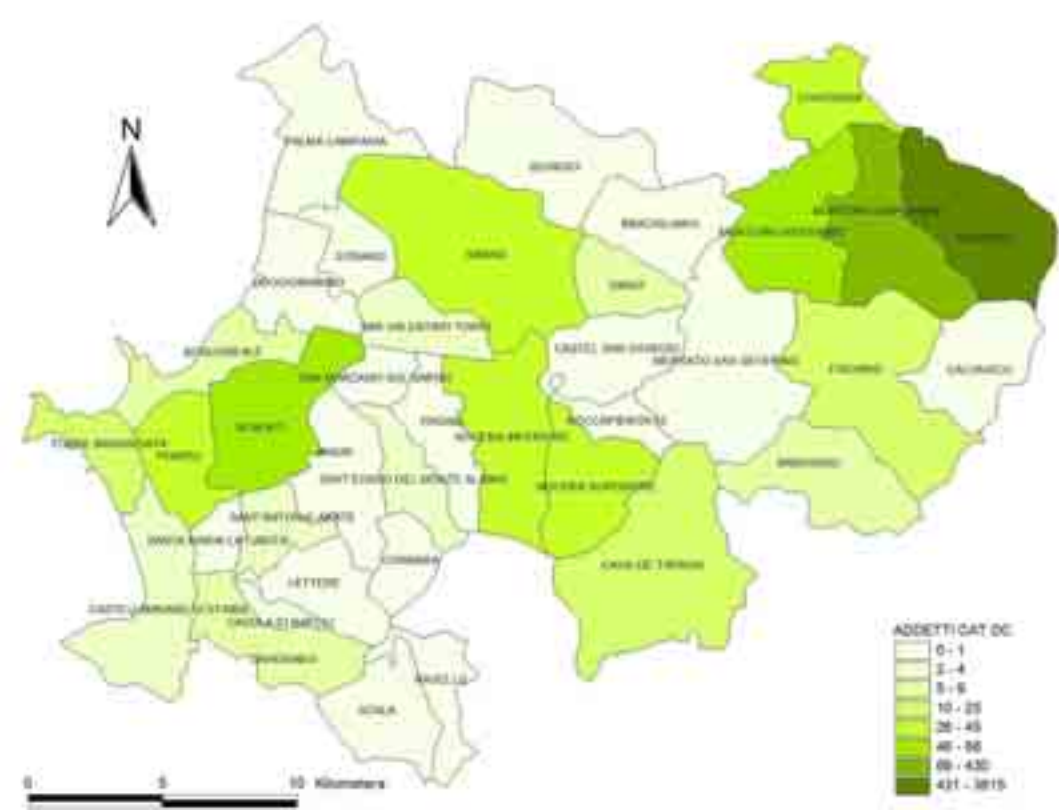
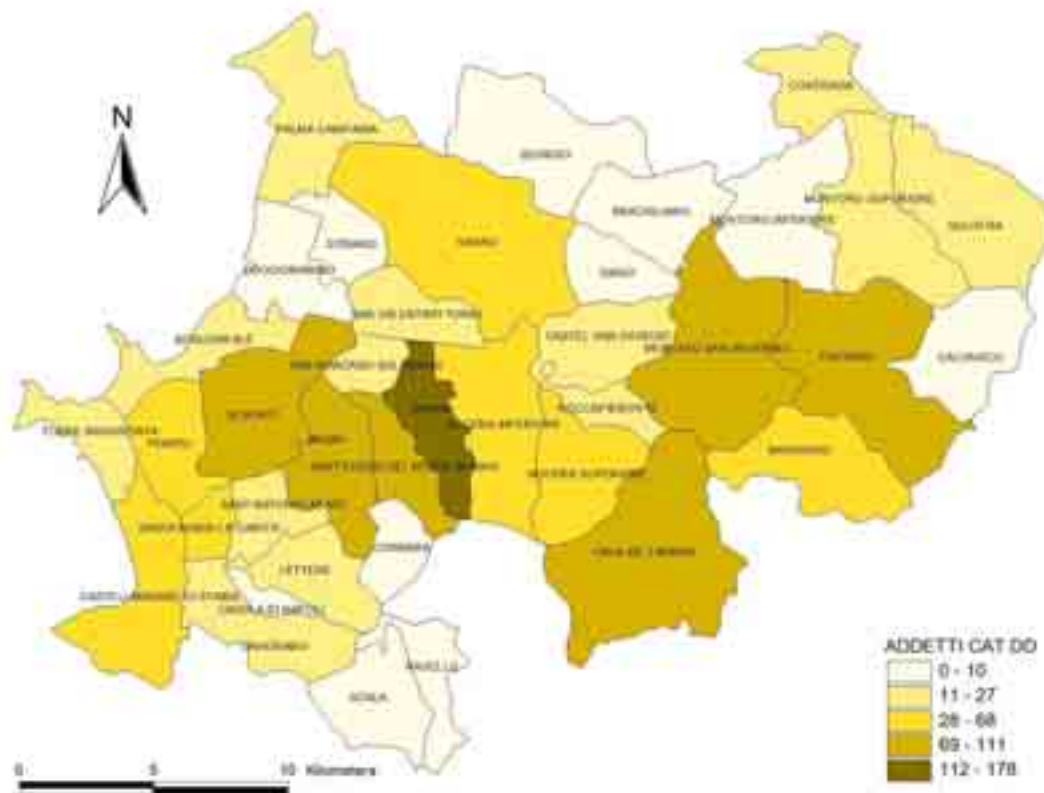


TAVOLA 32 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DC



**TAVOLA 33 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DD**

**TAVOLA 34 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DE**

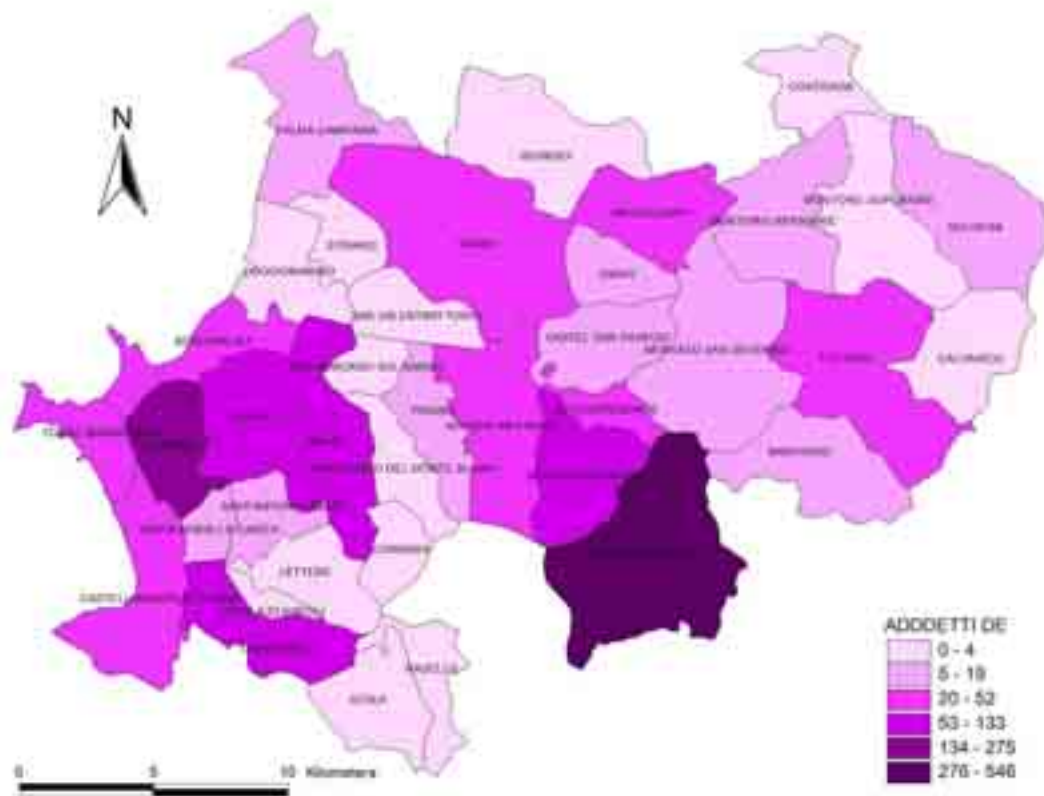


TAVOLA 35 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DF

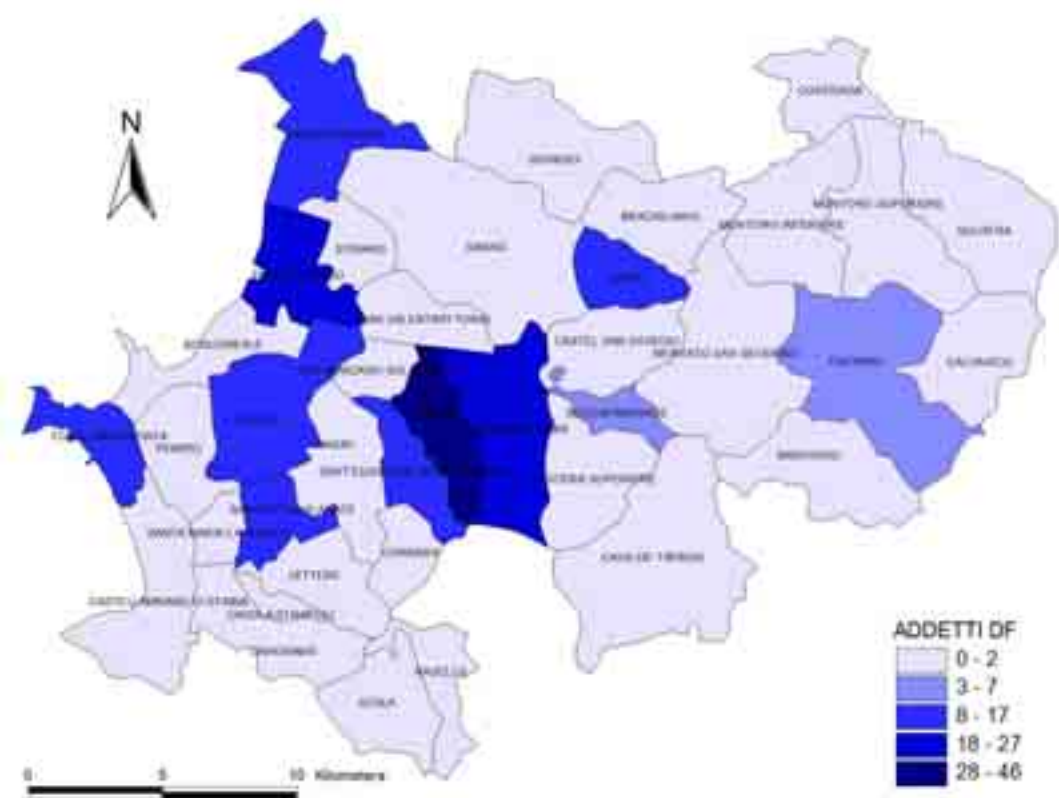


TAVOLA 36 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DG

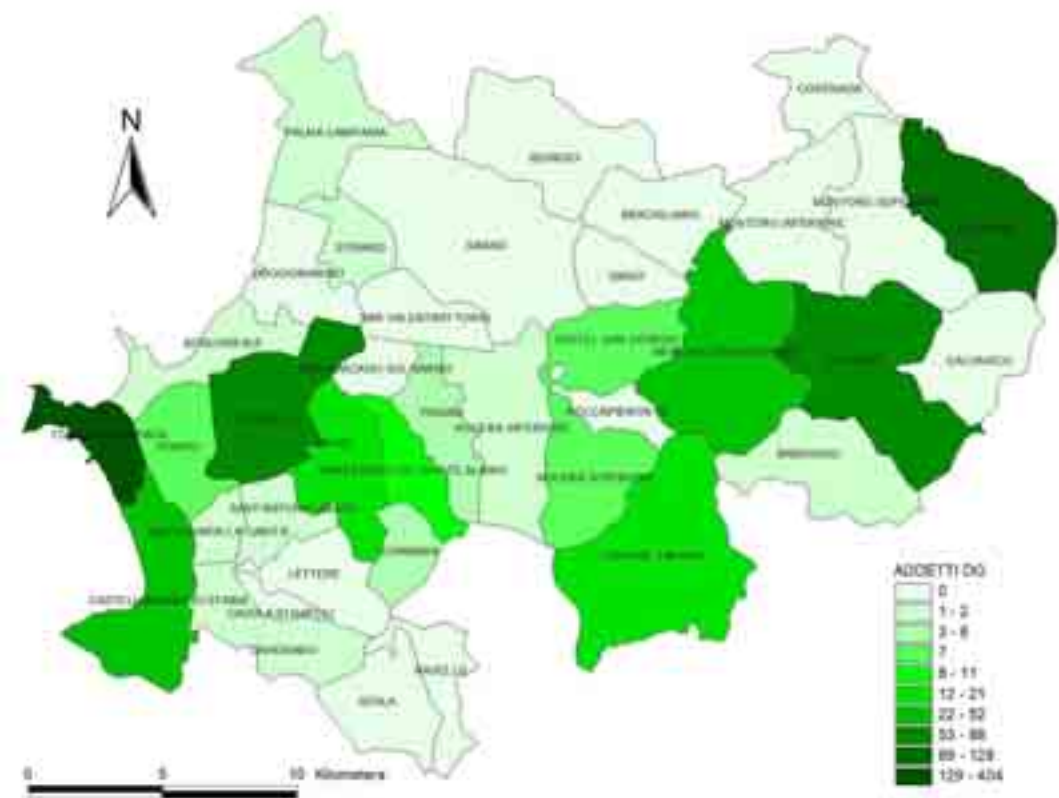




TAVOLA 37 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DH

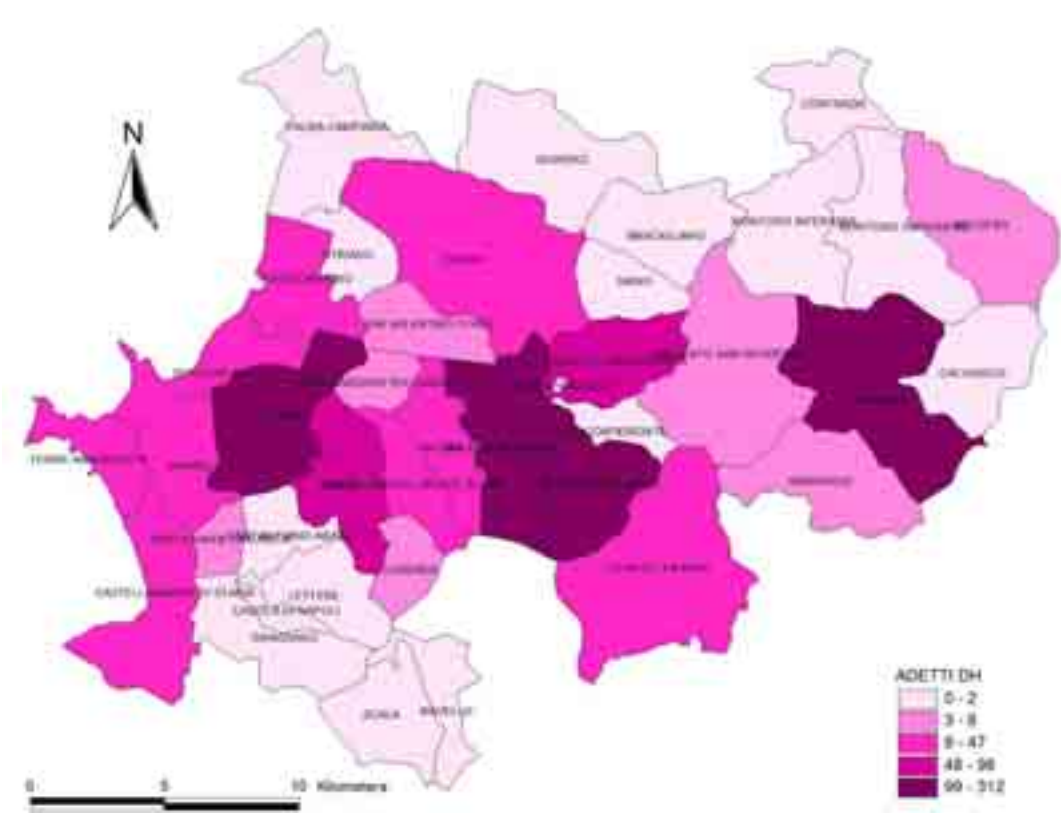


TAVOLA 38 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DI

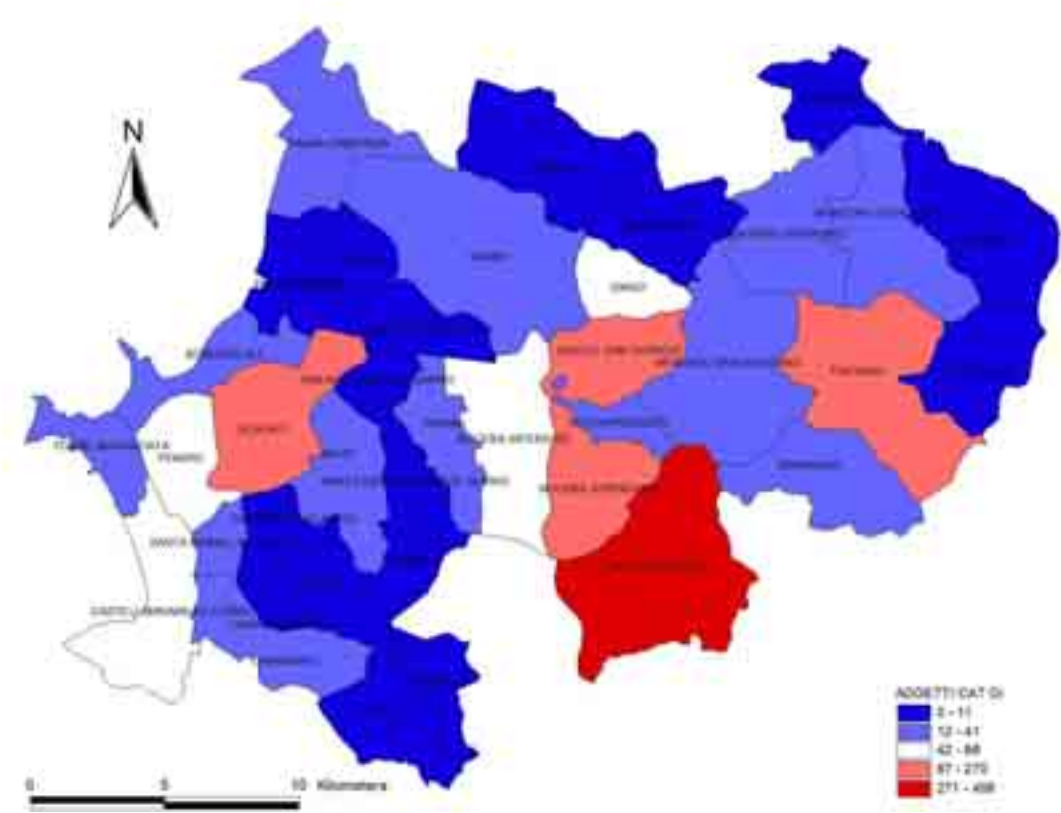


TAVOLA 39 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DJ

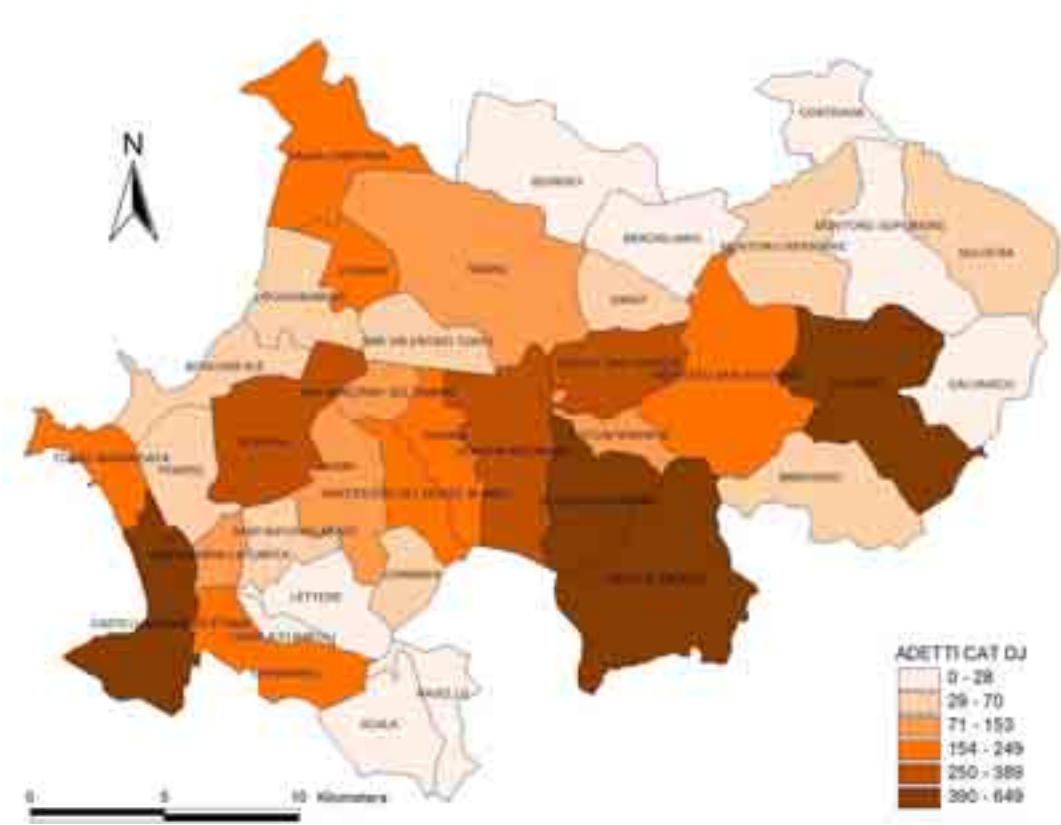


TAVOLA 40 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DK

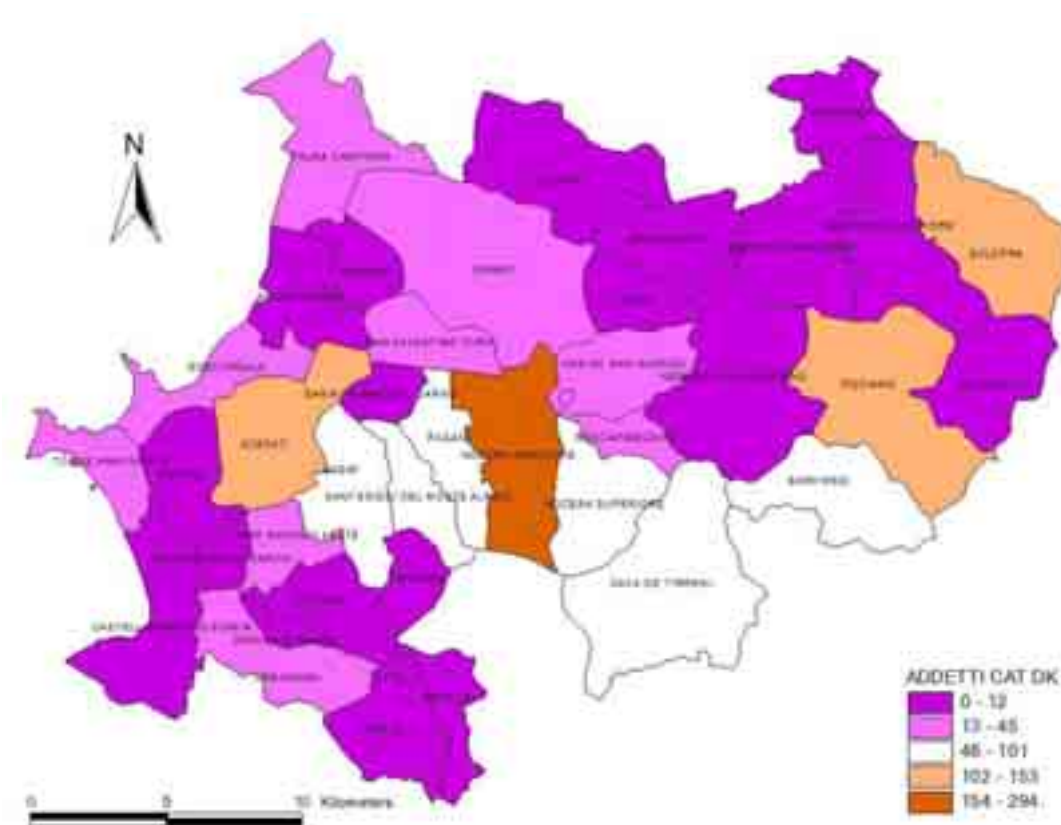


TAVOLA 41 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DL

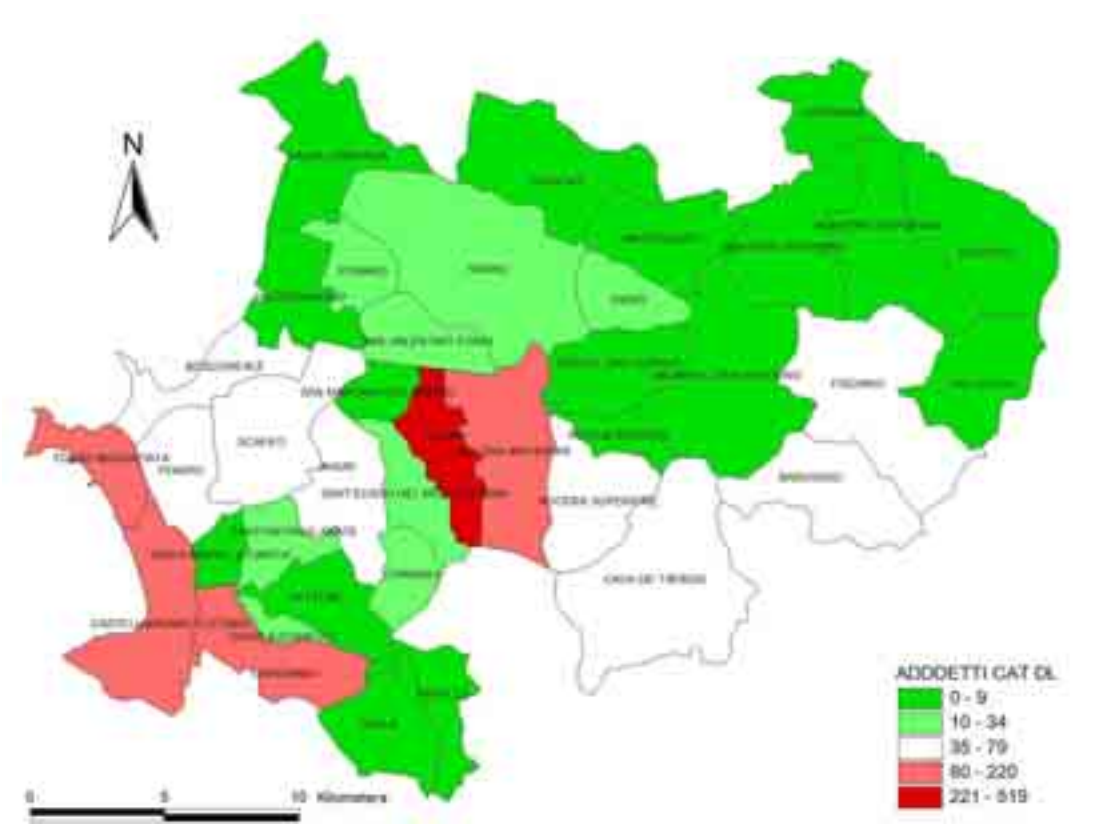


TAVOLA 42 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DM

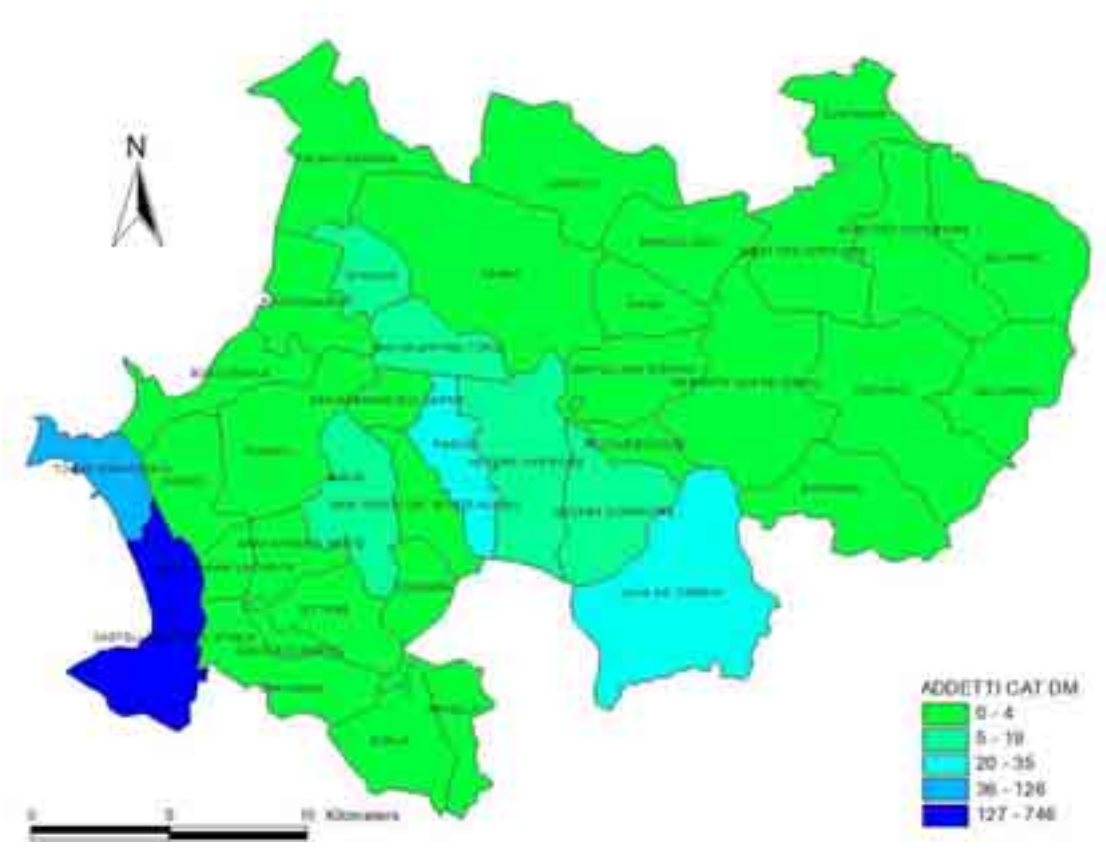




TAVOLA 43 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria DN

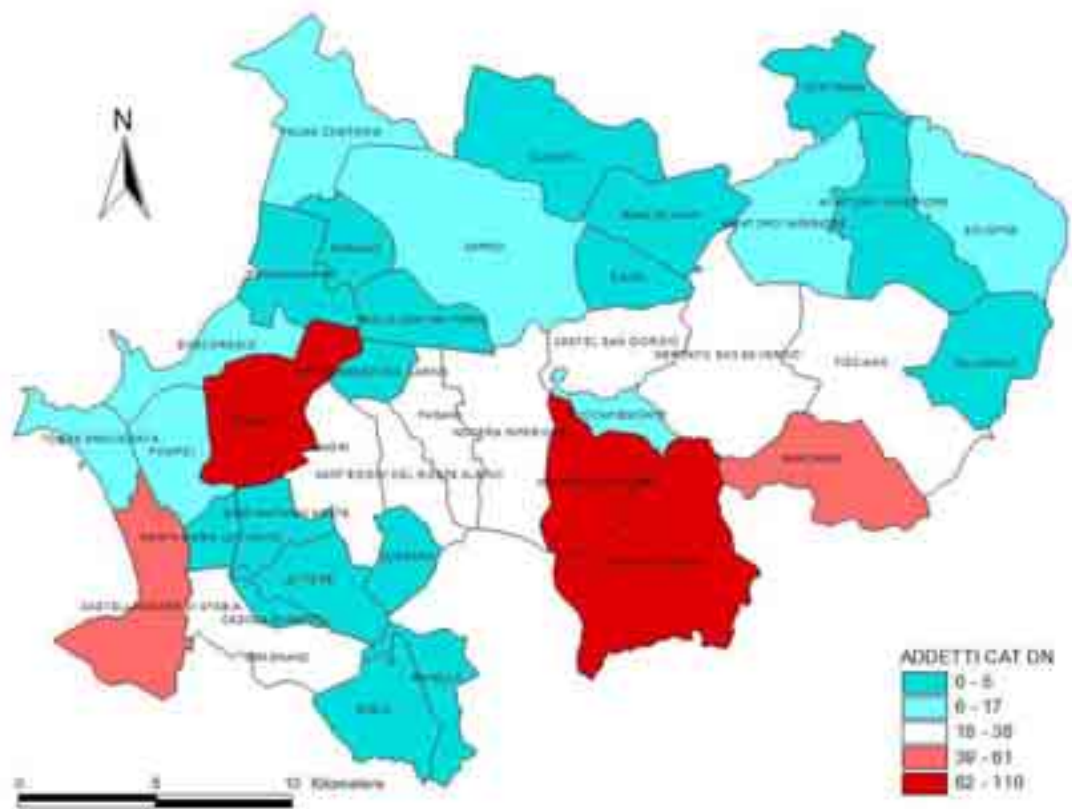


TAVOLA 44 Carta della distribuzione delle industrie appartenenti alla categoria E

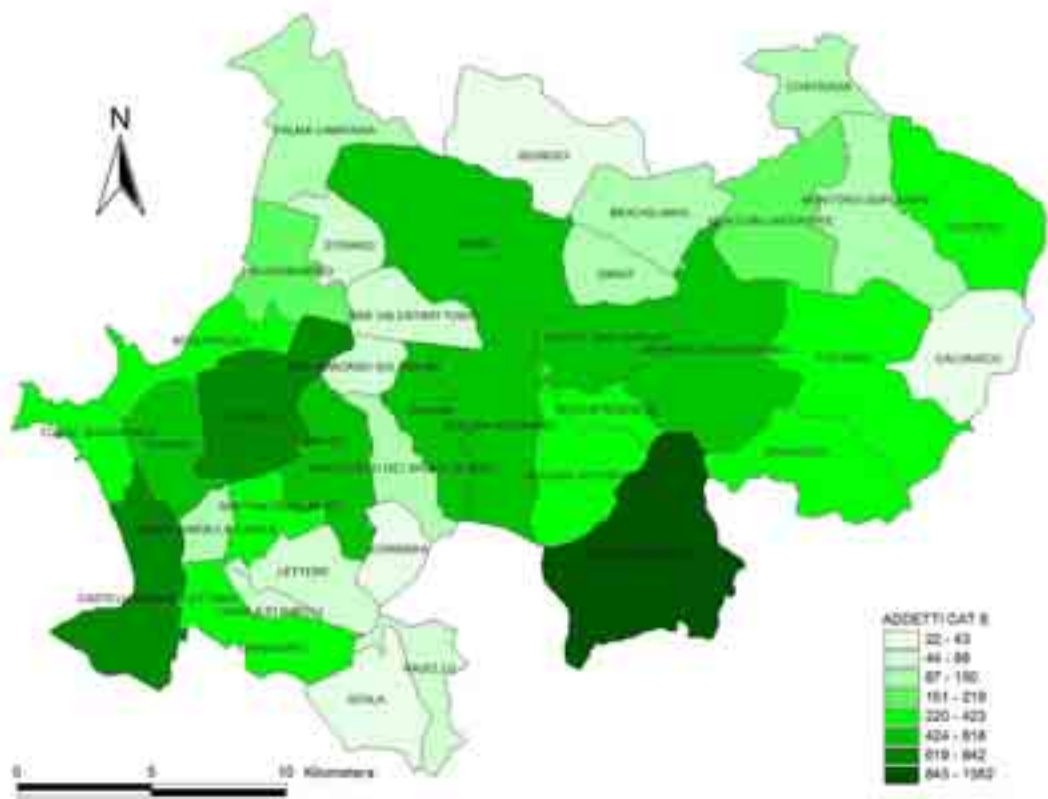




TAVOLA 45 Carta della correlazione Cromo Totale e categoria DC

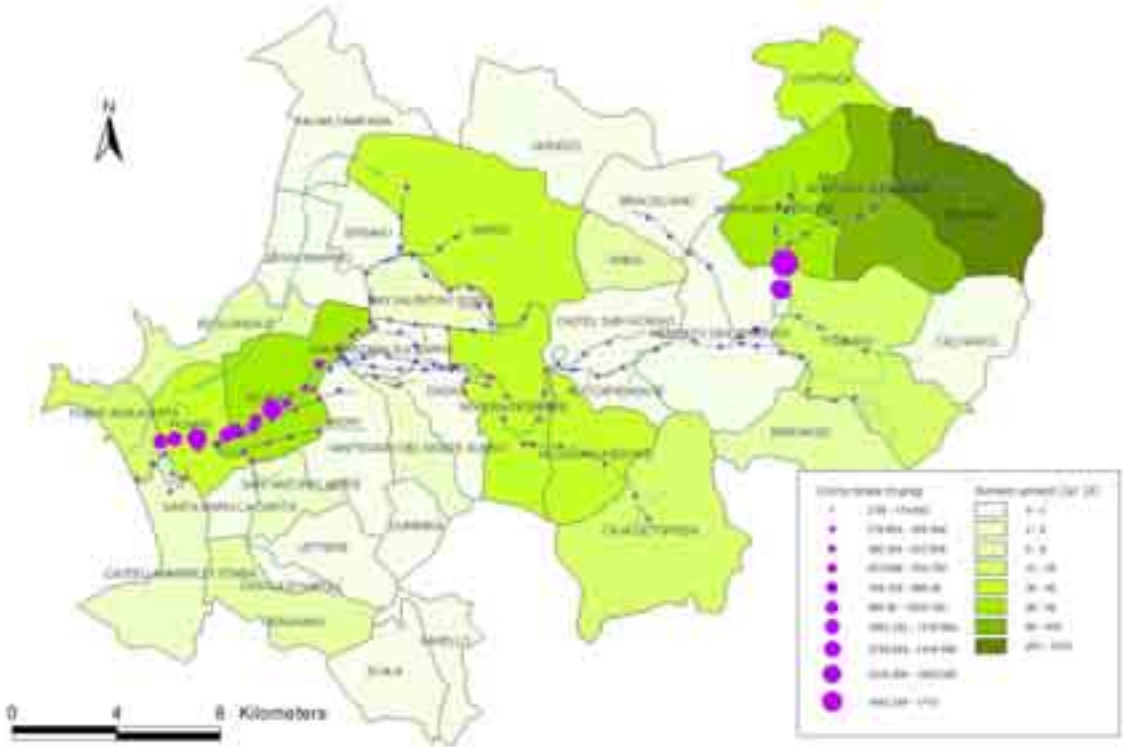
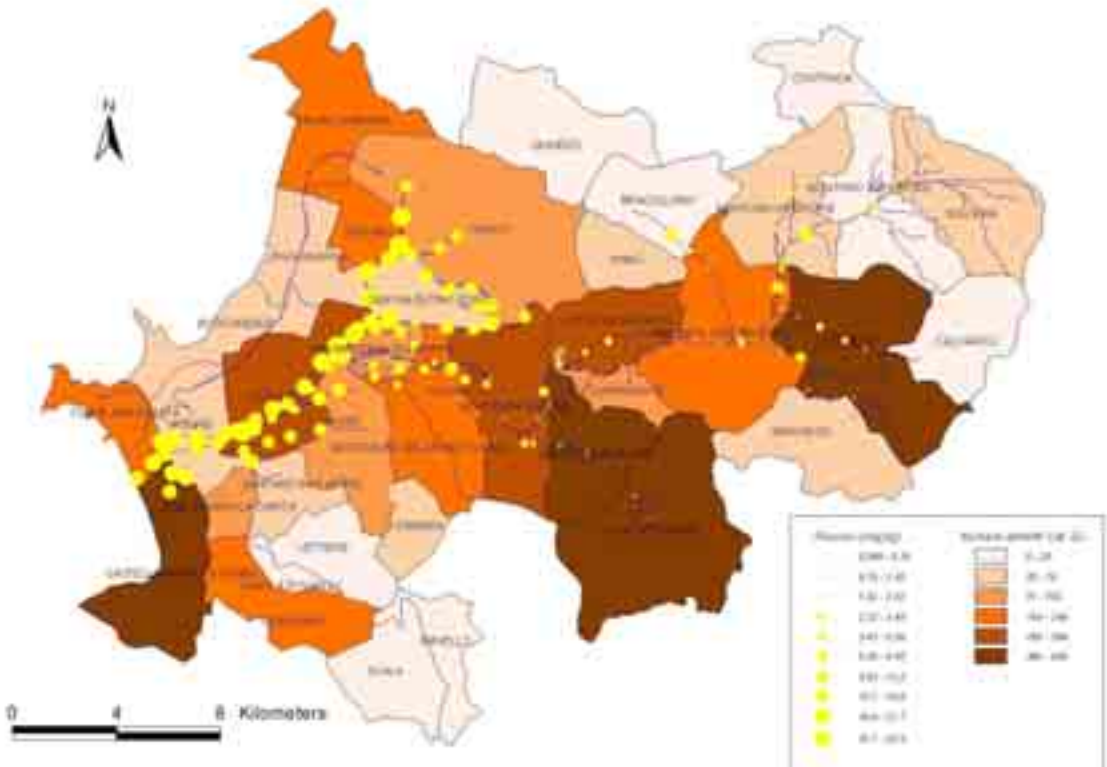
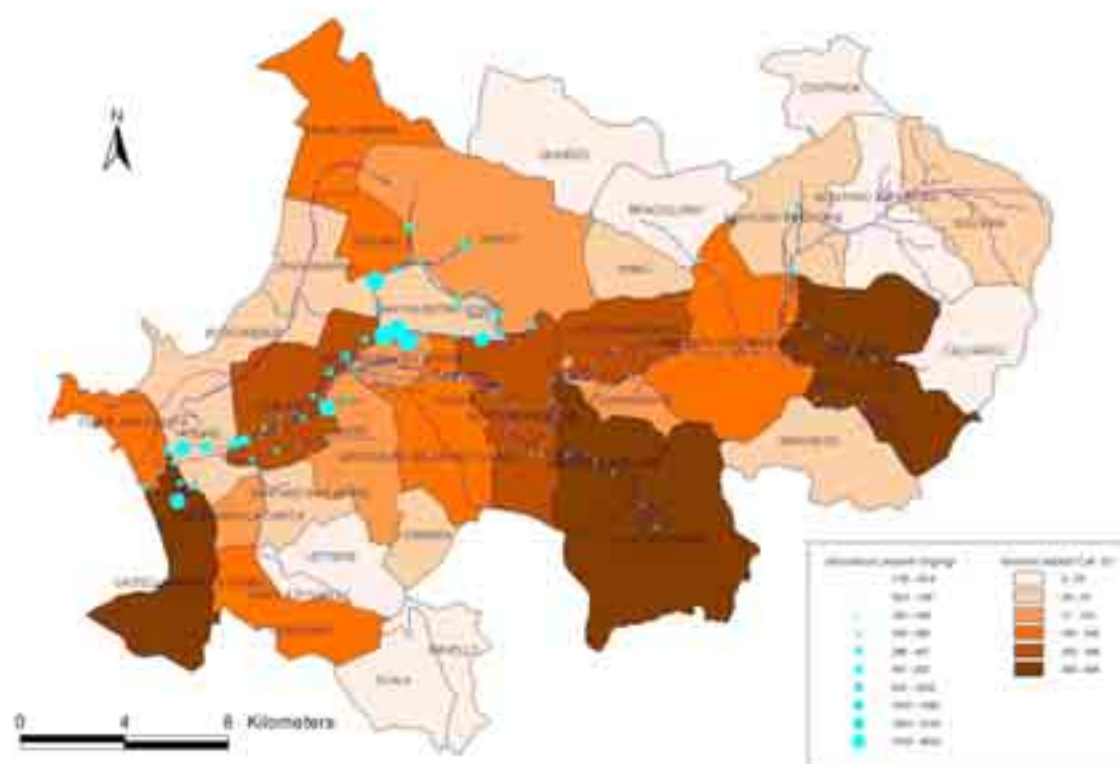


TAVOLA 46 Carta della correlazione Fluoruri e categoria DJ



**TAVOLA 47 Carta della correlazione Idrocarburi Pesanti e categoria DJ**



**TAVOLA 48 Carta della distribuzione degli scarichi civili e industriali censiti (in evidenza quelli non depurati)**

