



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AMBIENTALI

**BIOMONITORAGGIO  
DELLA QUALITÀ DELL'ARIA  
TRAMITE LICHENI EPIFITI  
NEL TERRITORIO INTERESSATO DALLA  
CENTRALE TURBOGAS  
PRESSO LO ZUCCHERIFICIO SADAM  
(COMUNE DI JESI)**

GRUPPO DI RICERCA

- **Dr. Stefano Loppi** (*responsabile scientifico*)
- **Dr.ssa Luisa Frati**

*Siena, Giugno 2002*

# SOMMARIO

<b>1.</b>	<b>SCOPO DELL'INDAGINE</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>AREA DI STUDIO</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALI E METODI</b>	<b>4</b>
3.1	Bioindicazione della qualità dell'aria	4
3.1.1	Individuazione delle stazioni di campionamento	4
3.1.2	Scelta degli alberi da campionare	6
3.2	Bioaccumulo di elementi in traccia	6
3.2.1	Individuazione delle stazioni di campionamento	6
3.2.2	Raccolta, preparazione ed esposizione dei campioni per l'indagine di bioaccumulo	8
3.2.3	Analisi dei campioni trapiantati	10
<b>4.</b>	<b>RISULTATI E DISCUSSIONE</b>	<b>11</b>
4.1	Bioindicazione della qualità dell'aria	11
4.1.1	Analisi della biodiversità lichenica	11
4.1.2	Confronto con l'indagine del 2001	15
4.2	Bioaccumulo di elementi in traccia	28
4.2.1	Commento ai risultati di bioaccumulo	41
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>48</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>50</b>

# 1. SCOPO DELL'INDAGINE

Lo scopo della presente indagine è stato quello di valutare l'impatto ambientale della messa in funzione della centrale turbogas di Jesi attraverso uno studio di biomonitoraggio tramite licheni epifiti nel territorio interessato dalla centrale in oggetto.

Lo studio si è svolto in due direzioni complementari: la determinazione dell'Indice di Diversità Lichenica (IDL), per avere un quadro globale della situazione atmosferica dell'area indagata, e la raccolta di dati di bioaccumulo, per determinare la diffusione e la ricaduta degli elementi in traccia.

Come da accordi con il Comune di Jesi, si tratta della seconda di una serie di campagne di rilevamento annuali volte a misurare eventuali cambiamenti della qualità ambientale nell'area in esame, conseguenti alla messa in funzione della centrale in oggetto.

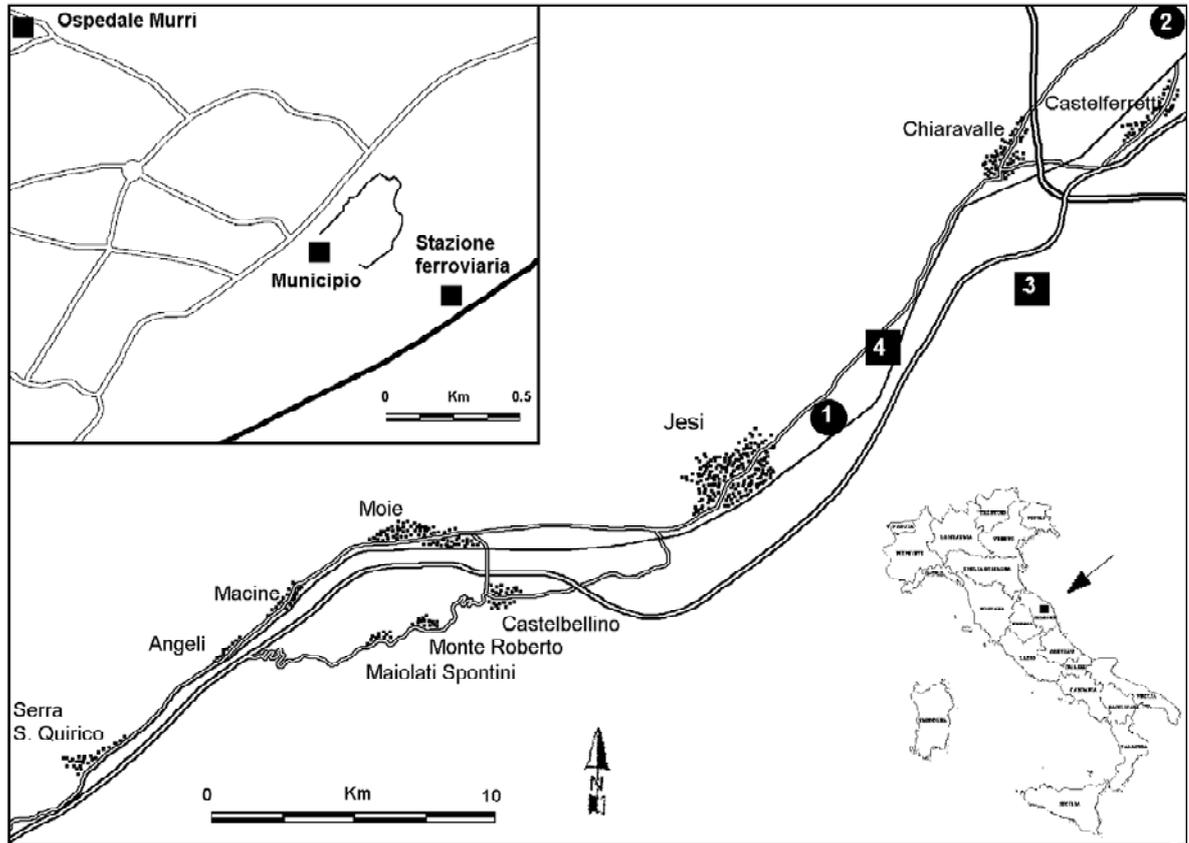
L'indagine è consistita nelle seguenti attività:

- determinazione dell'IDL in 27 stazioni;
- realizzazione di una mappa della qualità dell'aria;
- confronto dei dati raccolti nella presente indagine con quelli dello studio analogo effettuato nella stessa area l'anno precedente, quando la centrale non era ancora in funzione;
- esposizione di trapianti di talli lichenici in 10 stazioni;
- preparazione dei campioni esposti per le determinazioni analitiche e analisi del contenuto di elementi in traccia;
- realizzazione di mappe di deposizione dei vari elementi in traccia;
- interpretazione del fenomeno.

Il confronto con l'indagine di bioaccumulo effettuata lo scorso anno dalla A.S.L. n.5 di Jesi non è stato possibile a causa delle diverse metodologie adottate.

## 2. AREA DI STUDIO

Per tutte le informazioni relative all'area di studio (Fig. 2.1) si rimanda alla relazione del 2001.



**Figura 2.1** – Area di studio. Nel riquadro in alto a sinistra è riportato un ingrandimento dell'area urbana di Jesi. 1 = centro industriale di Jesi, 2 = raffineria API, 3 = centrale ENEL, 4 = centrale turbogas.

### 3. MATERIALI E METODI

#### 3.1 BIOINDICAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Per quest'anno, l'attività è consistita nel ricontrollo delle stazioni esaminate l'anno scorso.

##### 3.1.1 INDIVIDUAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

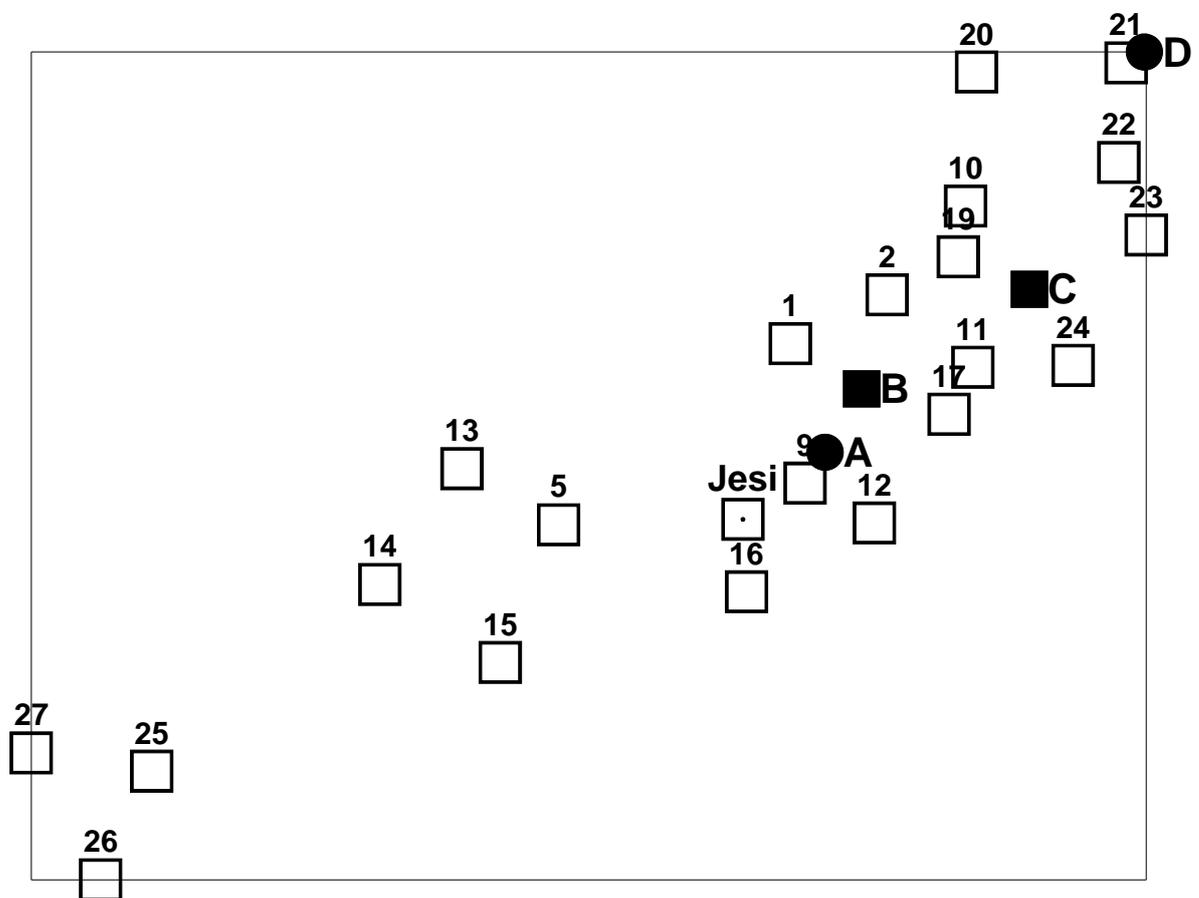
Per i criteri di scelta delle stazioni di campionamento si fa riferimento alla relazione del 2001.

Di seguito viene riportato l'elenco di tutte le stazioni di rilevamento: per ognuna, fra parentesi, è indicata l'altitudine.

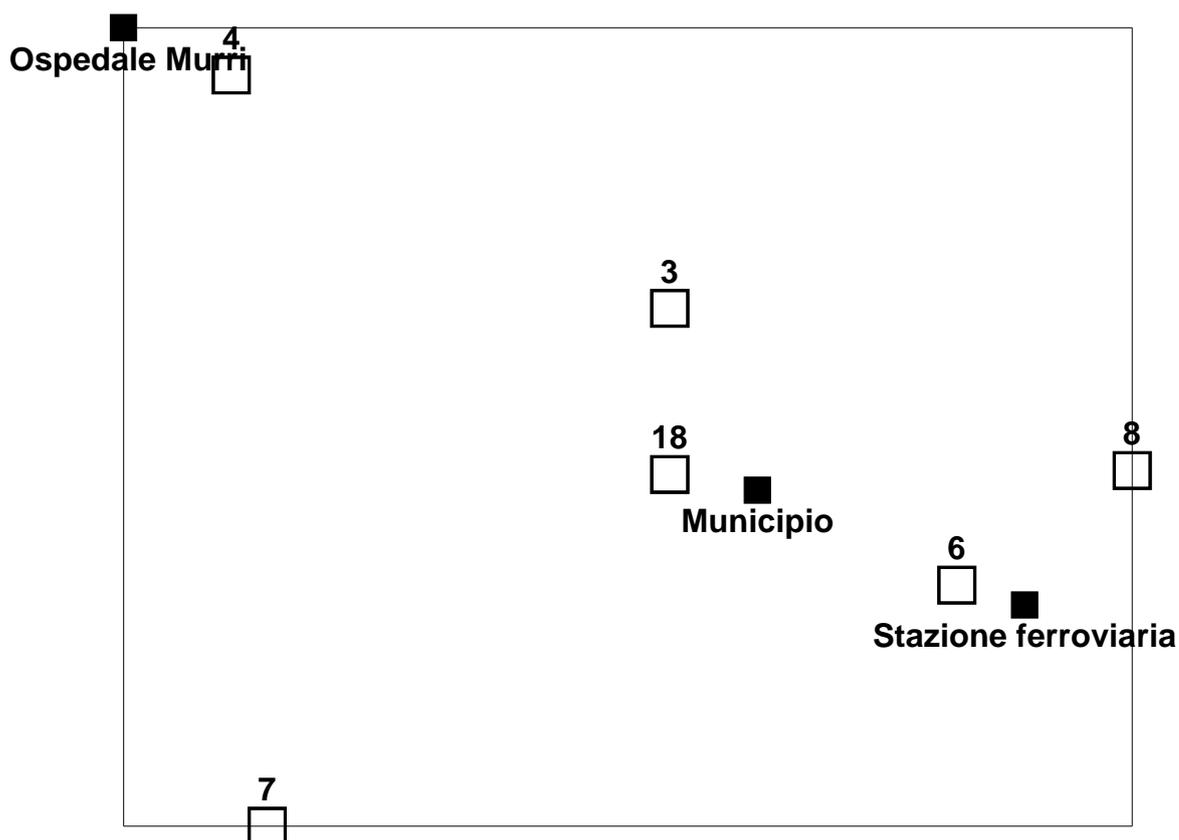
1. **Monsano** loc. S. Maria c/o la chiesa (100 m).
2. **Monsano** loc. Selvatorta via Breccia III (50 m)
3. **Jesi** via S. Pietro Martire (Scuola Materna *Casa dei Bambini*) (95 m)
4. **Jesi** via dei Colli (incrocio con via Forlanini) (130 m)
5. **Jesi** loc. Colle Bellombra (190 m)
6. **Jesi** viale Trieste (95 m)
7. **Jesi** via Ragazzi del '99 (100 m)
8. **Jesi** via Cascamificio (70 m)
9. **Jesi** via G. Latini (60 m)
10. **Chiaravalle** Parco I Maggio (25 m)
11. **Agugliano** loc. La Chiusa ( 35 m)
12. **Jesi** loc. Mazzangrugno (175 m)
13. **Moie** c/o la chiesa del Puzzo (235 m)
14. **Moie** via Torrette (125 m)
15. **Monte Roberto** loc. Pianello c/o il parco della *Scuola Salvati* (190 m)
16. **Jesi** loc. Pian del Medico, c/o *Cooperativa Agricola Val di Cesola* (75 m)
17. **Jesi** loc. Mazzangrugno (70 m)
18. **Jesi** viale della Vittoria (80 m)
19. **Jesi** loc. Aia Murata (30 m)
20. **Montemarciano** loc. Gabella via Romeo (20 m)
21. **Falconara Marittima** loc. Fiumesino SS 76 km 77,8 (10 m)
22. **Falconara Marittima** loc. Castelferretti via 14 Luglio (20 m)

- 23. **Falconara Marittima** loc. Castelferretti c/o il cimitero di S. Maria della Misericordia (100 m)
- 24. **Agugliano** c/o C. Paglialunga (100m)
- 25. **Serra S. Quirico** borgo Stazione via Forchiusa (255 m)
- 26. **Serra S. Quirico** strada per S. Elia c/o deposito Sassi Rossi (235 m)
- 27. **Serra S. Quirico** loc. Trivio (460 m)

La distribuzione delle stazioni di campionamento all'interno dell'area di studio è mostrata nelle figure 3.1 e 3.2.



**Figura 3.1** – Dislocazione delle stazioni di campionamento nell'area di studio. Le 6 stazioni nella città di Jesi sono rappresentate da un solo quadrato. A = zona industriale di Jesi; B = centrale turbogas; C = centrale ENEL; D = raffineria API..



*Figura 3.2 – Dislocazione delle stazioni di campionamento all'interno dell'area urbana di Jesi.*

### 3.1.2 SCELTA DEGLI ALBERI DA CAMPIONARE

Il campionamento è stato effettuato nella settimana compresa fra il 5 e il 10 Novembre 2001. Gli alberi utilizzati sono stati quelli dell'anno precedente ad eccezione della stazione 8 dove i tre tigli campionati lo scorso anno sono stati tagliati e sono stati pertanto sostituiti da altri tre esemplari.

Per quanto riguarda il metodo di campionamento utilizzato e la determinazione delle specie si rimanda alla relazione del 2001.

## 3.2 BIOACCUMULO DI ELEMENTI IN TRACCIA

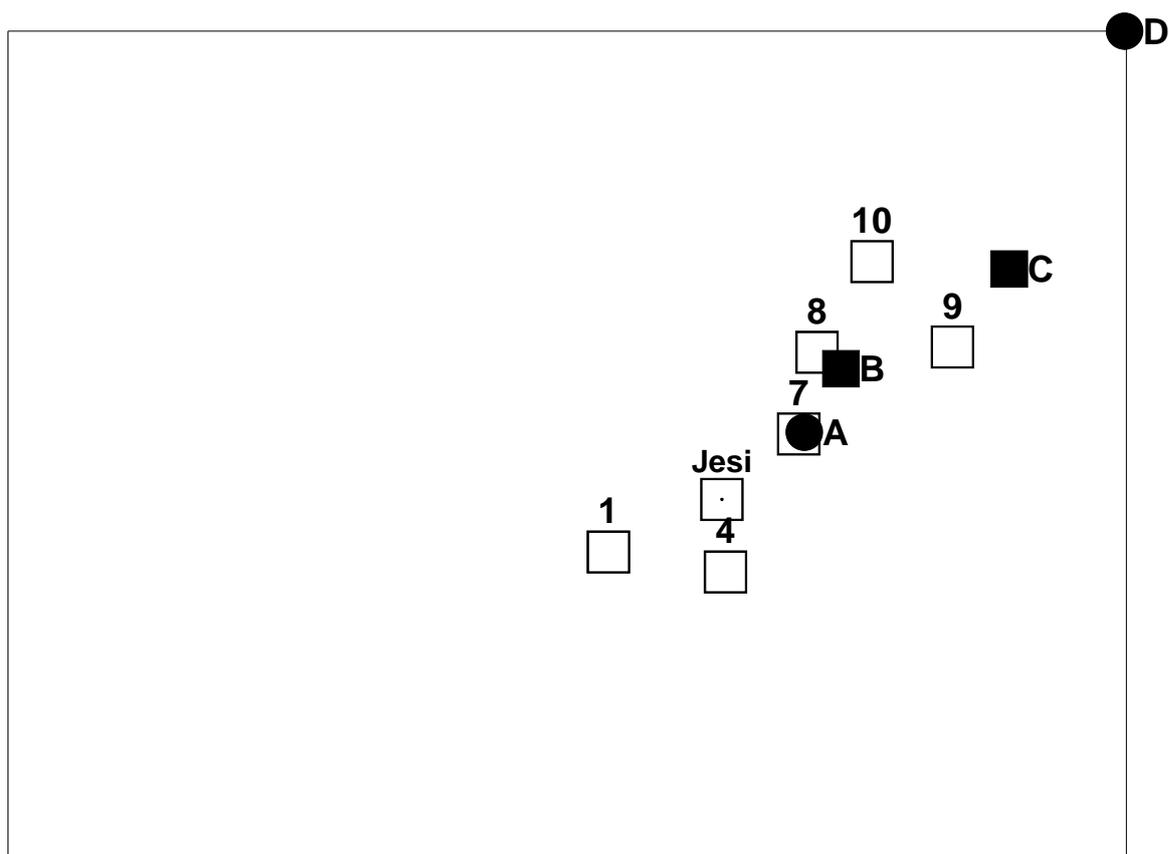
### 3.2.1 INDIVIDUAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Di seguito viene riportato l'elenco delle 10 stazioni scelte dal Comune di Jesi per la collocazione dei trapianti:

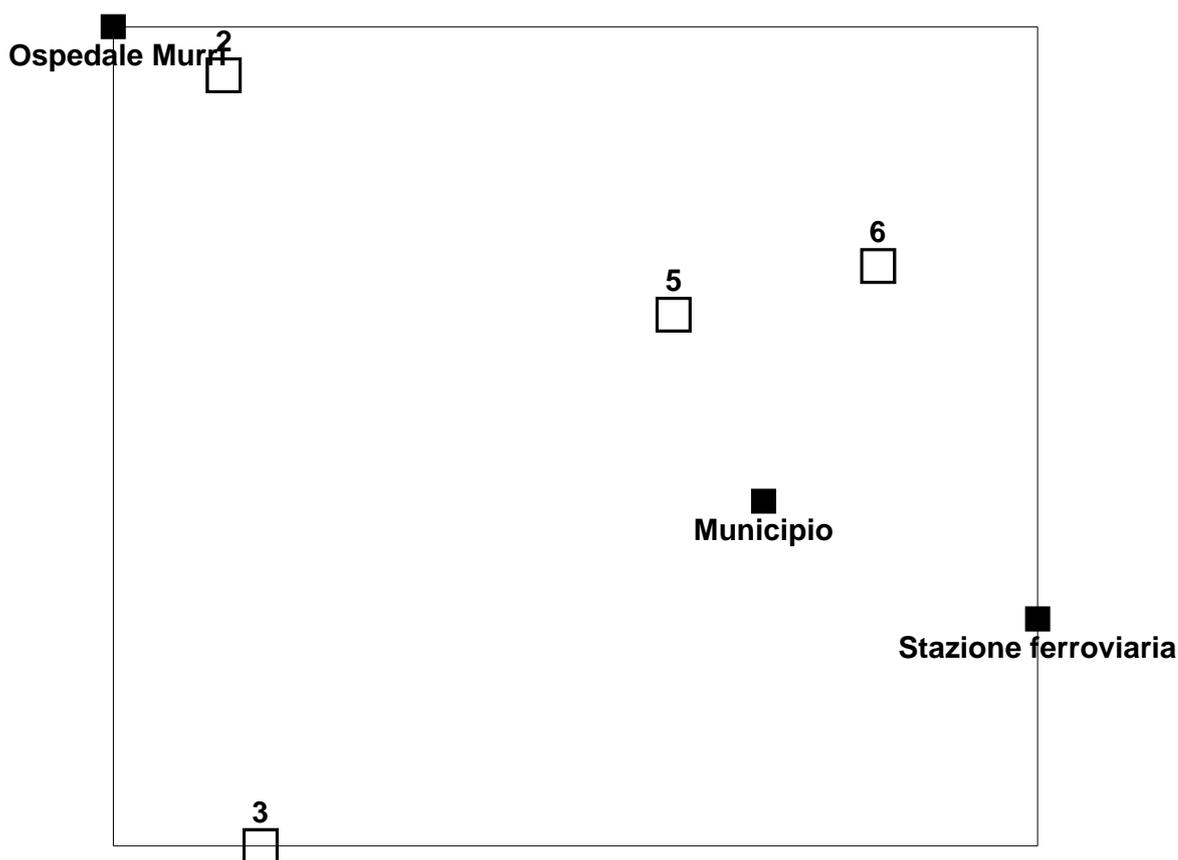
1. **Jesi** Azienda Vinicola Jesi Ovest
2. **Jesi** loc. Murri

3. **Jesi** via Ragazzi del '99
4. **Jesi** loc. Pian del Medico, c/o *Cooperativa Agricola Val di Cesola*
5. **Jesi** Negromanti
6. **Jesi** viale della Vittoria
7. **Jesi** Zona Industriale – Zipa
8. **Monsano** nei pressi dell'ex-RCD
9. **Agugliano** Boschetto – incrocio La Chiesa
10. **Monsano** loc. Selvatorta

La distribuzione delle stazioni utilizzate per l'indagine di bioaccumulo all'interno dell'area di studio è mostrata nelle figure 3.3 e 3.4. Le stazioni sono collocate all'interno del territorio comunale di Jesi o nelle immediate vicinanze e non sono uniformemente distribuite nell'area d'indagine ma sono raddensate soprattutto nelle aree a maggior densità industriale e urbana.



**Figura 3.3** – Dislocazione delle stazioni di bioaccumulo nell'area di studio. A = zona industriale di Jesi; B = centrale turbogas; C = centrale ENEL; D = raffineria API.



**Figura 3.4** – Dislocazione delle stazioni di bioaccumulo all'interno dell'area urbana di Jesi.

### 3.2.2 RACCOLTA, PREPARAZIONE ED ESPOSIZIONE DEI CAMPIONI PER L'INDAGINE DI BIOACCUMULO

Nei grandi centri urbani e in prossimità di complessi industriali, la possibilità di utilizzare i licheni epifiti spontanei per valutare le concentrazioni dei metalli in traccia è resa difficile dall'alta frequenza di "deserti lichenici" o comunque di comunità estremamente impoverite, tali da non consentire un adeguato campionamento (Loppi, 1999). Per questo motivo, la ricaduta di metalli pesanti in aree di questo tipo viene valutata con l'uso di tecniche di trapianto, che consistono nell'asportazione di talli lichenici da alberi situati in un'area non interessata da inquinamento e nel successivo trapianto nelle zone inquinate da monitorare (Bennett *et al.*, 1996; Garty *et al.*, 1996).

L'indagine di bioaccumulo effettuata nell'area in esame, caratterizzata dalla presenza diffusa di numerosi centri urbani e di vaste aree industriali, è stata eseguita pertanto con il metodo del trapianto, utilizzando il lichene *Evernia prunastri*.

*Evernia prunastri* è una specie circumboreale temperata, ristretta all'emisfero settentrionale. Si tratta di uno dei licheni epifiti fruticosi più comuni d'Italia, essendo

presente dalla fascia planiziale a quella subalpina. Rara nei luoghi antropizzati, è scomparsa su vaste aree della pianura padana e nei dintorni delle maggiori città a causa dell'inquinamento atmosferico. Cresce solitamente su scorza e ha un'ampiezza ecologica estremamente vasta. Secondo De Wit (1976) ha una resistenza medio-alta all'inquinamento atmosferico, ma secondo Nimis (1989) e Nimis *et al.* (1989) è piuttosto poleofoba.

Questa specie è stata scelta a causa della sua ampia distribuzione in Italia, perché quando presente risulta molto abbondante, è facile da raccogliere e da ripulire dei tessuti morti o senescenti e dei materiali estranei e per il fatto di essere già stata utilizzata in studi di trapianto (Caniglia *et al.*, 1994; Bartoli *et al.*, 1994; Bartoli e Ravera, 1995; Bartoli *et al.*, 1997; Bini *et al.*, 1997; Loppi *et al.*, 1998). Inoltre è considerata una delle specie licheniche più adatte per gli studi di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico da elementi in traccia tramite trapianto (Cercasov *et al.*, 2002).

Alla fine del mese di Ottobre 2001, talli completi di *Evernia prunastri* sono stati prelevati su scorza di quercia (*Quercus pubescens*), in un'area remota della Toscana situata nel comune di Castellina in Chianti (SI). Tale area è lontana da fonti locali di inquinamento atmosferico e la vegetazione lichenica è abbondante e ricca in specie come *Anaptychia ciliaris*, *Collema furfuraceum*, *Ramalina fastigiata* e *Usnea* spp., note per la loro sensibilità all'inquinamento atmosferico (Hawksworth e Rose, 1970). Tale area è stata considerata come stazione di controllo.

La raccolta dei talli è stata effettuata secondo le modalità suggerite da Nimis e Bargagli (1999):

- la raccolta è avvenuta a più di una settimana di distanza da eventi piovosi particolarmente intensi;
- sono stati utilizzati alberi con inclinazione del tronco non superiore ai 10°, con assenza di evidenti fenomeni di disturbo (verniciature, chiodi o puntine sul tronco), con superfici non fortemente concave e non interessate da periodico scolo d'acqua piovana (*stemflow*), con superfici non decorticate e libere da briofite;
- i talli sono stati prelevati con un temperino in acciaio inossidabile, cercando di recare il minor danno possibile al tronco dell'albero, e sono stati subito inseriti in buste ermeticamente chiuse per evitare fenomeni di contaminazione.

Alcuni talli raccolti sono stati subito preparati per essere sottoposti ad analisi del loro contenuto di elementi in traccia, in modo da avere un valore di riferimento all'inizio dell'esperimento: i talli sono stati ripuliti al microscopio binoculare per eliminare materiali estranei, cercando di evitare ogni tipo di contaminazione da metalli in traccia, e sono stati

successivamente inseriti in una bustina ermeticamente chiusa per essere trasportati al laboratorio di analisi.

Con i talli rimasti sono state allestite 10 lichen-bags, ognuna costituita da una reticella di plastica contenente circa 5 g di campione, richiusa evitando l'impiego di materiali metallici. Le lichen-bags sono state poi chiuse ermeticamente in una busta e trasportate nell'area di studio per essere esposte.

### **3.2.3 ANALISI DEI CAMPIONI TRAPIANTATI**

Dopo 3 mesi di esposizione (dal 1 Dicembre 2001 al 1 Marzo 2002), i campioni trapiantati sono stati prelevati a cura del Comune di Jesi e spediti al Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Siena, dove sono stati preparati per le analisi seguendo quanto riportato nelle linee guida per l'utilizzo dei licheni epifiti come bioaccumulatori di elementi in traccia (Nimis e Bargagli, 1999).

In laboratorio i talli sono stati ripuliti al microscopio binoculare per eliminare materiali estranei, prestando la massima attenzione per evitare ogni tipo di contaminazione da elementi in traccia. Successivamente il materiale ripulito è stato minuziosamente triturato utilizzando un mortaio in ceramica e alcune gocce di azoto liquido.

Il materiale è stato quindi sottoposto a digestione in ambiente acido mediante mineralizzazione a microonde. Di ogni campione sono stati pesati 500 mg a cui sono stati aggiunti 6 ml di HNO<sub>3</sub> al 65% e 1 ml di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30%. La miscela è stata messa all'interno di contenitori in teflon in forno a microonde (Milestone Ethos 900) e sottoposta ad attacco in bomba per 25 minuti a 280°C e a una pressione di 55 bar, utilizzando un programma specifico per vegetali. Durante ciascuna digestione è stata effettuata una prova in bianco, inserendo nel contenitore di Teflon solo i reagenti senza campione, per verificare eventuali contaminazioni del materiale utilizzato e il disturbo di fondo dato dallo strumento. Per verificare inoltre l'attendibilità delle procedure di pretrattamento e di analisi dei campioni, durante ciascuna digestione è stato analizzato anche lo "Standard Reference Material" IAEA-336 'lichen', dotato di certificazione degli elementi analizzati. Tutte le concentrazioni degli elementi in traccia sono state espresse in base al peso secco del campione. L'accuratezza delle analisi è stata verificata attraverso il coefficiente di variazione di 4 repliche ed è risultata essere compresa fra il 2.3 e il 7.8% per tutti gli elementi analizzati.

I singoli metalli sono stati successivamente determinati da Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICPMS Perkim M-Sciex 6100).

## 4. RISULTATI E DISCUSSIONE

### 4.1 BIOINDICAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

#### 4.1.1 ANALISI DELLA BIODIVERSITÀ LICHENICA

Nella tabella 4.1 sono riportati tutti i dati relativi alle 82 stazioni di campionamento.

	S	A	F
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	24	68	9,4
<i>Xanthoria parietina</i>	23	55	8,2
<i>Physcia adscendens</i>	22	62	8,6
<i>Physcia biziana</i>	20	41	6,3
<i>Physconia grisea</i>	17	43	7,3
<i>Lecanora horiza</i>	12	21	3,2
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	12	23	6
<i>Lecidella elaeochroma</i>	7	13	6,5
<i>Lecanora chlarotera</i>	6	12	4,3
<i>Candelaria concolor</i>	5	10	7,1
<i>Opegrapha varia</i>	5	10	6,9
<i>Physconia distorta</i>	5	10	5,4
<i>Lecanora carpinea</i>	4	6	3,5
<i>Parmelia subrudecta</i>	3	3	4
<i>Phaeophyscia hirsuta</i>	3	7	6,3
<i>Physcia aipolia</i>	3	7	6,4
<i>Amandinea punctata</i>	2	5	10
<i>Arthonia radiata</i>	2	2	1,5
<i>Caloplaca cerinella</i>	2	3	5,7
<i>Lepraria sp.</i>	2	3	3
<i>Melaspilea urceolata</i>	2	4	7,8
<i>Mycomicrothelia confusa</i>	2	6	9,8
<i>Ramalina sp.</i>	2	3	1,3
<i>Arthopyrenia punctiformis</i>	1	3	8,7
<i>Caloplaca cerina</i>	1	1	7
<i>Collema furfuraceum</i>	1	1	8
<i>Collema ligerinum</i>	1	1	3
<i>Evernia prunastri</i>	1	1	1
<i>Lecanora sp.</i>	1	1	1
<i>Parmelia glabra</i>	1	2	1,5
<i>Pertusaria sp.</i>	1	1	1
<i>Physconia venusta</i>	1	2	5,5
<i>Physconia servitii</i>	1	3	10
<i>Rinodina sophodes</i>	1	3	2,3

**Tabella 4.2** – Specie licheniche ritrovate nell'area di studio. S = numero di stazioni dove la specie è stata trovata; A = numero di alberi su cui la specie è stata trovata; F = frequenza media della specie sugli alberi campionati.

In totale sono state rinvenute 34 specie di licheni epifiti. *Lecanora* e *Physconia* sono i due generi più rappresentati, con 4 specie ciascuno (*L. carpinea*, *L. chlarotera*, *L. horiza* e *L. sp.*; *P. distorta*, *P. grisea*, *P. servitii* e *P. venusta*), seguiti dal genere *Physcia*, con 3 specie (*P. adscendens*, *P. aipolia* e *P. biziana*).

Le specie più comuni sono risultate *Hyperphyscia adglutinata*, *Xanthoria parietina*, *Physcia adscendens* e *Physcia biziana* (Tab. 4.2): tutte e quattro le specie fanno parte dell'alleanza *Xanthorion parietinae* (vedi relazione 2001).

<b>S</b>	<b>IDLs</b>	<b>D.S.</b>	<b>C.V.</b>
1	35,3	3,2	9
2	33,8	12,3	36
3	21	7,0	33
4	56,3	8,1	14
5	48	1,4	3
6	10,7	1,2	11
7	36,3	7,5	21
8	14,7	4,6	31
9	29,3	8,6	29
10	58	9,5	16
11	63,3	7,6	12
12	33,5	5,8	17
13	48	0,0	0
14	46	5,3	12
15	41	0,0	0
16	47,7	11,1	23
17	33,7	4,0	12
18	12	3,5	29
19	75	3,5	5
20	55,3	4,9	9
21	24	9,6	40
22	9,7	4,0	42
23	24,7	5,0	20
24	19	3,6	19
25	44,3	2,5	6
26	60,3	8,4	14
27	53,7	3,1	6

**Tabella 4.3** – Descrizione statistica dei valori dell'IDL misurati in ciascuna stazione. S = stazione di campionamento; IDLs = valore dell'IDL per ogni stazione; D.S. = deviazione standard; C.V. = coefficiente di variazione (%).

In tabella 4.1 sono riportati anche i valori dell'IDLr (IDL dei singoli rilievi) riscontrati negli 82 rilievi effettuati. Il valore più basso (6) è stato riscontrato su un taglio

nei pressi di Castelferretti, nel comune di Falconara Marittima, circa 6 km a SSW della raffineria API (stazione 22). La stazione 22 è anche quella con il più basso valore medio dell'IDLs (9,7). Il più alto valore dell'IDLr (77) è stato invece trovato su una roverella a circa 2,5 km da Chiaravalle, in località Aia Murata che è anche la stazione con il più elevato valore medio dell'IDLs (75).

In tabella 4.3 sono riportati per ogni stazione il valore dell'IDLs, la deviazione standard e il coefficiente di variazione. Il valore dell'IDL medio per l'area in esame è di  $38,3 \pm 17,7$  ed indica che in generale è presente un'alterazione ambientale media. Il valore piuttosto alto del coefficiente di variazione (46,2%) indica che le 27 stazioni non sono tutte sottoposte a livelli simili di inquinamento atmosferico.

I valori medi dell'IDLs sono stati valutati in base ad una scala di naturalità/alterazione mostrata in tabella 4.4 (Loppi *et al.*, 2002), valida per le aree site nella fascia adriatica e per rilevamenti effettuati su querce decidue (*Quercus cerris*, *Q. Pubescens*, *Q. Robur*, *Q. Petraea*) e tigli (*Tilia* sp.). Tale scala è suddivisa in 5 intervalli che esprimono il grado di deviazione da condizioni "naturali" (non inquinate).

VALORI DELL'IDL	GIUDIZIO	COLORE
0	deserto lichenico	■
1-20	alterazione	■
20-40	semi-alterazione	■
40-60	semi-naturalità	■
>60	naturalità	■

**Tabella 4.4** – Scala di naturalità/alterazione utilizzata nel presente studio.

In base al valore dell'IDLs riscontrato e alla scala di naturalità/alterazione adottata, le stazioni campionate sono state assegnate ad una fascia, ognuna identificata nei riporti cartografici da uno specifico colore (Fig. 4.1).

**Fascia 1:** *deserto lichenico* (0% delle stazioni)

- stazioni

**Fascia 2:** *alterazione* (18,5 % delle stazioni)

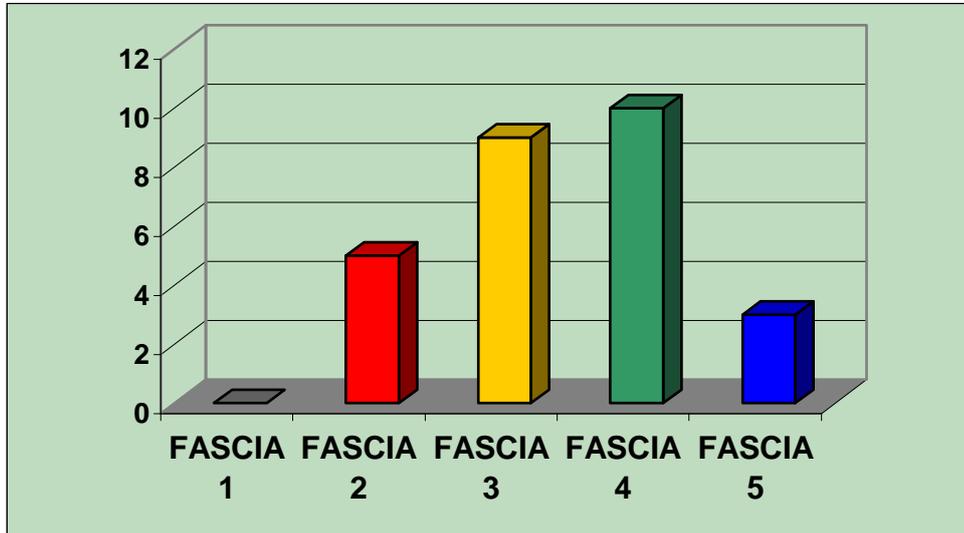
- stazioni 6, 8, 18, 22, 24.

**Fascia 3:** *semi-alterazione* (33.3% delle stazioni)

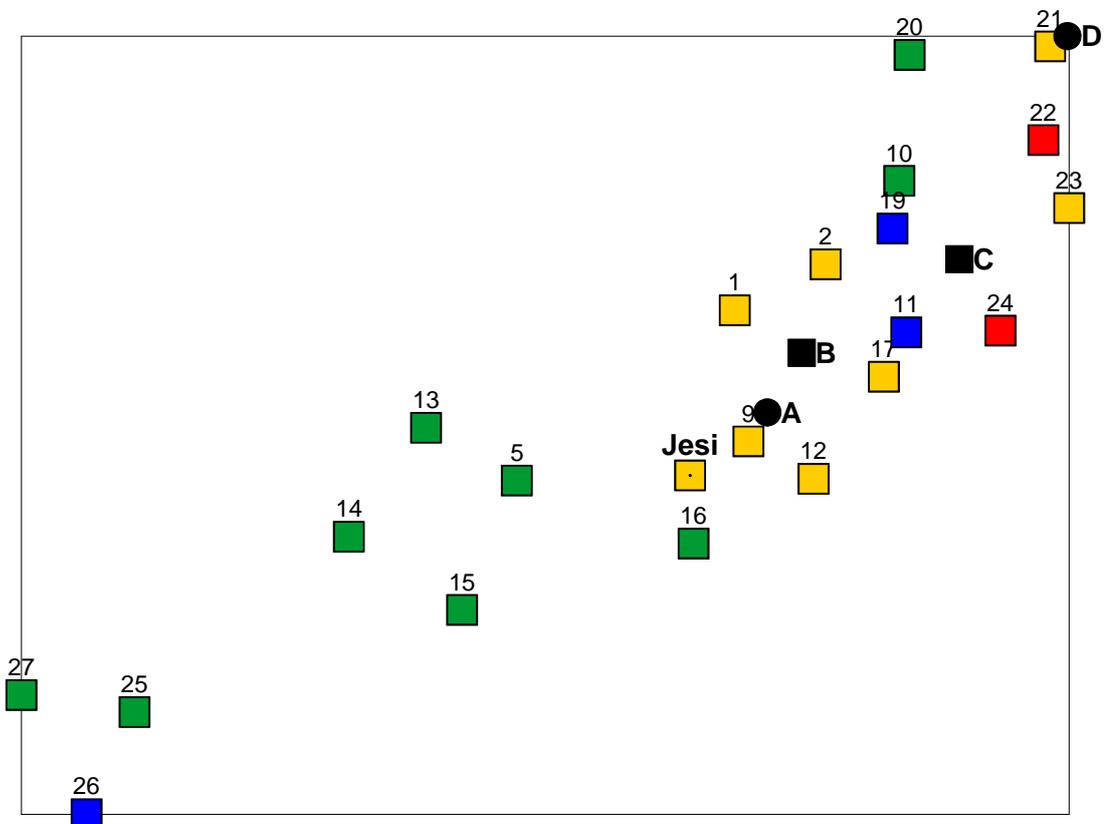
- stazioni 1,2, 3, 7, 9, 12, 17, 21, 23.

**Fascia 4: semi-naturalità (37 % delle stazioni)**  
 – stazioni 4, 5, 10, 13, 14, 15, 16, 20, 25, 27.

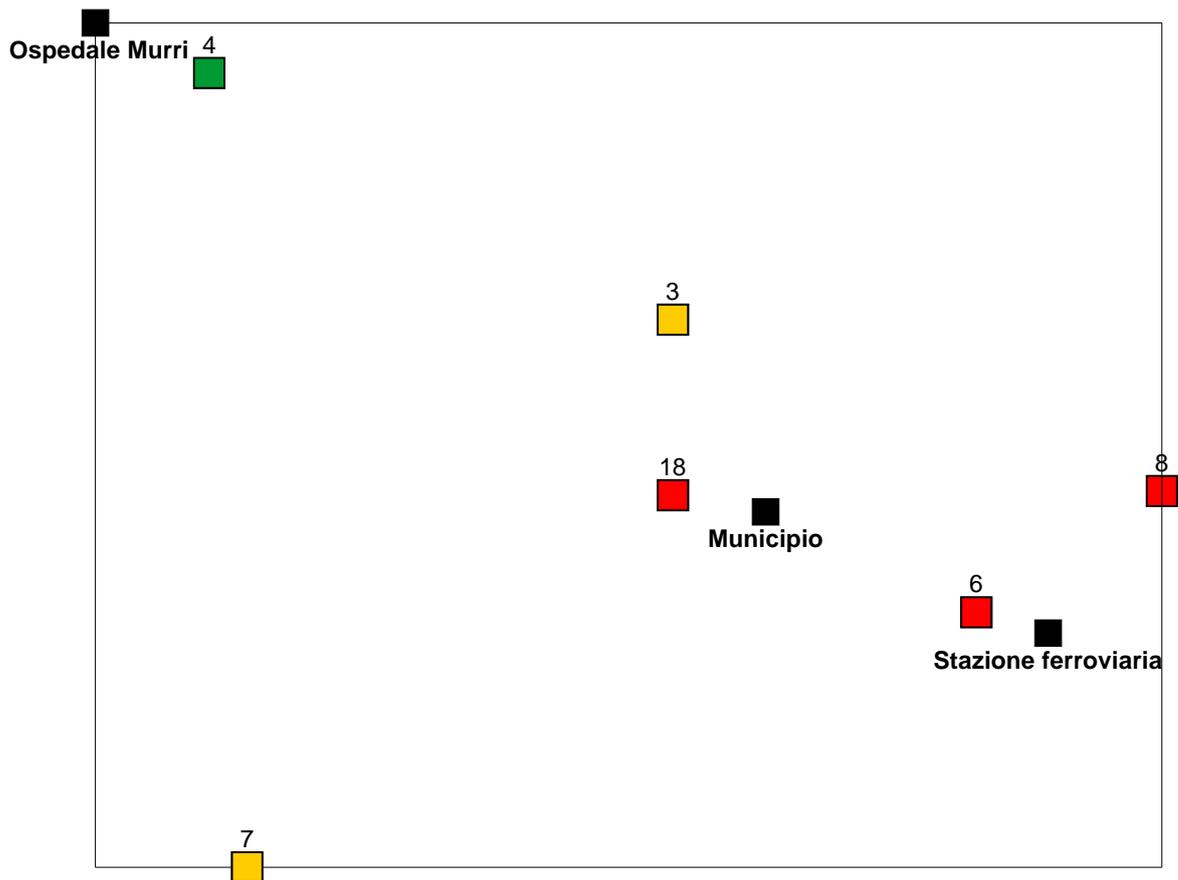
**Fascia 5: naturalità (11.1% delle stazioni)**  
 – stazioni 11, 19, 26.



*Figura 4.1 – Distribuzione delle stazioni di campionamento nelle cinque fasce considerate.*



*Figura 4.2 – Naturalità/alterazione delle stazioni presenti nell'area di studio. A = zona industriale di Jesi; B = centrale turbogas; C = centrale ENEL; D = raffineria API.*



**Figura 4.3** – *Naturalità/alterazione delle stazioni del centro urbano di Jesi.*

In figura 4.2 viene mostrata la naturalità/alterazione della singole stazioni dell'area di studio. Ogni stazione di campionamento è rappresentata da un quadratino di colore diverso a seconda della fascia corrispondente. In tale figura la città di Jesi viene identificata da un unico quadratino, il cui valore dell'IDL è stato calcolato facendo la media aritmetica dei valori dell'IDLs misurati nelle 6 stazioni campionate nell'area urbana.

In figura 4.3 viene invece mostrata la naturalità/alterazione delle stazioni campionate nel centro urbano di Jesi.

#### **4.1.2 CONFRONTO CON L'INDAGINE DEL 2001**

Di seguito viene riportato un elenco in cui vengono messi a confronto i risultati dei rilevamenti di bioindicazione effettuati nell'area di studio nel 2001 e nella presente indagine. Il rilevamento è stato effettuato sui medesimi alberi ad eccezione della stazione 8, dove i tigli utilizzati lo scorso anno sono stati tagliati e perciò sono stati sostituiti.

### **Stazione 1**

**Monsano** loc. S. Maria

Valore di BL 2001: **38.6**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore di BL 2002: **35.3**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Physconia venusta*.

**Specie ancora presenti:** *Arthopyrenia punctiformis*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Melaspilea urceolata*.

### **Stazione 2**

**Monsano** loc. Selvatorta

Valore di BL 2001: **32.5**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore di BL 2002: **33.8**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Physconia venusta*, *Phaeophyscia orbicularis*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Lecidella elaeochroma*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Physconia grisea*, *Lecanora* sp.

### **Stazione 3**

**Jesi** via S. Pietro Martire

Valore di BL 2001: **20.7**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore di BL 2002: **21**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Parmelia subrudecta*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Hyperphyscia adglutinata*.

#### **Stazione 4**

##### **Jesi via dei Colli**

Valore di BL 2001: **56**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **56.3**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Physconia venusta*.

**Specie ancora presenti:** *Arthonia radiata*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Opegrapha varia*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Lecidella elaeochroma*, *Phaeophyscia hirsuta*

#### **Stazione 5**

##### **Jesi loc. Colle Bellombra**

Valore di BL 2001: **45.5**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **48**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Buellia griseovirens*.

**Specie ancora presenti:** *Amandinea punctata*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora chlarotera*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Physconia distorta*.

#### **Stazione 6**

##### **Jesi viale Trieste**

Valore di BL 2001: **10.3**

Giudizio 2001: **alterazione**

Valore di BL 2002: **10.7**

Giudizio 2002: **alterazione**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:**

### **Stazione 7**

**Jesi** via Ragazzi del '99

Valore di BL 2001: **38.6**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore di BL 2002: **36.3**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *P. venusta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:**

### **Stazione 8**

**Jesi** via Cascamificio

Valore di BL 2001: **27**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore di BL 2002: **14.7**

Giudizio 2002: **alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Amandinea punctata*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Opegrapha varia*, *Xanthoria parietina*.

**Specie ancora presenti:** *Mycomicrothelia confusa*.

**Specie nuove:** *Arthonia radiata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*.

### **Stazione 9**

**Jesi** via G. Latini

Valore di BL 2001: **29**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore di BL 2002: **29.3**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Opegrapha varia*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:**

## **Stazione 10**

### **Chiaravalle** Parco I Maggio

Valore di BL 2001: **60**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **58**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Lecanora horiza*.

**Specie ancora presenti:** *Candelaria concolor*, *Lecanora carpinea*, *L. chlarotera*, *Lecidella elaeochroma*, *Lepraria* sp., *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Ramalina* sp., *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Evernia prunastri*.

## **Stazione 11**

### **Agugliano** loc. La Chiusa

Valore di BL 2001: **62**

Giudizio 2001: **naturalità**

Valore di BL 2002: **63.3**

Giudizio 2002: **naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Lecanora sambuci*.

**Specie ancora presenti:** *Caloplaca cerinella*, *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora carpinea*, *L. chlarotera*, *L. horiza*, *Lecidella elaeochroma*, *Parmelia subrudecta*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Rinodina sophodes*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Physconia grisea*, *P. distorta*.

## **Stazione 12**

### **Jesi** loc. Mazzangrugno

Valore di BL 2001: **42.5**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **33.5**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Physconia venusta*

**Specie ancora presenti:** *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Physconia grisea*.

### **Stazione 13**

Moie c/o la chiesa del Puzzo

Valore di BL 2001: **45**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **48**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *P. distorta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Parmelia subrudecta*.

### **Stazione 14**

Moie via Torrette

Valore di BL 2001: **45.3**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **46**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Physconia venusta*, *Buellia griseovuirens*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Phaeophyscia orbicularis*, *P. hirsuta*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Opegrapha varia*.

### **Stazione 15**

Monte Roberto loc. Pianello

Valore di BL 2001: **41**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **41**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora chlarotera*, *Melaspilea urceolata*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:**

### **Stazione 16**

**Jesi** loc. Pian del Medico

Valore di BL 2001: **43.7**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **47.7**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Caloplaca cerinella*, *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P.biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:**

### **Stazione 17**

**Jesi** loc. Mazzangrugno

Valore di BL 2001: **32.6**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore di BL 2002: **33.7**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Physconia venusta*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Physcia adscendens*, *P.biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Physconia grisea*.

### **Stazione 18**

**Jesi** viale della Vittoria

Valore di BL 2001: **12**

Giudizio 2001: **alterazione**

Valore di BL 2002: **12**

Giudizio 2002: **alterazione**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Phaeophyscia orbicularis*, *Mycomicrothelia confusa*.

**Specie nuove:**

### **Stazione 19**

**Jesi** loc. Aia Murata

Valore di BL 2001: **65**

Giudizio 2001: **naturalità**

Valore di BL 2002: **75**

Giudizio 2002: **naturalità**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora carpinea*, *L. chlarotera*, *Lecidella elaeochroma*, *Lepraria* sp., *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Lecanora horiza*, *Ramalina* sp.

### **Stazione 20**

**Montemarciano** loc. Gabella

Valore di BL 2001: **54**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **55.3**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Phaeophyscia hirsuta*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora horiza*, *Opegrapha varia*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Phaeophyscia orbicularis*.

### **Stazione 21**

**Falconara Marittima** loc. Fiumesino

Valore di BL 2001: **22**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore di BL 2002: **24**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Lecanora chlarotera*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Pertusaria* sp.

### **Stazione 22**

**Falconara Marittima** loc. Castelferretti via 14 Luglio

Valore di BL 2001: **9**

Giudizio 2001: **alterazione**

Valore di BL 2002: **9.7**

Giudizio 2002: **alterazione**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens*.

**Specie nuove:**

### **Stazione 23**

**Falconara Marittima** loc. Castelferretti c/o il cimitero di S. Maria della Misericordia

Valore di BL 2001: **24**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

Valore di BL 2002: **24.7**

Giudizio 2002: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens*, *P. biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:**

### **Stazione 24**

**Agugliano** c/o C. Paglialunga

Valore di BL 2001: **20**

Giudizio 2001: **alterazione**

Valore di BL 2002: **19**

Giudizio 2002: **alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Lecidella elaeochroma*, *Xanthoria parietina*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Opegrapha varia*, *Lecanora horiza*

**Specie nuove:**

## **Stazione 25**

### **Serra S. Quirico** borgo Stazione

Valore di BL 2001: **49.3**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **44.3**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Lecanora horiza*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora carpinea*, *Phaeophyscia hirsuta*, *Physcia adscendens*, *P. aipolia*, *P. biziana*, *Physconia distorta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:**

## **Stazione 26**

### **Serra S. Quirico** deposito Sassi Rossi

Valore di BL 2001: **61.6**

Giudizio 2001: **naturalità**

Valore di BL 2002: **60.3**

Giudizio 2002: **naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Lecanora carpinea*.

**Specie ancora presenti:** *Amandinea punctata*, *Caloplaca cerina*, *Collema furfuraceum*, *C. ligerinum*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecidella elaeochroma*, *Lecanora chlarotera*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. aipolia*, *P. biziana*, *Physconia distorta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:**

## **Stazione 27**

### **Serra S. Quirico** loc. Trivio

Valore di BL 2001: **56**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

Valore di BL 2002: **53.7**

Giudizio 2002: **semi-naturalità**

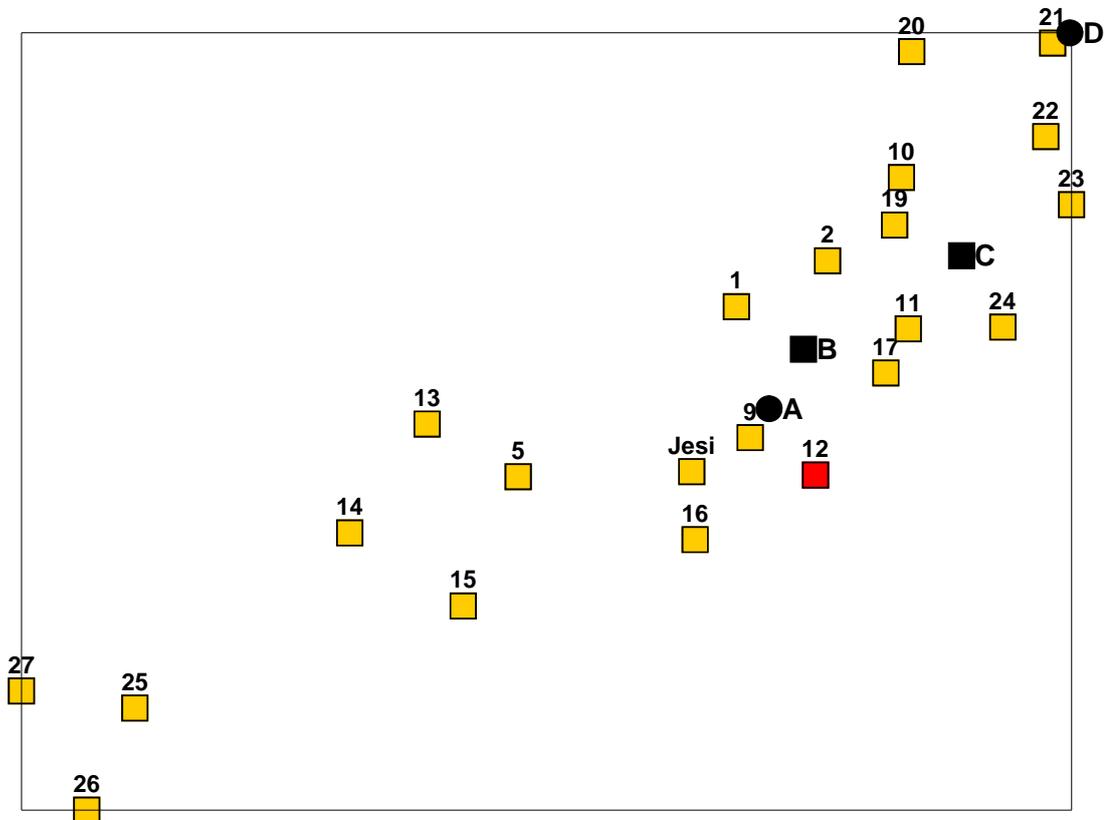
**Specie non ritrovate:** *Phaeophyscia hirsuta*

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Parmelia glabra*, *Physcia adscendens*, *P. aipolia*, *P. biziana*, *Physconia servitii*, *Xanthoria parietina*.

### Specie nuove:

In generale la situazione della qualità ambientale nell'area di studio risulta pressoché invariata rispetto a quella registrata nel biomonitoraggio precedente (2001).

La parte maggiormente interessata da fenomeni di inquinamento atmosferico rimane quella compresa fra la costa e la città di Jesi, dove sono concentrate le principali fonti di emissione, anche se non sono stati osservati significativi peggioramenti rispetto allo scorso anno. La figura 4.4 mostra i cambiamenti rispetto all'indagine precedente. Soltanto nella stazione 12 (Loc. Mazzangrugno) è stato registrato il passaggio dalla fascia di semi-naturalità a quella di semi-alterazione, passando da un valore dell'IDLs di 42.5 ad un valore dell'IDLs di 33.5. Gli alberi monitorati in questa stazione si trovano in prossimità di filari di vite e di alberi da frutto ed è quindi ragionevole pensare che l'abbassamento del valore dell'IDLs sia dovuto ai trattamenti riservati a queste colture piuttosto che ad un peggioramento della qualità dell'aria.

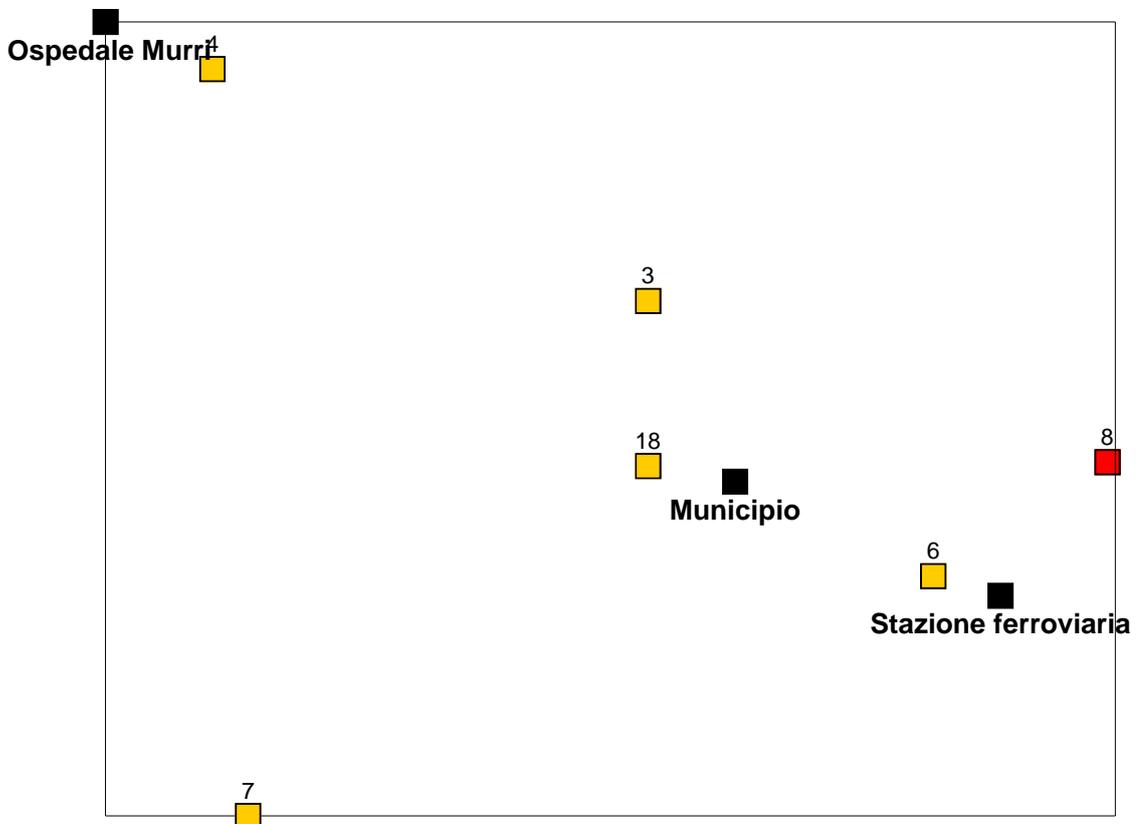


**Figura 4.4** – Cambiamenti registrati nel valore dell'IDL rispetto allo scorso anno nell'area di studio. ■ = situazione atmosferica invariata; ■ = situazione atmosferica peggiorata.

Nelle stazioni 11 (loc. La Chiusa) e 19 (loc. Aia Murata) sono stati trovati ancora una volta i valori più alti dell'IDLs (rispettivamente 63,3 e 75), imputabili però alla presenza di particolari situazioni puntiformi favorevoli, estranee al generale andamento dell'inquinamento atmosferico.

Il valore più basso dell'IDLs (9,7) è stato registrato di nuovo nella stazione 22, situata nel centro urbano di Castelferretti, su tigli in prossimità di una strada molto trafficata, chiaro esempio di una situazione atmosferica puntiforme piuttosto compromessa.

Per quanto riguarda il centro urbano di Jesi, anche in questo caso la situazione è rimasta pressoché invariata rispetto allo scorso anno (Fig. 4.5). Soltanto nella stazione 8 (Via Cascamificio) è stato registrato un valore dell'IDLs (14.7) più basso rispetto a quello della scorsa indagine (27) da imputare però non tanto ad un peggioramento della qualità dell'aria, quanto al fatto che gran parte dei tigli che costeggiavano la via sono stati tagliati. Per questo motivo non è stato possibile eseguire il rilievo sugli stessi alberi utilizzati nella campagna precedente e la scelta dell'albero da utilizzare per il campionamento è stata limitata ai pochi esemplari di tiglio rimasti.



**Figura 4.5** – Cambiamenti registrati nel valore dell'IDL rispetto allo scorso anno nell'area urbana di Jesi. ■ = situazione atmosferica invariata; ■ = situazione atmosferica peggiorata.

In tabella 4.5 sono messe a confronto le specie licheniche ritrovate nelle due indagini di biomonitoraggio del 2001 e del 2002.

<b>SPECIE INDAGINE 2001</b>	<b>SPECIE INDAGINE 2002</b>
<i>Amandinea punctata</i>	<i>Amandinea punctata</i>
<i>Arthonia radiata</i>	<i>Arthonia radiata</i>
<i>Arthopyrenia punctiformis</i>	<i>Arthopyrenia punctiformis</i>
<b><i>Buellia griseovirens</i></b>	<i>Caloplaca cerina</i>
<i>Caloplaca cerina</i>	<i>Caloplaca cerinella</i>
<i>Caloplaca cerinella</i>	<i>Candelaria concolor</i>
<i>Candelaria concolor</i>	<i>Collema furfuraceum</i>
<i>Collema furfuraceum</i>	<i>Collema ligerinum</i>
<i>Collema ligerinum</i>	<b><i>Evernia prunastri</i></b>
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	<i>Hyperphyscia adglutinata</i>
<i>Lecanora carpinea</i>	<i>Lecanora carpinea</i>
<i>Lecanora chlarotera</i>	<i>Lecanora chlarotera</i>
<i>Lecanora horiza</i>	<i>Lecanora horiza</i>
<b><i>Lecanora sambuci</i></b>	<b><i>Lecanora sp.</i></b>
<i>Lecidella elaeochroma</i>	<i>Lecidella elaeochroma</i>
<i>Lepraria sp.</i>	<i>Lepraria sp.</i>
<i>Melaspilea urceolata</i>	<i>Melaspilea urceolata</i>
<i>Mycomicrothelia confusa</i>	<i>Mycomicrothelia confusa</i>
<i>Opegrapha varia</i>	<i>Opegrapha varia</i>
<i>Parmelia glabra</i>	<i>Parmelia glabra</i>
<i>Parmelia subrudecta</i>	<i>Parmelia subrudecta</i>
<i>Phaeophyscia hirsuta</i>	<b><i>Pertusaria sp.</i></b>
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	<i>Phaeophyscia hirsuta</i>
<i>Physcia adscendens</i>	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>
<i>Physcia aipolia</i>	<i>Physcia adscendens</i>
<i>Physcia biziana</i>	<i>Physcia aipolia</i>
<i>Physconia distorta</i>	<i>Physcia biziana</i>
<i>Physconia grisea</i>	<i>Physconia distorta</i>
<i>Physconia servitii</i>	<i>Physconia grisea</i>
<i>Physconia venusta</i>	<i>Physconia servitii</i>
<i>Ramalina sp.</i>	<i>Physconia venusta</i>
<i>Rinodina sophodes</i>	<i>Ramalina sp.</i>
<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Rinodina sophodes</i>
	<i>Xanthoria parietina</i>

Le differenze nelle liste floristiche delle due indagini di biomonitoraggio sono probabilmente dovute a minimi spostamenti nel posizionamento del reticolo sul tronco dell'albero nella campagna del 2002 rispetto a quella dello scorso anno. Infatti si tratta sempre di specie di piccole dimensioni (nel caso di *Lecanora* sp. e *Pertusaria* sp. non è stato possibile neppure una determinazione a livello specifico) e sono tutte molto rare nell'area di indagine.

## 4.2 BIOACCUMULO DI ELEMENTI IN TRACCIA

Le concentrazioni degli elementi in traccia riscontrate all'interno dei talli trapiantati di *Evernia prunastri* sono riportati in tabella 4.6.

	B1	1	2	3	4	6	7	8	9	10	M	DS.	CV.
Li	0,14	0,43	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,06	0,00	0,06	0,14	238,9
Be	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	21,43
Na	225	485	1000	781	1476	537	2054	1074	2458	2019	1320	717	54,29
Mg	752	856	1008	965	1159	736	1137	1025	1143	1158	1021	149	14,61
Al	639	657	649	731	523	633	466	746	645	599	628	89,61	14,28
K	2835	2506	2384	2847	2858	1767	2132	2852	2799	2928	2564	402	15,69
Ca	1495	2238	2799	2413	2130	3405	2900	2127	2010	2225	2472	465	18,81
V	1,36	1,68	1,68	1,84	1,45	1,81	1,76	1,82	1,86	1,49	1,71	0,15	8,82
Cr	1,26	1,68	1,73	1,82	1,40	2,03	2,23	2,59	1,80	1,62	1,88	0,36	19,01
Mn	45,56	50,54	42,92	53,02	47,04	44,38	52,92	49,94	65,09	53,84	51,08	6,52	12,77
Fe	419	546	576	613	503	642	528	645	544	574	575	50,04	8,71
Co	0,19	0,26	0,24	0,27	0,23	0,25	0,27	0,26	0,59	0,25	0,29	0,11	38,77
Ni	1,50	1,97	1,83	2,26	2,99	2,05	2,04	2,11	3,08	5,87	2,69	1,27	47,35
Cu	8,90	13,74	9,13	10,47	8,71	14,12	10,90	9,21	9,52	9,10	10,54	2,04	19,38
Zn	24,53	23,38	25,08	31,83	31,10	35,87	36,67	29,63	25,33	128	40,77	33,04	81,05
Ga	0,15	0,19	0,18	0,21	0,13	0,19	0,14	0,20	0,17	0,16	0,17	0,03	15,46
As	0,30	0,32	0,34	0,38	0,30	0,37	0,39	0,35	0,36	0,34	0,35	0,03	8,21
Se	0,07	0,03	0,23	0,12	1,19	0,10	0,27	0,35	0,26	0,77	0,37	0,38	101,7
Rb	2,46	3,05	2,81	3,61	4,44	2,22	2,73	3,76	3,21	3,57	3,27	0,66	20,17
Sr	9,21	14,10	16,30	14,71	15,74	16,58	17,10	13,75	15,66	15,26	15,47	1,13	7,28
Ag	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	16,32
Cd	0,12	0,11	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12	0,11	0,13	0,12	0,12	0,01	6,58
In	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	300,0
Cs	0,05	0,10	0,09	0,09	0,07	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,01	12,01
Ba	7,61	11,92	11,86	11,95	10,82	15,21	13,65	11,45	11,97	10,73	12,17	1,42	11,65
Tl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Pb	3,78	4,24	4,65	4,95	4,33	7,19	5,18	4,47	3,82	5,39	4,91	0,98	20,02
Bi	0,04	0,03	0,03	0,06	0,02	0,06	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	39,53
U	0,18	0,17	0,18	0,19	0,18	0,19	0,22	0,17	0,18	0,18	0,18	0,02	8,18

**Tabella 4.6** – Concentrazione degli elementi in traccia nei talli trapiantati di *Evernia prunastri* dopo i tre mesi di esposizione e nei campioni di controllo. B1 = campione di controllo conservato a Siena; M = valore medio per Jesi; D.S. = deviazione standard; C.V. = coefficiente di variazione (%).

La lichen-bag esposta nella stazione 5 è andata perduta per la potatura dell'albero per cui non sono disponibili i dati di bioaccumulo relativi a quella stazione.

I coefficienti di variazione indicano che le concentrazioni della maggior parte degli elementi esaminati sono sostanzialmente costanti mentre le concentrazioni di Li, Zn, Se e In sono molto variabili.

La tabella 4.7 mostra i risultati del confronto statistico (test U di Mann-Whytney) fra le concentrazioni degli elementi in traccia nei talli trapiantati e i valori registrati nel controllo.

	ST 1	ST 2	ST 3	ST 4	ST 6	ST 7	ST 8	ST 9	ST 10
<b>Li</b>	NS	S	S	S	S	S	S	NS	S
<b>Be</b>	NS								
<b>Na</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Mg</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Al</b>	S	NS	S	S	NS	S	S	NS	S
<b>K</b>	S	S	NS	NS	S	S	NS	NS	S
<b>Ca</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>V</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Cr</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Mn</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Fe</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Co</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Ni</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Cu</b>	S	S	S	NS	S	S	NS	S	NS
<b>Zn</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Ga</b>	S	S	S	NS	S	NS	S	S	S
<b>As</b>	NS	S	S	NS	S	S	S	S	S
<b>Se</b>	NS	NS	NS	S	NS	NS	S	NS	S
<b>Rb</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Sr</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Ag</b>	S	NS	NS	NS	S	NS	S	S	NS
<b>Cd</b>	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	NS
<b>In</b>	NS	S							
<b>Cs</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Ba</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S
<b>Tl</b>	S	NS	S	NS	S	NS	NS	S	NS
<b>Pb</b>	S	S	S	S	S	S	S	NS	S
<b>Bi</b>	S	S	S	S	S	S	NS	S	S
<b>U</b>	NS	NS	NS	NS	S	S	NS	NS	NS

**Tabella 4.7** – Risultati del confronto statistico (test U di Mann-Whytney) fra le concentrazioni degli elementi in traccia nel campione di controllo e quelli nei talli trapiantati. S = differenze significative ( $p < 0,05$ ); NS = differenze non significative.

Come si può notare, nella maggior parte dei casi si tratta di differenze statisticamente significative.

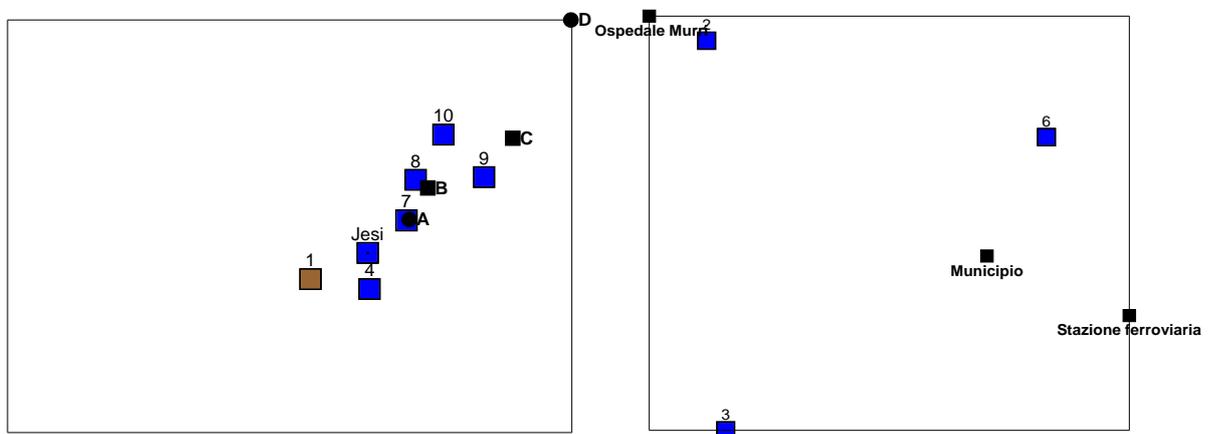
Per ogni elemento in traccia considerato è stato calcolato il valore di discostamento percentuale (VD %) dal campione di controllo per ogni singola stazione. In base a tale valore sono state poi costruite delle carte in cui ad ogni stazione corrisponde uno specifico colore in base ad una scala suddivisa in 5 intervalli che esprimono il grado di deviazione dalle concentrazioni dei vari elementi rispetto al controllo (Tab. 4.8):

VD %	COLORE
fino a 25	■
25 – 50	■
50 – 75	■
75 – 100	■
>100	■

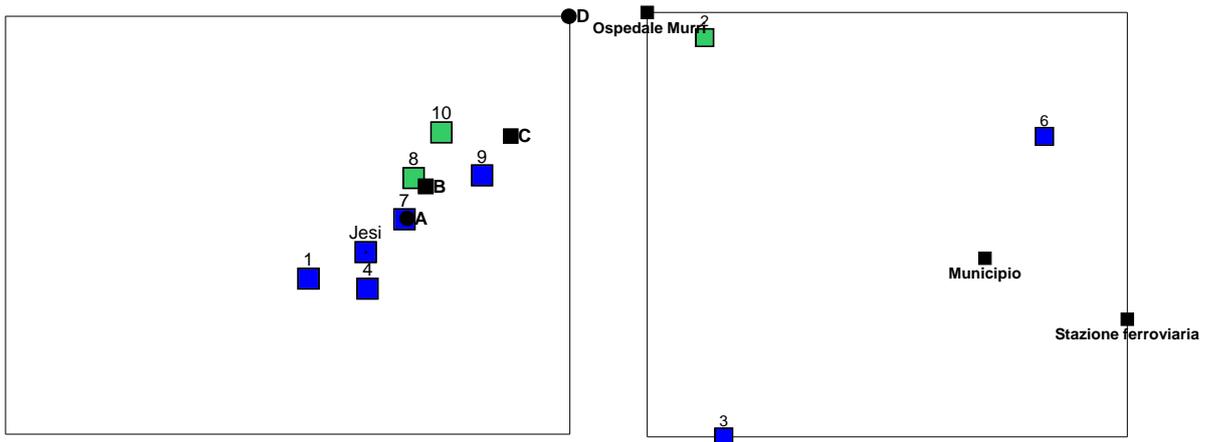
**Tabella 4.8** – Scala utilizzata nei riporti cartografici per visualizzare il valore di discostamento percentuale (VD %) di ogni elemento dal campione di controllo.

Per ogni elemento sono state costruite due carte, una relativa all'area di studio in generale, dove la città di Jesi è rappresentata da un quadratino che rispecchia il valore medio di discostamento percentuale delle tre stazioni urbane, e l'altra relativa al centro urbano di Jesi, dove le tre stazioni sono considerate separatamente.

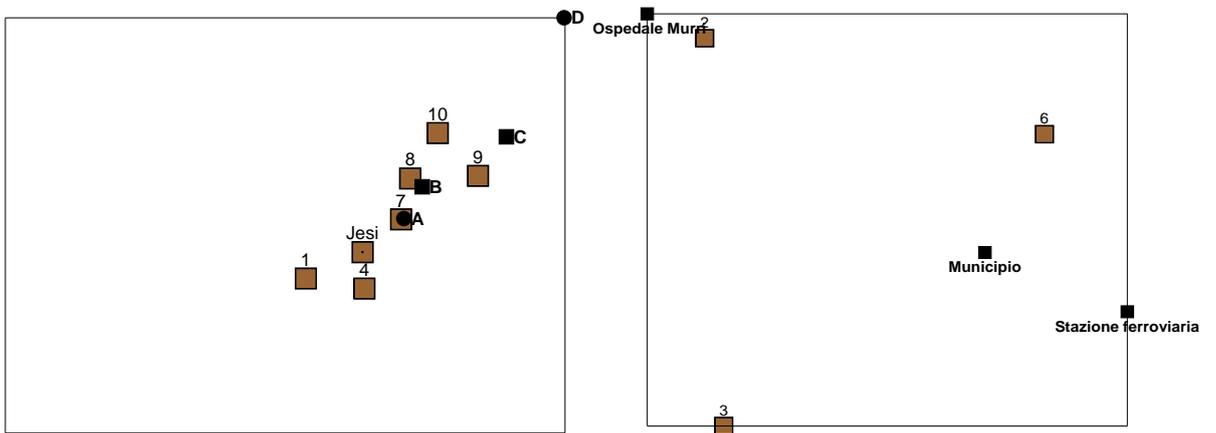
### Litio:



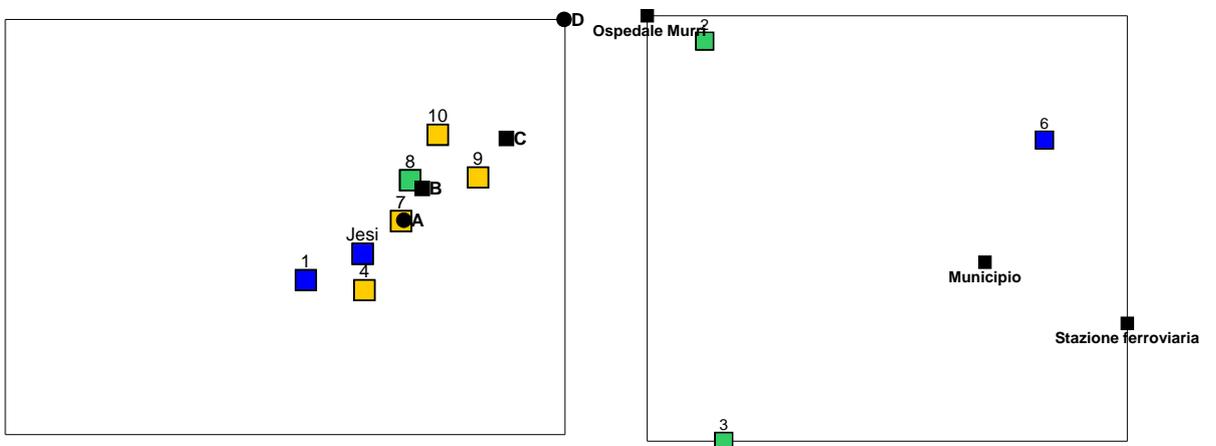
## Berillio:



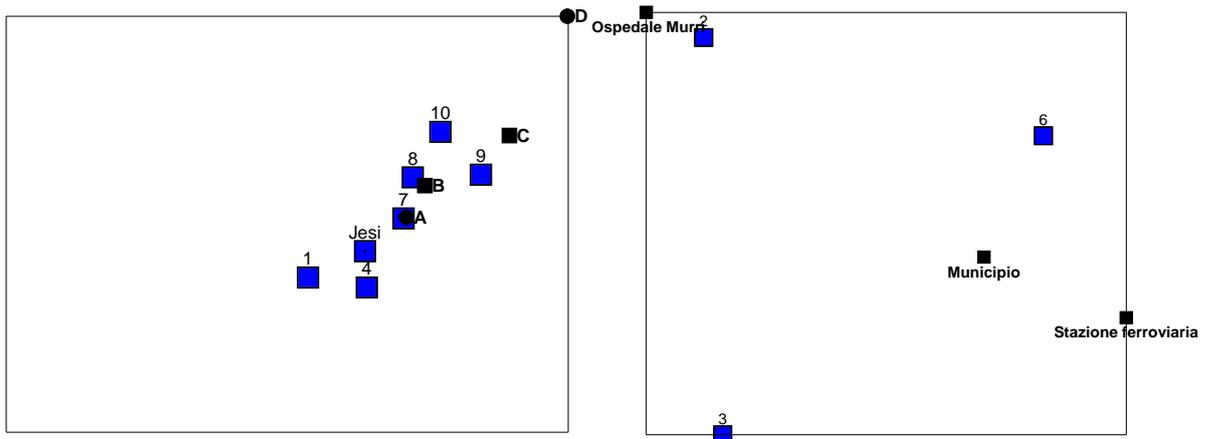
## Sodio:



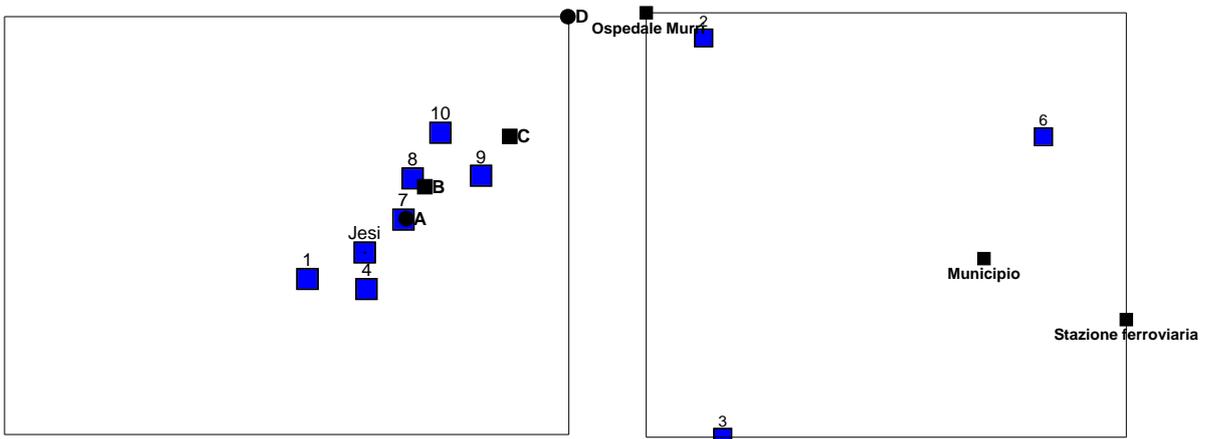
## Magnesio:



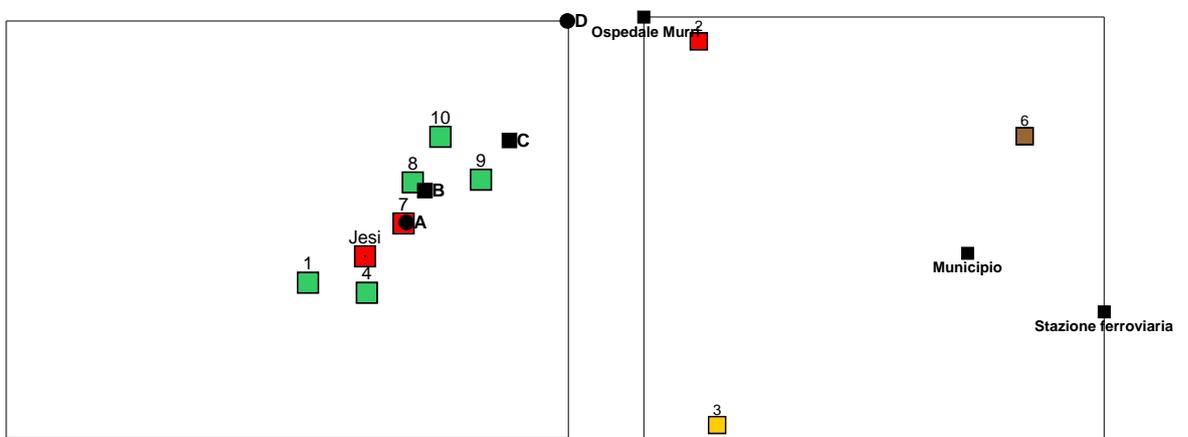
## Alluminio:



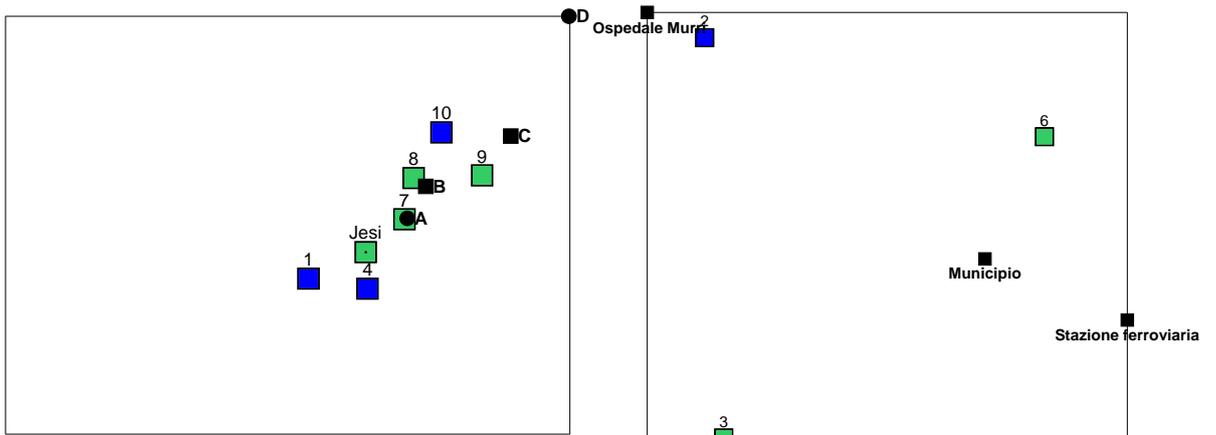
## Potassio:



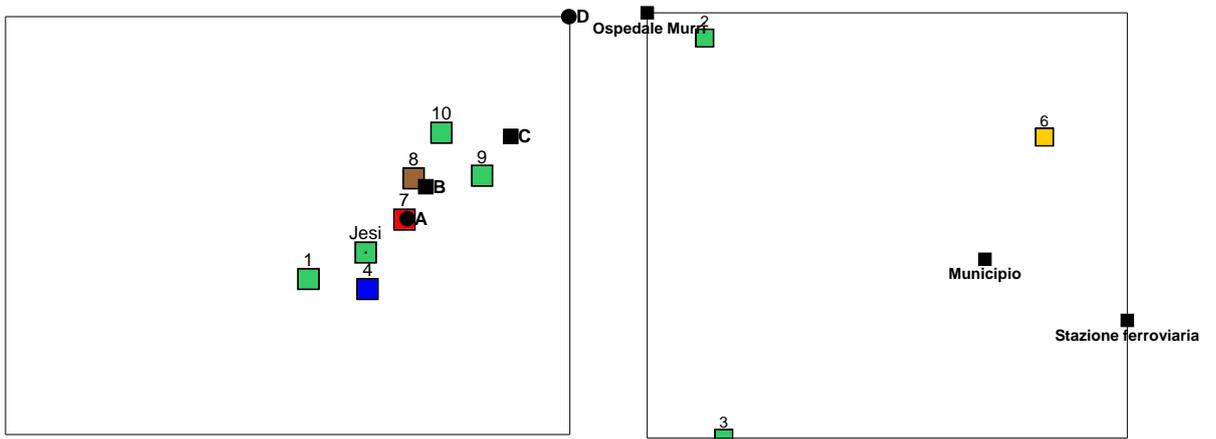
## Calcio:



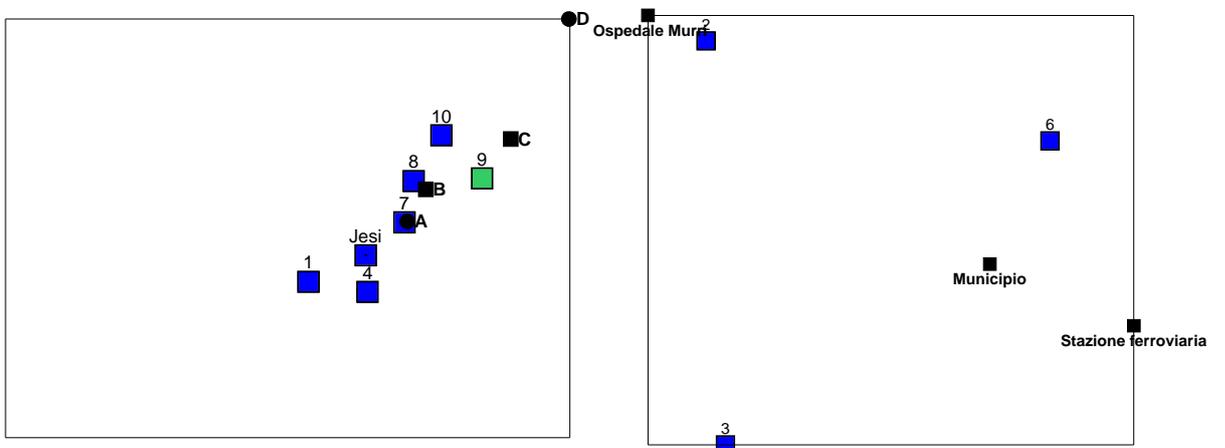
## Vanadio:



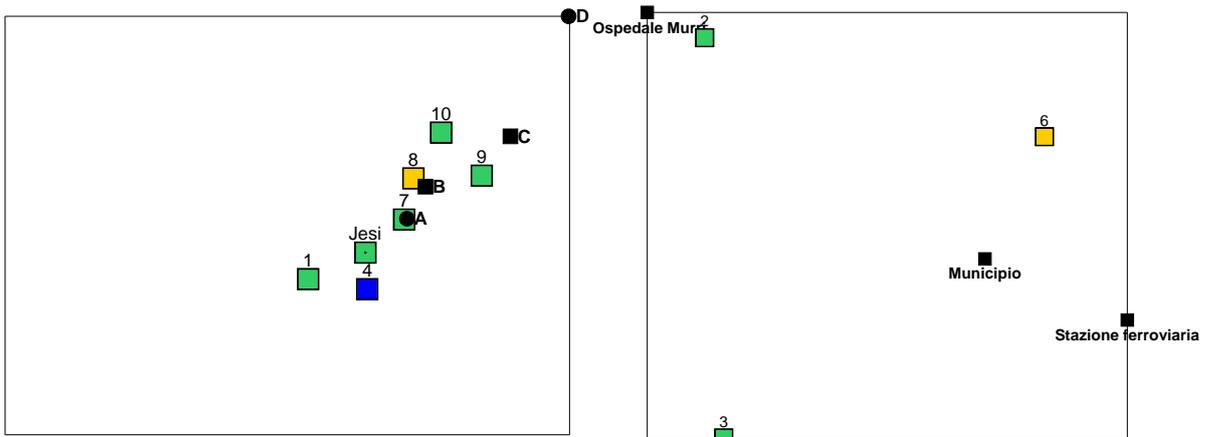
## Cromo:



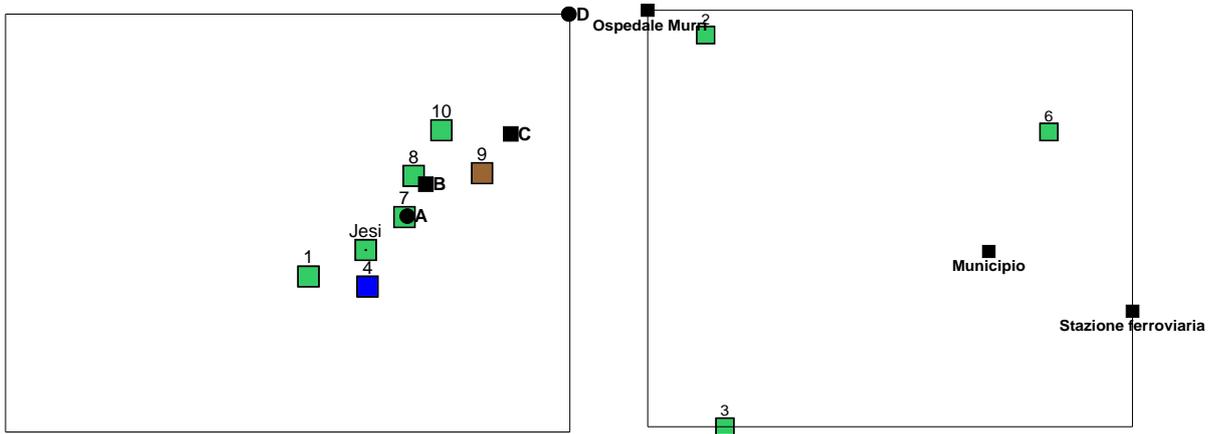
## Manganese:



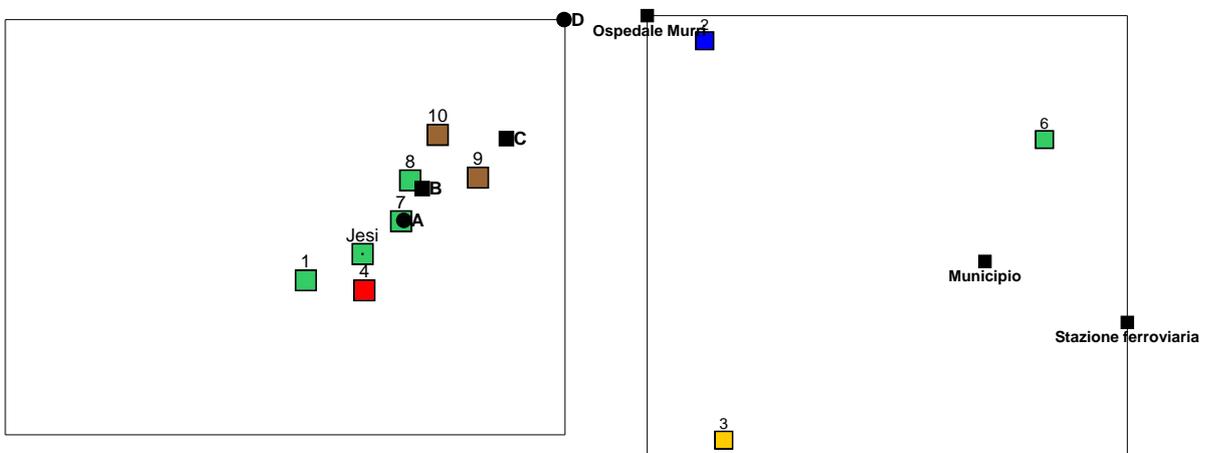
## Ferro:



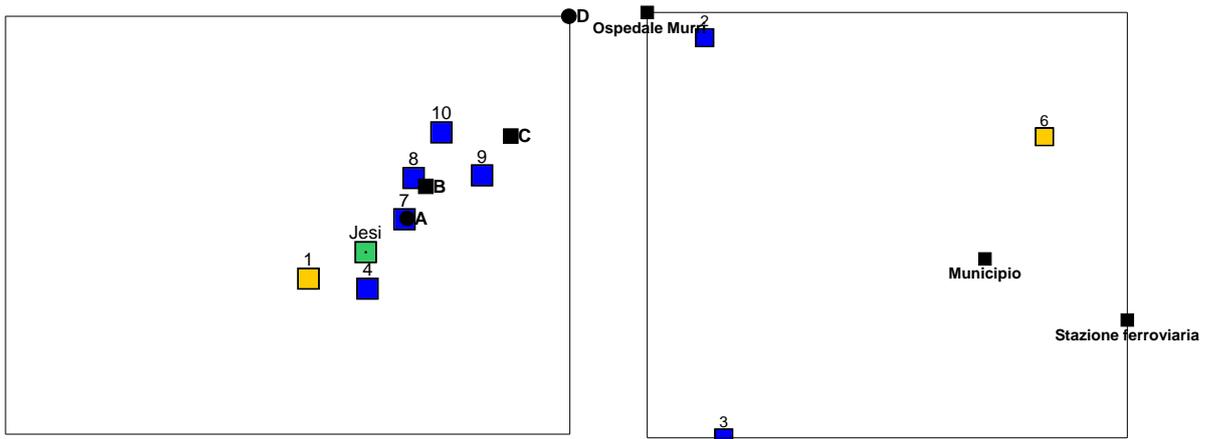
## Cobalto:



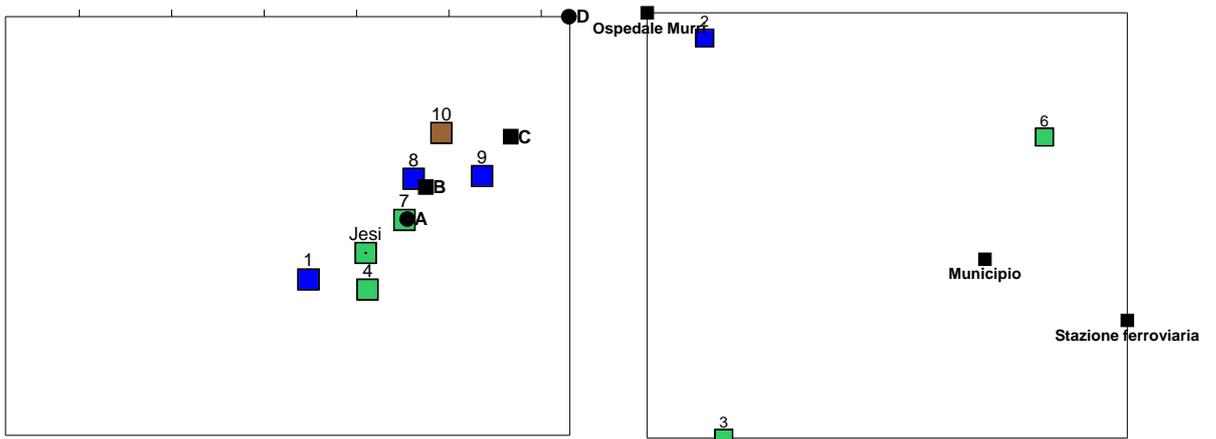
## Nichel:



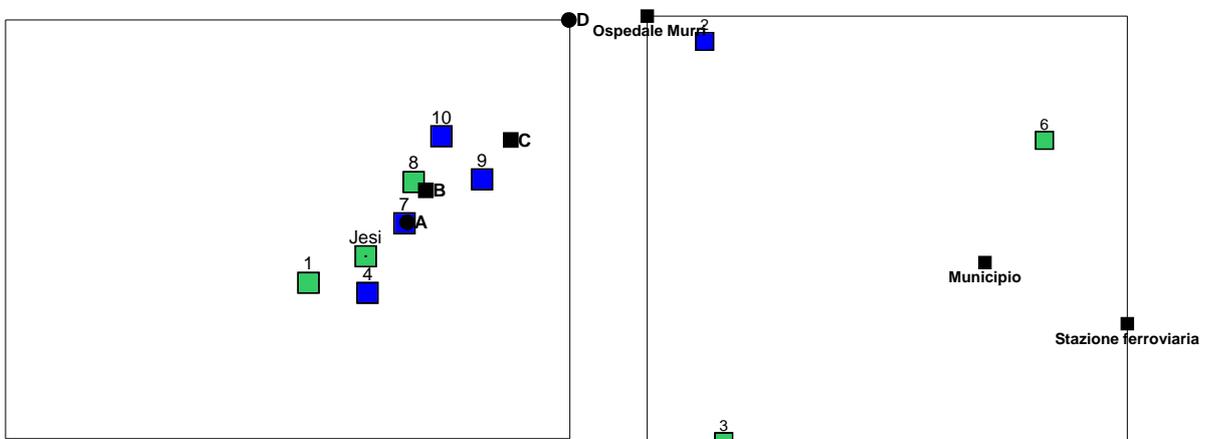
**Rame:**



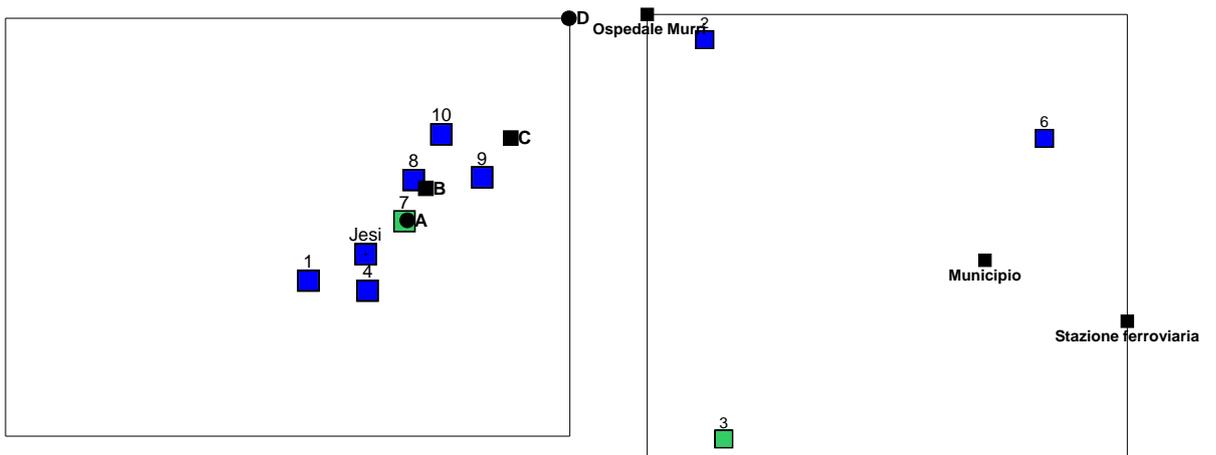
**Zinco:**



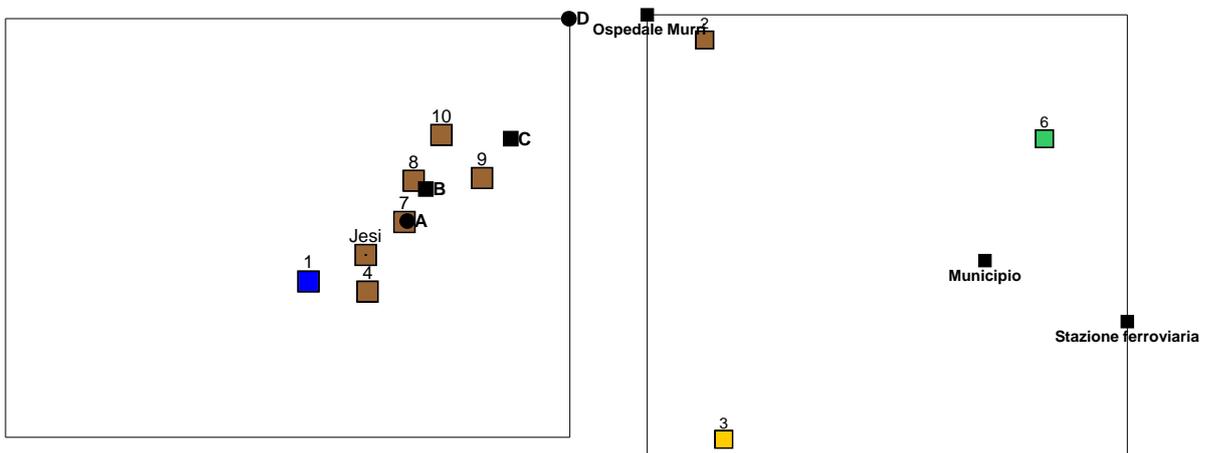
**Gallio:**



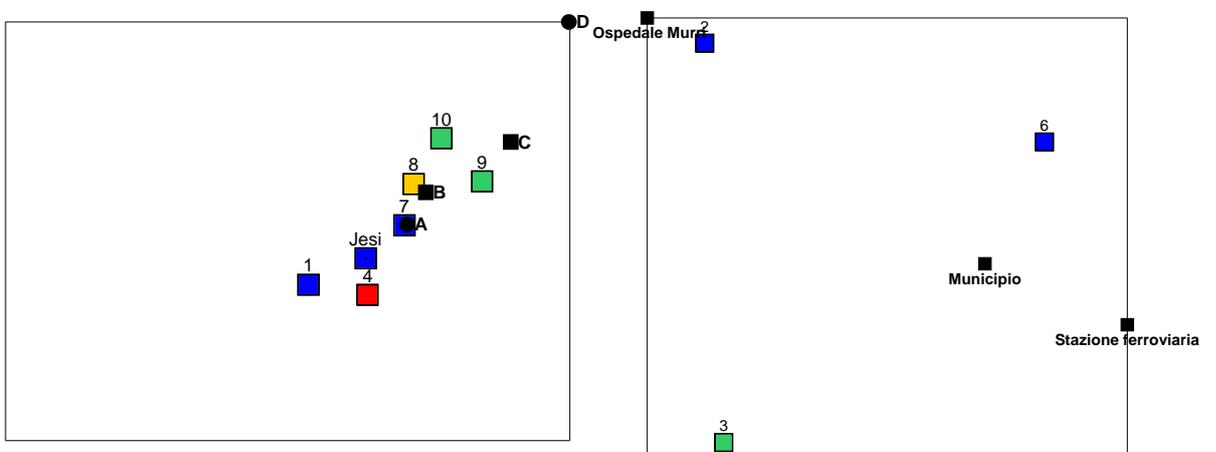
## Arsenico:



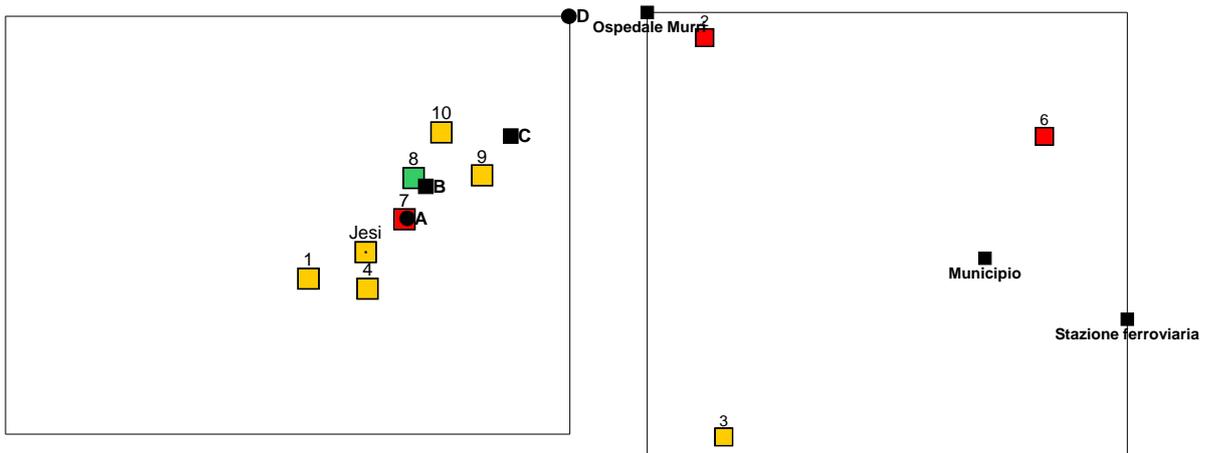
## Selenio:



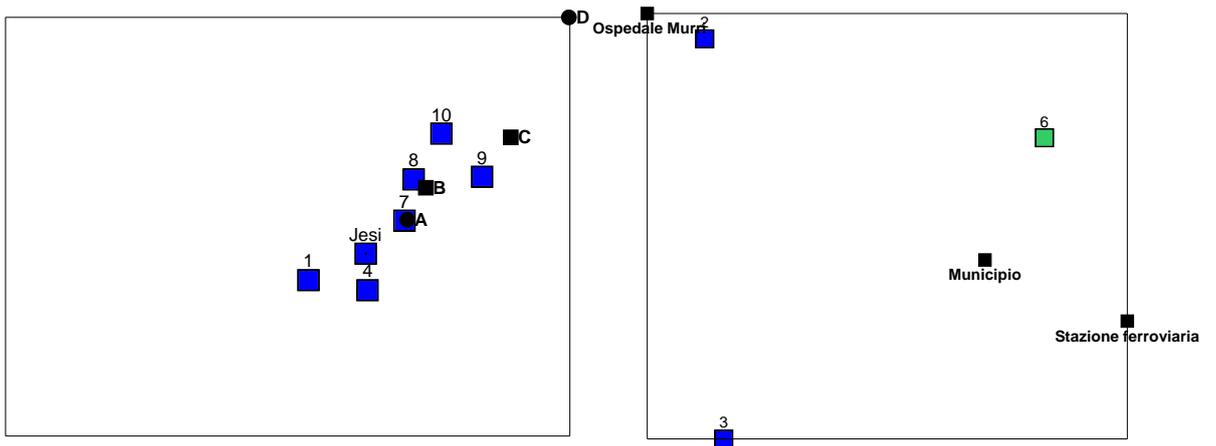
## Rubidio:



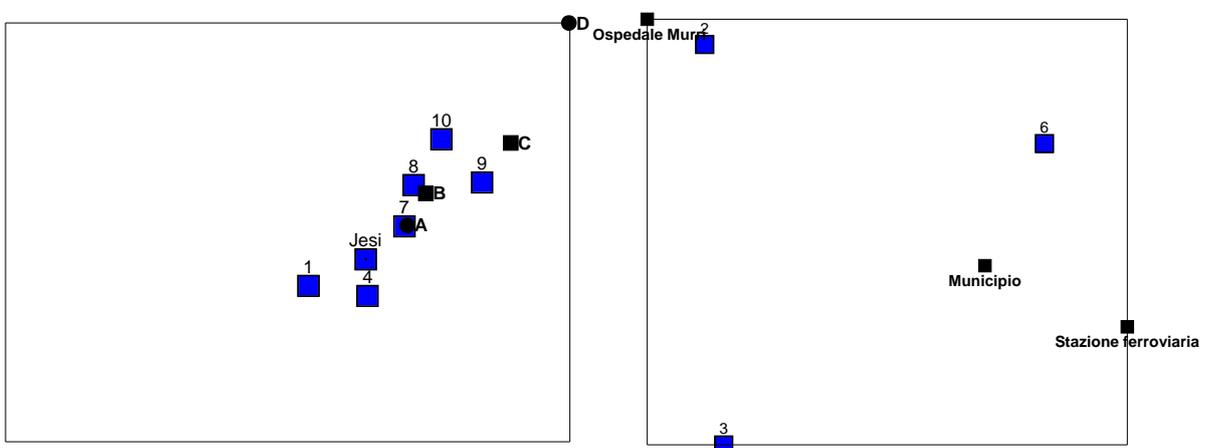
## Stronzio:



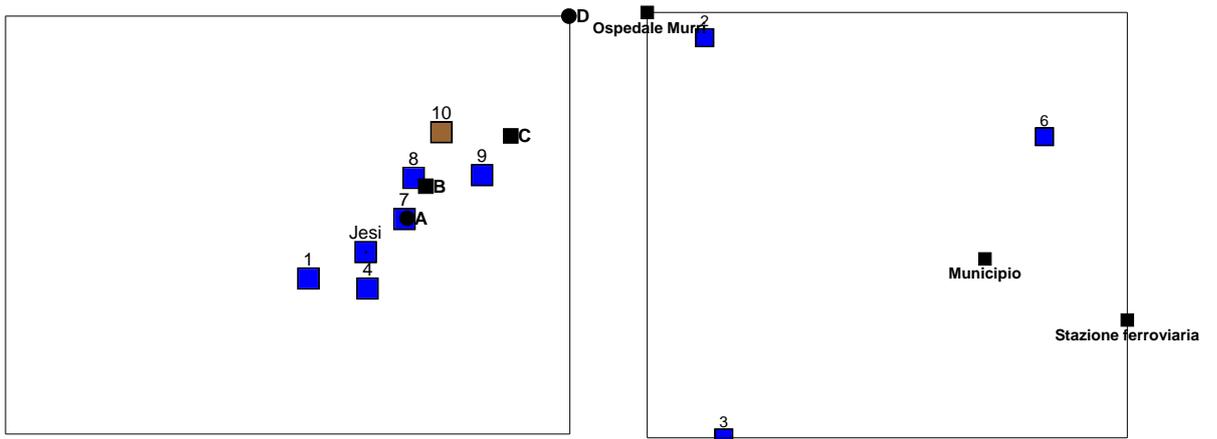
## Argento:



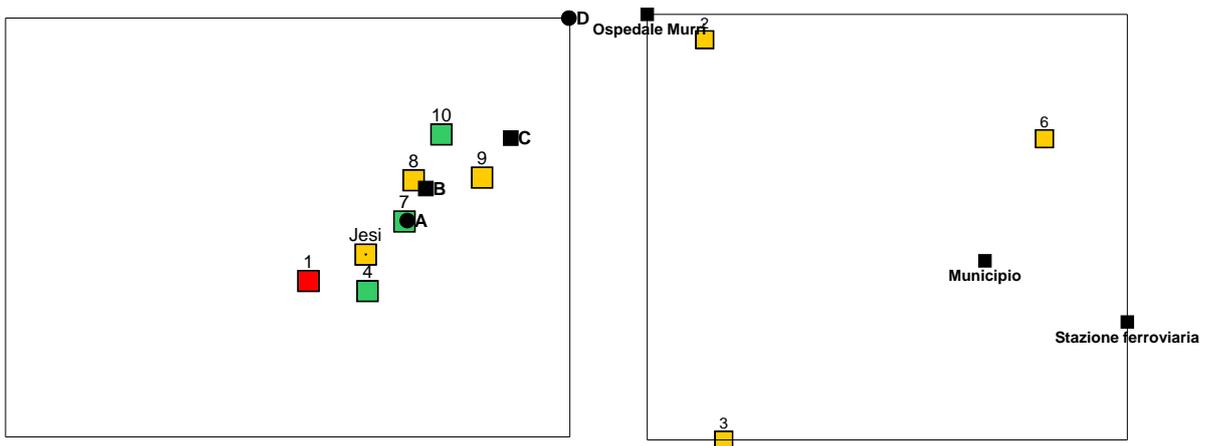
## Cadmio:



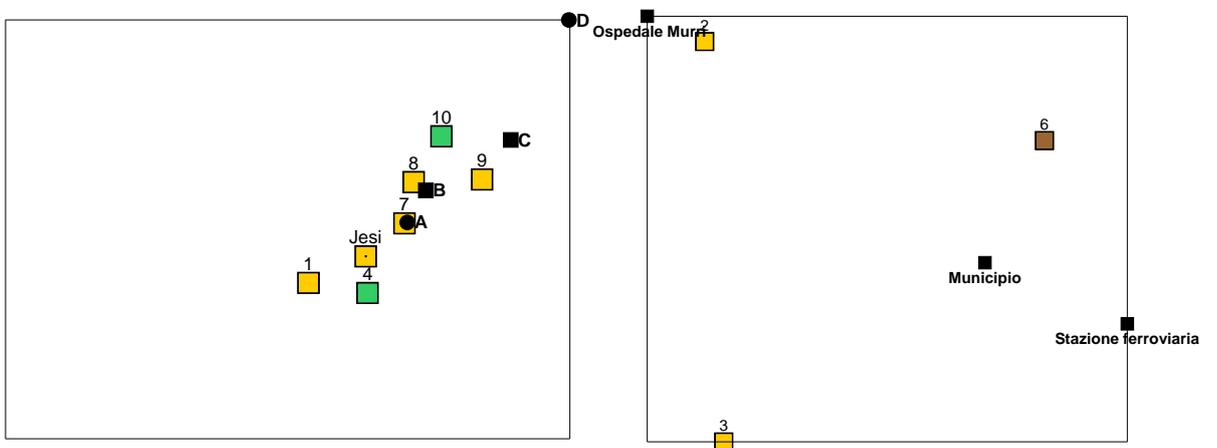
**Indio:**



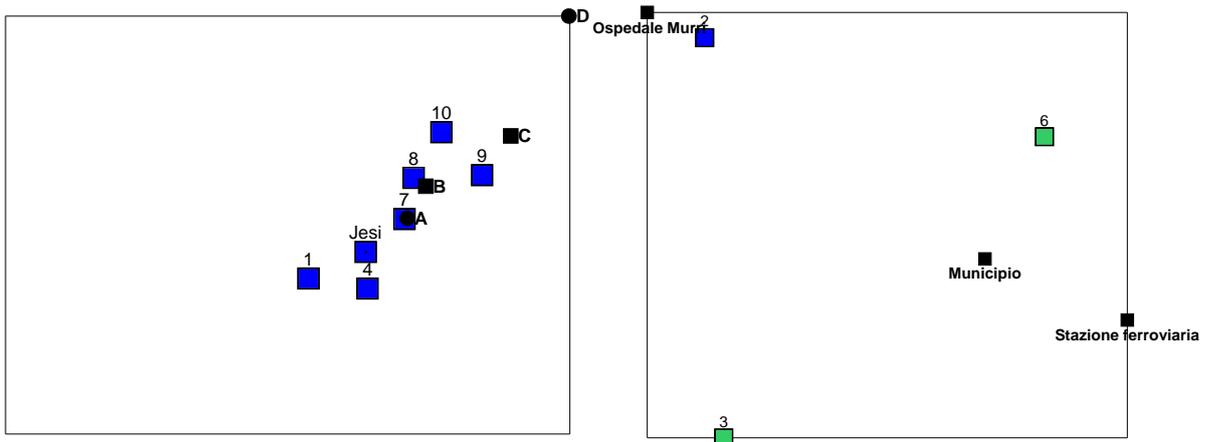
**Cesio:**



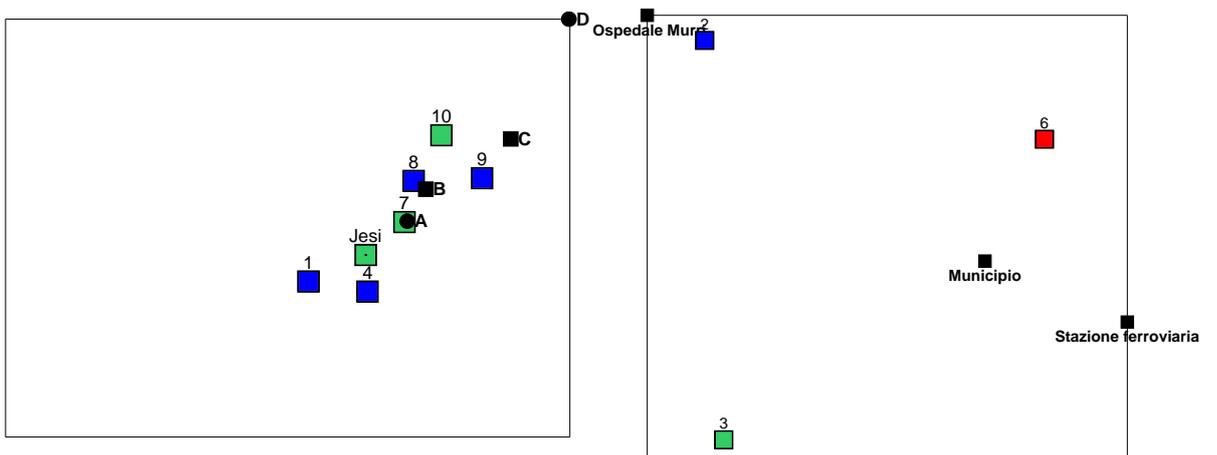
**Bario:**



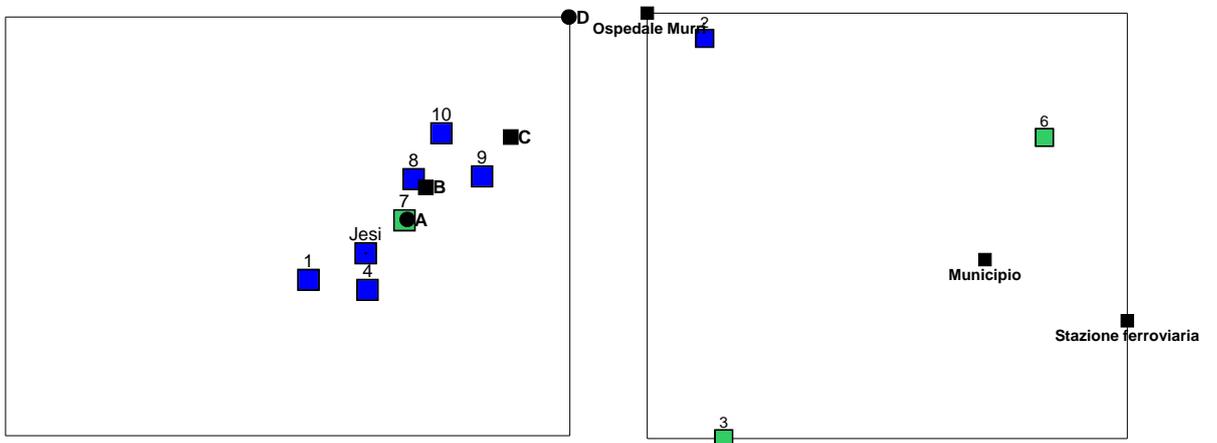
**Tallio:**



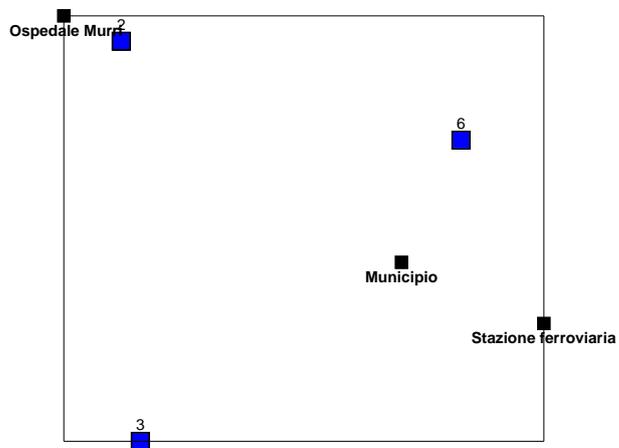
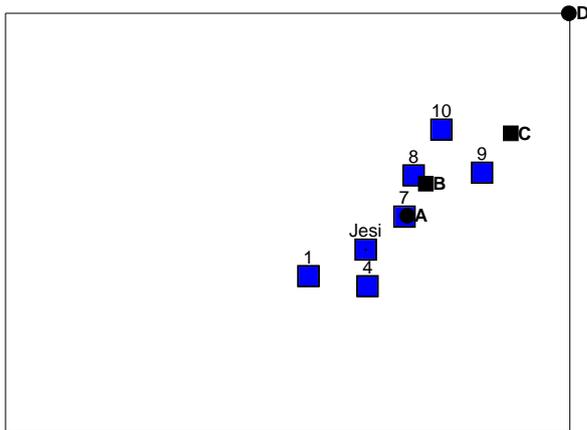
**Piombo:**



**Bismuto:**



# Uranio:



Nella tabella 4.9 sono confrontati i valori medi di discostamento percentuale dal campione di controllo ottenuti nella presente indagine con i dati riportati da altri autori in studi simili (Bini *et al.*, 1997; Bartoli *et al.*, 1994; Caniglia *et al.*, 1994; Loppi *et al.*, 1998; Bari *et al.*, 2001).

Per quanto riguarda il Pb, la cui fonte di emissione principale è rappresentata dal traffico veicolare, appare immediatamente evidente che la percentuale di discostamento dal controllo a Jesi (30) è piuttosto bassa, soprattutto se confrontata con quella misurata a Vercelli (180) e a Roma (399). Lo stesso si può dire per Cd, Cu e Cr. Per lo Zn si ha un discostamento percentuale più elevato (66,4) e comunque superiore a quello misurato a Vercelli (20,5) e a Colle di Val d'Elsa (49,7). Valori bassi di discostamento percentuale sono stati misurati anche per il Mn (12,1) e il Fe (37,1) mentre per il Ni è stato registrato un valore di 78,9, di poco inferiore soltanto a quello misurato a Vercelli (86,1).

La tabella 4.10 mostra i coefficienti di correlazione fra coppie di elementi. Fra le correlazioni altamente significative ( $p < 0,001$ ) ricordiamo quelle fra le seguenti coppie di elementi: Cr-V; FeV; Fe-Cr; Zn-Ni; As-V; As-Cr; As-Fe; Ba-V; Ba-Cr; Ba-Fe; Ba-Cu; Ba-As; Pb-Fe; Pb-Cu e Pb- Ba.

#### **4.2.1 COMMENTO AI RISULTATI DI BIOACCUMULO**

Di seguito viene fornito un commento relativo ad alcuni elementi in traccia ritenuti di particolare interesse (Bargagli, 1998):

- Be, V, Cr, Ni, As, Cd e Pb in quanto tossici per l'uomo anche a basse concentrazioni;
- Cu, Zn, Se, e Ba in quanto tossici a concentrazioni elevate;
- Al, Mn e Fe in quanto poco tossici, ma spesso di derivazione terrigena per cui le loro concentrazioni permettono di stimare il grado di contaminazione da particelle di suolo.

Per ognuno di essi vengono riportati gli usi, le principali fonti di emissione, gli effetti dannosi per gli organismi viventi e un commento sui valori registrati nell'area di studio.

	Jesi	Colle V.D.	Teramo	Padova	Vercelli	Firenze	Roma
<b>Li</b>	-58,2	--	--	--	--	--	--
<b>Be</b>	4,3	50,0	--	--	--	--	--
<b>Na</b>	487,8	41,1	--	--	--	--	--
<b>Mg</b>	35,8	12,5	--	--	--	--	--
<b>Al</b>	-1,8	20,4	--	--	--	9,8	--
<b>K</b>	-9,6	33,5	--	--	--	--	--
<b>Ca</b>	65,4	-6,1	--	--	--	--	--
<b>V</b>	25,7	43,9	--	--	--	--	--
<b>Cr</b>	48,5	42,4	50,0	71,4	280,0	--	--
<b>Mn</b>	12,1	-7,1	--	247,6	-3,6	--	--
<b>Fe</b>	37,1	32,1	--	126,6	440,4	--	--
<b>Co</b>	49,3	34,0	--	--	--	--	--
<b>Ni</b>	78,9	-32,9	--	-10,7	86,1	6,4	--
<b>Cu</b>	18,5	37,0	88,6	74,0	105,7	--	--
<b>Zn</b>	66,4	49,7	97,2	102,0	20,5	--	--
<b>Ga</b>	18,5	10,6	--	--	--	--	--
<b>As</b>	17,4	25,2	--	--	--	--	--
<b>Se</b>	420,1	26,5	--	--	--	--	--
<b>Rb</b>	32,8	-22,3	--	--	--	--	--
<b>Sr</b>	67,9	3,3	--	--	--	--	--
<b>Ag</b>	7,8	47,7	--	--	--	--	--
<b>Cd</b>	-0,2	4,4	71,7	--	100,0	64,3	--
<b>In</b>	-17,8	0,0	--	--	--	--	--
<b>Cs</b>	55,6	22,9	--	--	--	--	--
<b>Ba</b>	60,1	22,0	--	--	--	--	--
<b>Tl</b>	15,5	16,0	--	--	--	--	--
<b>Pb</b>	30,0	78,7	55,0	64,2	180,0	50,0	399,0
<b>Bi</b>	-0,8	4,6	--	--	--	--	--
<b>U</b>	3,4	9,6	--	--	--	--	--

**Tabella 4.9** – Confronto fra i valori medi percentuali di discostamento dal campione di controllo delle concentrazioni degli elementi in traccia a Jesi (Evernia prunastri), Colle di Val d'Elsa (Evernia prunastri) (Loppi, dati inediti), Teramo (Evernia prunastri) (Loppi et al., 1998), Padova (Evernia prunastri) (Caniglia et al., 1994), Vercelli (Pseudevernia furfuracea) (Bari et al., 2001), Firenze (Evernia prunastri) (Bini et al., 1997) e Roma (Evernia prunastri) (Bartoli et al., 1994).

**Berillio** – Viene utilizzato sottoforma di silicati nella produzione di leghe con Cu, Zn e Ni, come moderatore neutro nei reattori nucleari, nei freni dei velivoli, nei sistemi di guida inerziale di missili ed aeroplani e nei componenti strutturali di veicoli spaziali. La fonte principale di emissione in atmosfera sembra essere la combustione del carbone. Il berillio è tossico per l'uomo in quanto può indurre alterazioni patologiche nel sistema immunitario, complicazioni cardiache, infiammazioni del polmone, dermatiti ed ulcerazioni della pelle (Lee, 1972).

Nel presente studio le differenze fra le concentrazioni di Be misurate nei talli di *Evernia prunastri* trapiantati e quelle misurate nel campione di controllo non sono risultate statisticamente significative (Tab. 4.7). Il valore medio di discostamento percentuale dal campione di controllo è di 4,3 (Tab. 4.9). Le condizioni ambientali nell'area di studio per questo elemento appaiono dunque buone.

**Alluminio** – Viene impiegato per la produzione di leghe leggere nella costruzione di veicoli, aerei, navi, etc., di vernici e per pellicole di Alluminio, come mordente nella colorazione di fibre tessili e come impermeabilizzante. Ha una tossicità molto bassa ma, essendo il terzo elemento più abbondante nella crosta terrestre, permette di valutare la contaminazione terrigena dei campioni.

Nell'area di studio differenze statisticamente significative nella concentrazione di Al rispetto al campione di controllo sono state registrate per le stazioni 1, 3, 4, 7, 8 e 10. Per le stazioni 1, 3 e 8 si è registrato un discostamento percentuale positivo che però è risultato minore di 25. Nelle altre stazioni i campioni di *Evernia prunastri* trapiantati hanno registrato una concentrazione di Al minore rispetto al controllo spiegabile con un possibile dilavamento dovuto a una pioggia particolarmente intensa durante il periodo di esposizione. In generale nell'area di studio non è stata registrata alcuna importante contaminazione da alluminio.

**Vanadio** – Viene usato nella produzione di Ferro-Vanadio, nella sintesi di leghe con Titanio, come additivo dell'acciaio, come catalizzatore in varie reazioni chimiche industriali, nella produzione della ceramica e di vari prodotti chimici. È presente nei prodotti di combustione del carbone e di altri carburanti di origine fossile. La tossicità del vanadio si manifesta prima attraverso irritazione polmonare e irritazione agli occhi fino a varie malattie dell'apparato respiratorio, incluso il cancro al polmone.

Nell'area di studio il valore medio di discostamento percentuale dal campione di controllo è di 25,7 (Tab. 4.9). Nelle stazioni 3, 6, 7, 8 e 9 si è registrato un discostamento percentuale positivo compreso fra 25 e 50; per le altre stazioni (1, 2, 4 e 10) il discostamento è minore di 25. Il vanadio può venire assorbito facilmente dagli ossidi di ferro e questo potrebbe spiegare la sua buona correlazione con quest'ultimo metallo ( $R=0,72$ ;  $p<0,001$ ; Tab.4.10). I valori registrati nell'area di studio non sono tali da far supporre forti contaminazioni da vanadio per cui, in generale, la situazione appare piuttosto buona.

**Cromo** – È molto usato negli impianti di cromatura, nella produzione di vernici, nelle concerie, cartiere, tintorie industriali, lavorazione dell'acciaio ed altri metalli. Lo stato di ossidazione VI è molto tossico e può provocare cancro al polmone ed ulcerazioni della pelle (Lee, 1972).

Nell'area di studio il valore medio di discostamento percentuale dal campione di controllo è di 48,5 (Tab. 4.9), superiore a quello registrato a Colle di Val d'Elsa e inferiore a quello registrato a Teramo, Padova e soprattutto Vercelli. Nella stazione 8 il discostamento è tuttavia superiore a 100 (105) e suggerisce una contaminazione da cromo elevata. In questa zona (Monsano, nei pressi dell'ex-RCD) è infatti in attività una fabbrica che utilizza celle galvaniche, che alcuni anni fa ha prodotto un grosso inquinamento da cromo (Urbani, comunicazione orale) Anche nella stazione 7 (Zona industriale) è stato registrato un valore piuttosto elevato (76) anche se inferiore a quello della stazione precedente. Nel centro urbano di Jesi il valore di discostamento più alto (61) è stato registrato nella stazione 6 (Viale della Vittoria) e ciò suggerisce che la fonte di contaminazione principale sia rappresentata dal traffico. In tutte le altre stazioni dell'area di studio i valori sono compresi fra 25 e 50 ad eccezione che per la stazione 4 dove si è registrato un valore di 10. In generale nell'area di studio è stata registrata una contaminazione da cromo che, per alcune stazioni, è risultata non trascurabile.

**Manganese** – Si impiega nell'industria del Ferro e dell'Acciaio ed è presente anche come additivo nei carburanti (Floccia *et al.*, 1985). Altre fonti sono la combustione del carbone, del petrolio e l'incenerimento dei rifiuti. Ha una tossicità molto bassa ma insieme all'alluminio permette di valutare la contaminazione terrigena dei campioni.

Nell'area di studio i valori di discostamento percentuale dal campione di controllo sono tutti piuttosto bassi. Il valore medio è di 12,1 (Tab. 4.9), in accordo con il valore registrato a Colle di Val d'Elsa e a Vercelli e nettamente inferiore al valore medio registrato a Padova. Soltanto nella stazione 9 è stato registrato un valore di discostamento più elevato (43) che tuttavia non indica alcun fenomeno di rilevante alterazione ambientale. In generale quindi le condizioni ambientali nell'area di studio per questo elemento appaiono piuttosto buone.

**Ferro** – Ha origine prevalentemente litogena. Fonti secondarie sono gli scarichi delle miniere e le industrie metallurgiche e petrolifere. La sua tossicità è bassa e insieme a Mn e Al viene spesso utilizzato per valutare la contaminazione terrigena dei campioni.

I valori più elevati di discostamento percentuale dal campione di controllo sono stati registrati nelle stazioni 6 (53) e 8 (54). In tutte le altre stazioni sono stati misurati dei valori compresi fra 25 e 50 ad eccezione della stazione 4 dove è stato registrato un valore di 20. Il valore di discostamento

percentuale medio per l'area di studio è di 37,1, simile a quello registrato a Colle di Val d'Elsa ma notevolmente inferiore rispetto a quello di Padova e Vercelli. La correlazione statisticamente positiva con l'alluminio ( $R=0,48$ ;  $p<0,01$ ; Tab. 4.10) conferma l'ipotesi che nell'area di studio le concentrazioni dei due metalli siano di natura prevalentemente terrigena, tuttavia per il ferro non si escludono, almeno per alcune stazioni, ulteriori apporti di natura antropica.

**Nichel** – Le principali fonti antropiche sono la combustione del carbone e del gasolio, gli inceneritori, le fonderie e le acciaierie. In alta concentrazione riduce l'attività enzimatica e passa la barriera placentare arrecando danni al feto.

Nell'area di studio il valore medio di discostamento percentuale dal campione di controllo è piuttosto alto (78,9) ed inferiore soltanto a quello registrato a Vercelli (86,1). Le stazioni 4, 9 e 10 sono quelle con i valori più alti ed indicano fenomeni di alterazione ambientale piuttosto consistenti. Nelle altre stazioni si hanno valori compresi fra 25 e 50, ad eccezione della stazione 3 (50,3) e della stazione 2 (22). In generale la situazione nell'area di studio risulta abbastanza alterata.

**Rame** – Si impiega per produrre vari tipi di leghe, pitture, lastre fotografiche ed additivi alimentari usati nell'allevamento dei maiali, nell'industria del ferro e dell'acciaio e nella produzione di pesticidi. Fonti secondarie sono la combustione del carbone, del petrolio e l'incenerimento dei rifiuti urbani. Può essere tossico per le piante anche a concentrazioni non elevate mentre è meno tossico per gli animali (Floccia *et al.*, 1985).

Nell'area di studio differenze statisticamente significative nella concentrazione di Cu rispetto al campione di controllo sono state registrate per le stazioni 1, 2, 3, 6, 7 e 9. Le stazioni 1 e 6 sono quelle in cui sono stati registrati i valori di discostamento percentuale dal campione di controllo più elevati (54 e 59 rispettivamente). Per le altre stazioni i valori sono tutti inferiori a 25. Il valore medio di discostamento percentuale dal controllo è 18,5 e risulta inferiore ai valori registrati nelle città in cui sono stati effettuati studi simili, in particolare rispetto a Teramo e Vercelli. In generale quindi si può affermare che per questo elemento nell'area di studio le condizioni ambientali appaiono sostanzialmente buone.

**Zinco** – Le fonti antropiche principali sono fonderie, inceneritori e miniere, industrie della gomma, combustione del carbone, traffico veicolare e l'uso di fertilizzanti e pesticidi. È relativamente poco tossico per piante e animali ma può diventarlo ad alte concentrazioni.

Nell'area di studio il valore medio di discostamento percentuale dal campione di controllo è di 66,4, più basso rispetto a Teramo e a Padova ma più alto rispetto a Colle di Val d'Elsa e a Vercelli. La

stazione 10 è quella in cui è stato registrato il valore di discostamento percentuale più alto (424) che è circa 20 volte superiore alla media dei valori delle altre stazioni e che testimonia la presenza di una contaminazione puntiforme molto spinta, da ricondurre a una zincheria presente in prossimità della stazione di bioaccumulo. Nelle altre stazioni i valori sono molto più bassi e sempre inferiori a 50, rispecchiando una situazione ambientale non troppo alterata.

**Arsenico** – Viene utilizzato per la produzione di insetticidi, erbicidi, fungicidi, algicidi, defolianti, conservanti del legno, vernici, ceramiche e vetri oltre che in leghe con Pb e Cu. Le fonti principali sono antropiche e riguardano la produzione di rame, zinco e piombo, l'utilizzo in agricoltura e la combustione di carbone. Tutti i composti dell'arsenico sono tossici e possono causare intossicazioni croniche che si manifestano con debolezza e dolori addominali, dermatiti, perforazioni del setto nasale, ulcerazioni della pelle fino al decesso. L'arsenico è cancerogeno per la pelle, il polmone e il fegato (Lee, 1972).

Nell'area di studio differenze statisticamente significative rispetto al campione di controllo sono state trovate per le stazioni 2, 3, 6, 7, 8, 9 e 10. Soltanto per le stazioni 7 e 3 i valori di discostamento percentuale dal bianco sono compresi fra 25 e 50. Per le altre stazioni sono tutti inferiori a 25. Il valore medio di discostamento percentuale dal controllo per l'area di studio è di 17,4 e indica una situazione generale discretamente buona.

**Selenio** – È usato nell'industria per la produzione di leghe con ferro e rame, di componenti elettronici come fotocellule, di vetro, plastica e ceramiche, per accrescere la resistenza al calore, per l'ossidazione della gomma, come lubrificante e come agente terapeutico nella sintesi di prodotti tricodermatologici. E' potenzialmente tossico anche a dosaggi non elevati. L'intossicazione cronica procura disturbi cutanei, respiratori e visivi, mentre quella acuta si manifesta con diarrea, dolori addominali, febbre e sintomi nervosi.

Nell'area di studio soltanto per le stazioni 4, 8 e 10 sono state registrate delle differenze statisticamente significative rispetto al campione di controllo. In tutte e tre le stazioni il valore di discostamento percentuale dal controllo è molto elevato e suggerisce una forte contaminazione da Se. Il valore medio di discostamento per l'area d'indagine è di 420,1 e suggerisce la presenza di una situazione ambientale fortemente alterata.

**Cadmio** – Sottoprodotto delle industrie dello zinco e del piombo viene utilizzato nell'industria automobilistica, nella produzione di pigmenti, batterie e varie leghe. Deriva anche dall'impiego di fertilizzanti fosfatici e pesticidi e dalla combustione di petrolio, carbone, carta e rifiuti urbani. È

tossico sia per gli animali che per le piante ed ha potere cancerogeno. Viene immagazzinato nel rene e nel fegato e l'effetto più dannoso è la perdita dei minerali delle ossa che diventano flessibili e tenere.

Nell'area di studio soltanto per le stazioni 1 e 9 si hanno delle differenze statisticamente significative rispetto al campione di controllo. Per queste due stazioni i valori di discostamento percentuale dal controllo sono tuttavia molto basse. Anche il confronto con le altre città italiane dove sono stati effettuati studi simili mostra che nella presente indagine è stato trovato il valore medio di discostamento percentuale dal controllo più basso. Si può quindi dire che per quanto riguarda questo elemento la situazione ambientale nell'area di studio è molto buona.

**Bario** – Tende ad accumularsi nei suoli e in depositi ricchi di ossidi di manganese. Viene utilizzato nella produzione di diversi prodotti chimici come vetro, colori e gomma. La sua tossicità è piuttosto bassa.

Per la maggior parte delle stazioni dell'area di studio si hanno discostamenti percentuali dal campione di controllo che vanno da 25 a 50 (stazioni 4 e 10) e da 50 a 75 (stazioni 1, 2, 3, 7, 8 e 9). I valori di discostamento percentuale più elevati sono stati misurati nella stazione 7 (79) e nella stazione 6 (100). Il valore medio di discostamento percentuale per l'area di studio è di 60,05 ed indica una situazione ambientale in generale piuttosto alterata.

**Piombo** – Fonte principale è la combustione degli additivi antidetonanti della benzina, ma notevole è pure l'apporto dato dalle fonderie e dalla combustione del carbone. Il piombo tende ad accumularsi negli organismi ed è tossico per animali e piante (Caglioti, 1979). La sua tossicità causa l'alterazione nella biosintesi del gruppo eme dell'emoglobina eritrocitaria. I danni maggiori sono a carico dei sistemi eritropoietico, nervoso, gastrointestinale e renale.

Nell'area di studio soltanto per la stazione 9 i valori non sono significativamente diversi da quelli registrati nel campione di controllo. Il valore di discostamento percentuale rispetto al controllo più elevato (90) è stato registrato nella stazione 6, che è una delle strade più trafficate del centro urbano di Jesi. Nelle altre stazioni i valori di discostamento percentuale sono inferiori a 25 ad eccezione che per le stazioni 3, 7 e 10 dove sono stati registrati valori compresi fra 25 e 50. La stazione 3 si trova nel centro urbano di Jesi, la 7 nella zona industriale e la 10 in prossimità di una delle strade principali che collegano Jesi alla costa. Il valore medio di discostamento percentuale dal controllo per l'area di studio è tuttavia basso (30) se confrontato con quelli registrati a Colle di Val d'Elsa, Teramo, Padova, Vercelli, Firenze e soprattutto Roma. In generale quindi la situazione ambientale nell'area di studio è discretamente buona.

## 5. CONCLUSIONI

Dalla presente indagine di biomonitoraggio tramite licheni epifiti, si può concludere che, in generale, la messa in funzione della centrale turbogas della SADAM non ha, almeno per ora, prodotto apprezzabili cambiamenti della qualità ambientale dell'area in esame.

Dall'analisi dei dati floristici la situazione generale nell'area di studio risulta pressoché invariata rispetto a quella registrata nel biomonitoraggio precedente (2001).

La parte maggiormente interessata da fenomeni di inquinamento atmosferico rimane quella compresa fra la costa e la città di Jesi, dove sono concentrate le principali fonti di emissione, anche se non sono stati osservati significativi peggioramenti rispetto allo scorso anno. Soltanto nella stazione 12 (Loc. Mazzangrugno) è stato registrato il passaggio dalla fascia di semi-naturalità a quella di semi-alterazione. Poiché gli alberi monitorati in questa stazione si trovano in prossimità di filari di vite e di alberi da frutto è però ragionevole pensare che l'abbassamento del valore dell'IDL sia dovuto ai trattamenti riservati a queste colture piuttosto che ad un abbassamento della qualità dell'aria.

Anche nel centro urbano di Jesi la situazione ambientale è rimasta pressoché la stessa rispetto allo scorso anno. Il salto di fascia registrato nella stazione 8 (Via Cascamificio) è da imputare non tanto ad un peggioramento della qualità dell'aria quanto al fatto che gran parte dei tigli che costeggiavano la via sono stati tagliati. Per questo motivo non è stato possibile eseguire il rilievo sugli stessi alberi utilizzati nella campagna precedente e la scelta dell'albero da utilizzare per il campionamento è stata limitata ai pochi esemplari di tiglio rimasti.

Per quanto riguarda l'indagine di bioaccumulo, per la maggior parte degli elementi considerati non sono state registrate contaminazioni atmosferiche rilevanti. Tuttavia i risultati individuano alcune stazioni "a rischio" per singoli elementi:

- la stazione 8 (Monsano, nei pressi dell'ex.RCD) per il Cr;
- le stazioni 4 (Pian del Medico, Az. Cesola) e 9 (Boschetto, incrocio la Chiusa) per il Ni;
- la stazione 10 (Monsano, Selvatorita) per il Ni, lo Zn e il Pb;
- le stazioni 6 (Viale della Vittoria) e 7 (Zona Industriale, Zipa) per il Be, il Pb e il Cr.

La ripetizione dell'indagine di bioaccumulo il prossimo anno consentirà di effettuare confronti che, allo stato attuale delle cose, non sono stati possibili a causa delle diverse metodologie adottate.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Bargagli R., 1990. Assessment of metal air pollution by epiphytic lichens: the incidence of crustal materials and of the possible uptake from substrate barks. *Studia Geobotanica.*, 10: 97103.
- Bargagli R., 1998. Trace Elements in Terrestrial Plants. An Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery. Springer, Berlino.
- Bari A., Rosso A., Minciardi M.R., Troiani F., Piervittori R., 2001. Analysis of heavy metals in atmospheric particulates in relation to their bioaccumulation in explanted *Pseudevernia furfuracea* thalli. *Environmental Monitoring and Assessment*, 69: 205-220.
- Bartoli A., Ravera S., 1995. Un caso di biomonitoraggio della qualità dell'aria con i licheni: medio e basso bacino del fiume Fiora. *Biologi Oggi*, 10: 25-32.
- Bartoli A., Cardarelli E., Achilli M., Campanella L., Massari G., 1994. Biomonitoraggio dell'aria a Roma: accumulo di metalli pesanti in trapianti di licheni. *Annali di Botanica*, 52: 239-266.
- Bartoli A., Cardarelli E., Achilli M., Campanella L., Ravera S., Massari G., 1997. Valutazione della qualità dell'aria della Maremma laziale con i licheni epifiti. *Allionia*, 35: 69-85.
- Bennett J.P., Dibben M.J., Lyman K.J., 1996. Element concentrations in the lichen *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. after 3 years of transplanting along Lake Michigan. *Environmental and Experimental Botany*, 36: 255-270.
- Bini G., Caldini G., Gavilli G., Cerbai A., Guazzini M., 1997. Monitoraggio dell'inquinamento da metalli pesanti mediante l'uso di licheni nell'area urbana di Firenze. In: Ferretti M., Pellegrini M. (eds.), "Vegetali come bioindicatori di inquinamento atmosferico in città italiane. Risultati problemi e prospettive", Provincia di Firenze, 81-84.
- Caglioti L., 1979. I due volti della chimica. Benefici e rischi. EST Mondadori, Milano.
- Caniglia G., Calliari I., Celin L., Tollardo A.M., 1994. Metal determination by EDXRF in lichens. A contribution to pollutants monitoring. *Biology and Trace Element Research*, 46: 213-221.
- Cercasov V., Pantelică A., Sălăgean M., Caniglia G., Scarlat A., 2002. Comparative study of the suitability of three lichen species to trace-element air monitoring. *Environmental Pollution*, 119: 129-139.
- De Wit T., 1976. Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. *Biblioteca Lichenologica*, 5: 1-228.
- Floccia M., Gisotti G., Sanna M., 1985. Dizionario dell'inquinamento: cause, effetti, rimedi e normativa. Ediz. NIS: 206-210.
- Garty J., Kauppi M., Kauppi A., 1996. Accumulation of airborne elements from vehicles in transplanted lichens in urban sites. *Journal of Environmental Quality*, 25: 265-272.

- Hawksworth D.L., Rose F., 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. XI-XLIV. *Lichenologist*, numeri vari.
- Lee D.H., 1972. Metallic contaminants and human health. Academic Press, New York.
- Loppi S., 1999. Licheni come bioaccumulatori di elementi in traccia: stato dell'arte in Italia. In: Piccini C., Salvati S., (eds.), Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, 123-143.
- Loppi S., Giordani P., Brunialti G., Isocrono D., Piervittori R., 2002. Identifying deviations from naturalness of lichen diversity for bioindication purposes. In: Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. (eds.), "Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens", Kluwer Academic Publishers, Londra, NATO Science Series, 7: 281-284.
- Loppi S., Pacioni G., Olivieri N., Di Giacomo F., 1998. Accumulation of trace metals in the lichen *Evernia prunastri* transplanted at biomonitoring sites in Central Italy. *The Bryologist*, 101: 451-454.
- Nimis P.L., 1989. Urban lichen studies in Italy. III: the city of Rome. *Braun-Blanquetia*, 3: 279-286.
- Nimis P.L., Bargagli R., 1999. Il biomonitoraggio della "qualità dell'aria" in Italia. In: Piccini C., Salvati S., (eds.), Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, 173-189.
- Nimis P.L., Ciccarelli A., Lazzarin G., Bargagli R., Benedet A., Castelo M., Gasparo D., Lausi D., Olivieri S., Tretiach M., 1989. I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio-Thiene-Briganze (VI). *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 16: 1-154.