

***REPORT ANNUALE DESCRITTIVO DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO
ON-SHORE E OFF-SHORE***

Periodo di riferimento: Novembre 2020 ÷ Ottobre 2021

Allegato AA

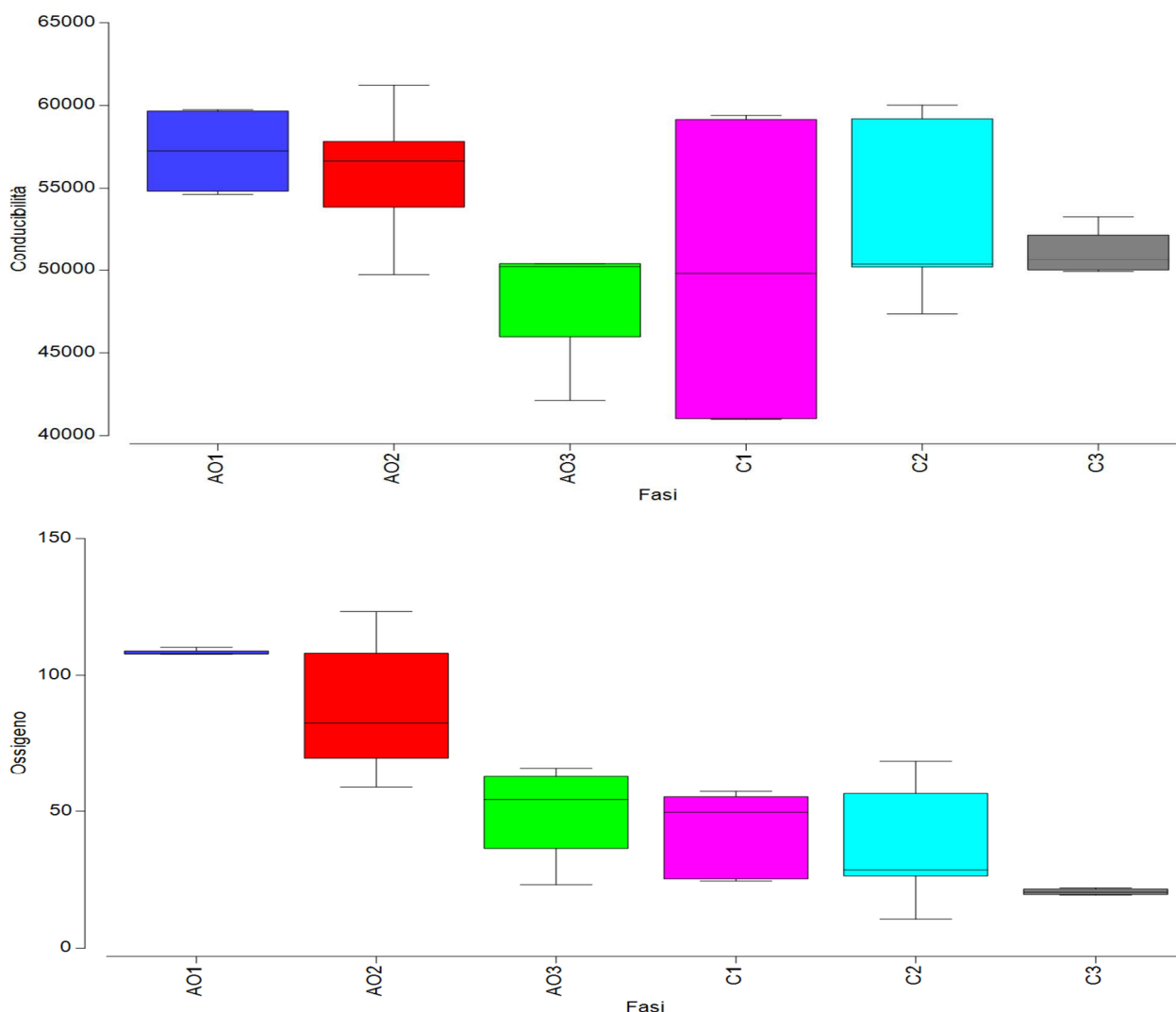
**Esito analisi statistica applicata al monitoraggio del bioaccumulo nei mitili (Mussel Watch)
(novembre 2015 ÷ ottobre 2021)**

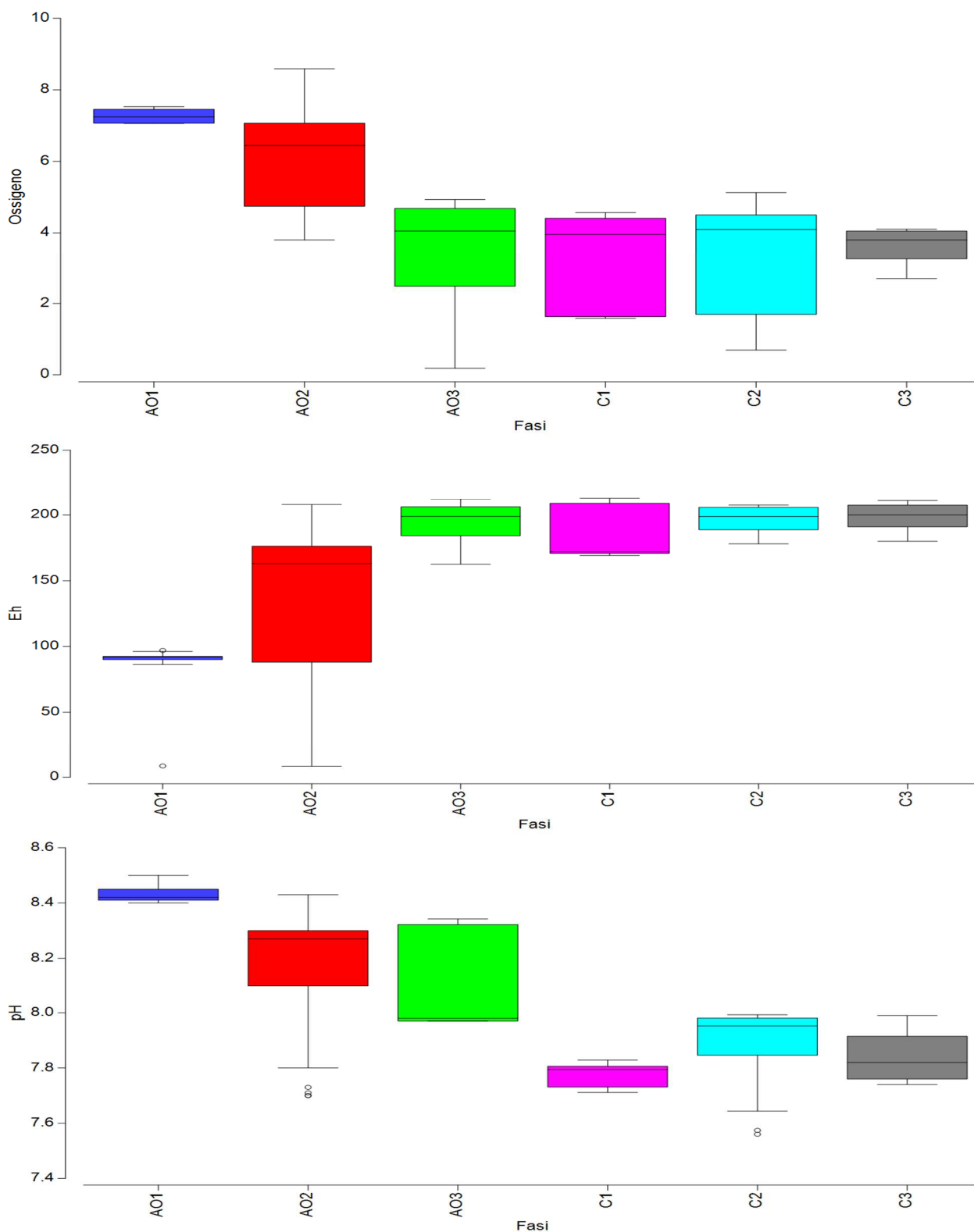
ESITO ANALISI STATISTICA APPLICATA AL MONITORAGGIO DEL BIOACCUMULO NEI MITILI – MUSSEL WATCH (NOVEMBRE 2015 ÷ OTTOBRE 2021)

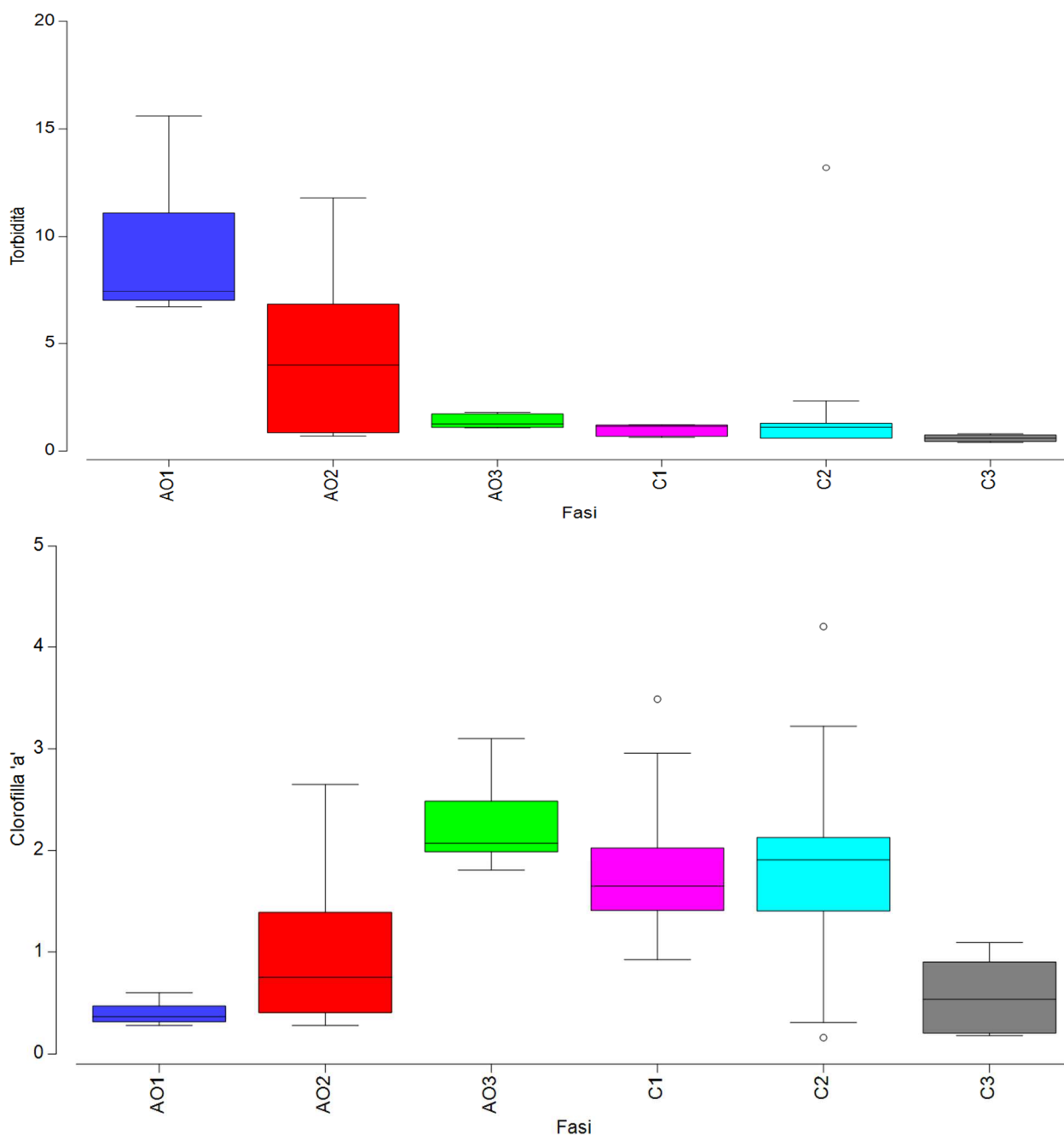
Chimico-fisica delle acque (crf. Allegato Z)

Si riportano a seguire nella **Figura 1** le rappresentazioni Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO1), in rosso la fase ante operam (AO2), in verde la fase ante operam (AO3), in fucsia la fase in itinere (C1) e in azzurro la fase in itinere (C2) e in grigio la fase in itinere (C3). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all’asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato Z per la variabile rappresentata.

Figura 1 - Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio.







La Principal component analyses (PCA) è riportata in **Figura 2**. La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 86,4% distribuita per il 60,1% al primo asse, per il 18,9% al secondo asse e per il 7,4% al terzo asse.

La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, in larga misura la variabilità complessiva del sistema considerato (79,0%). I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigen*vectors) sono riportati in **Tabella 1**.

Figura 2 - PCA relativi ai primi due assi, in blu i vettori e la loro relazione con gli assi di riferimento. Le icone colorate rappresentano la posizione multidimensionale reciproca delle stazioni di monitoraggio in relazione alle variabili considerate. Le forme colorate indicano il fattore "fase" come da legenda.

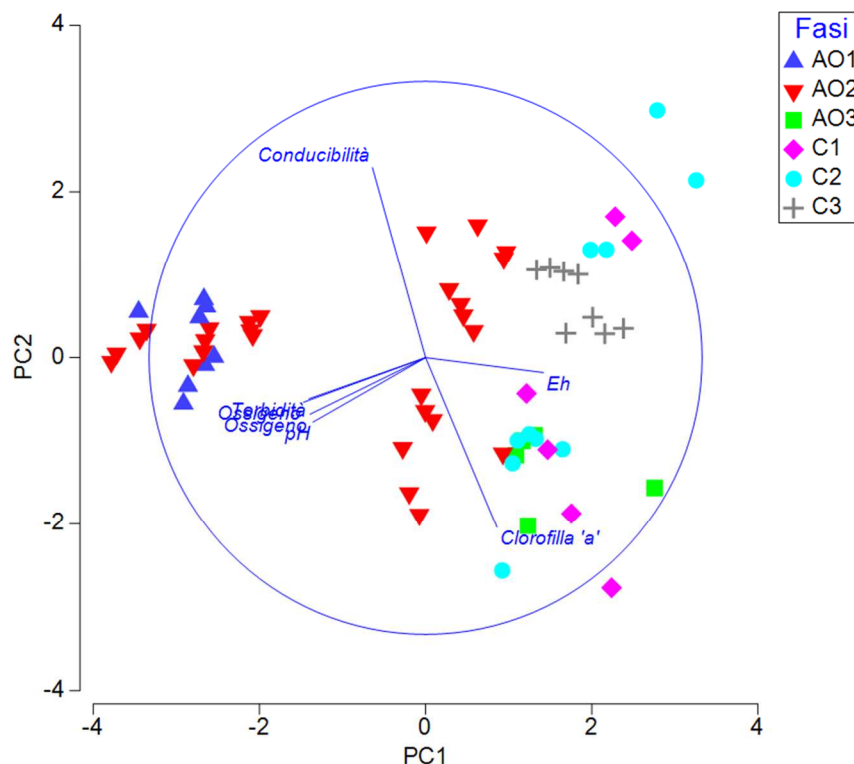
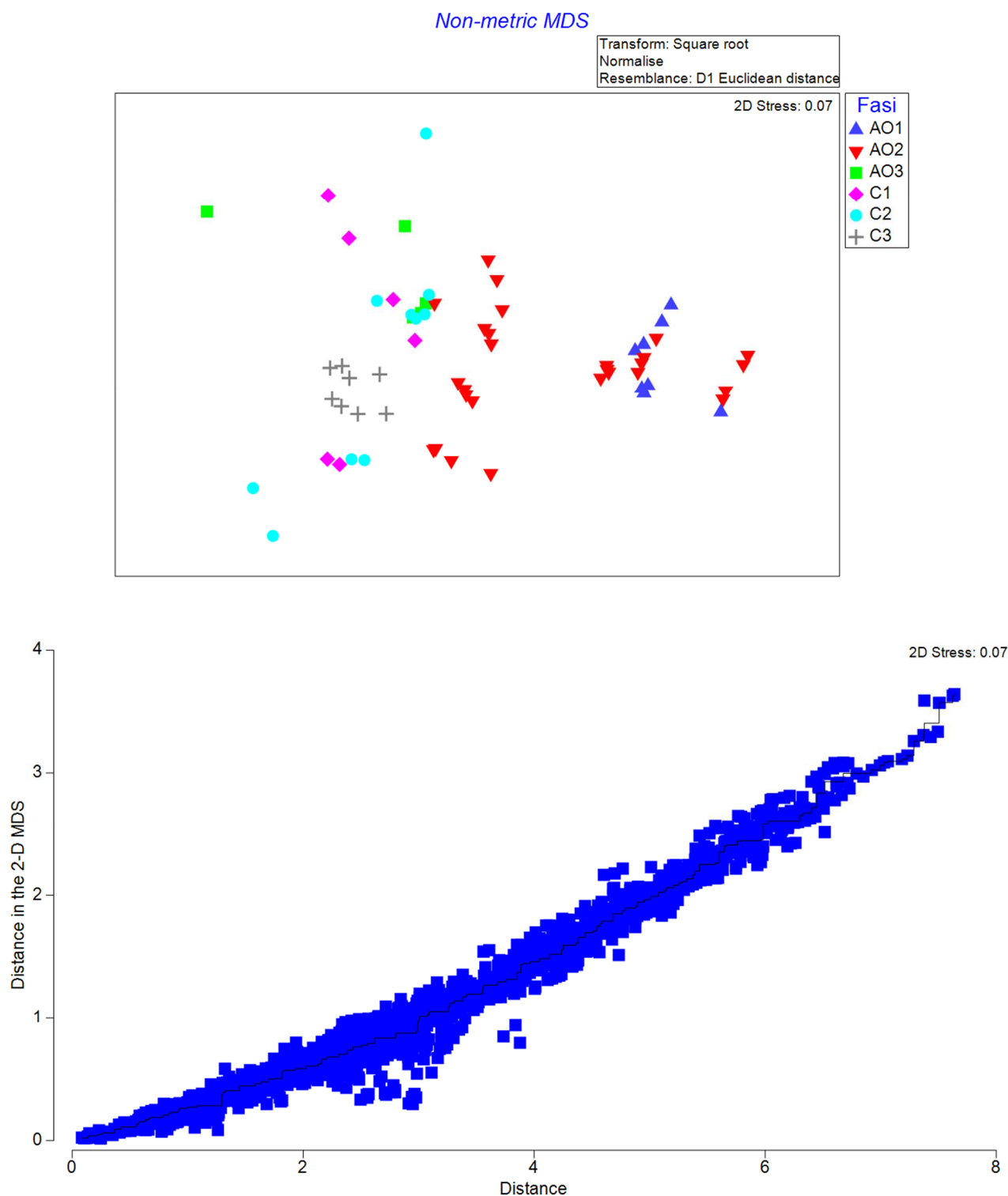


Tabella 1 - *Eigen*vectors della PCA relativi ai primi tre assi.

Variabile	PC1	PC2	PC3
Conducibilità	-0,192	0,689	-0,575
Ossigeno	-0,442	-0,161	-0,411
Ossigeno	-0,418	-0,205	-0,27
pH	-0,407	-0,233	0,096
Eh	0,427	-0,054	-0,297
Torbidità	-0,422	-0,149	0,249
Clorofilla 'a'	0,259	-0,615	-0,518

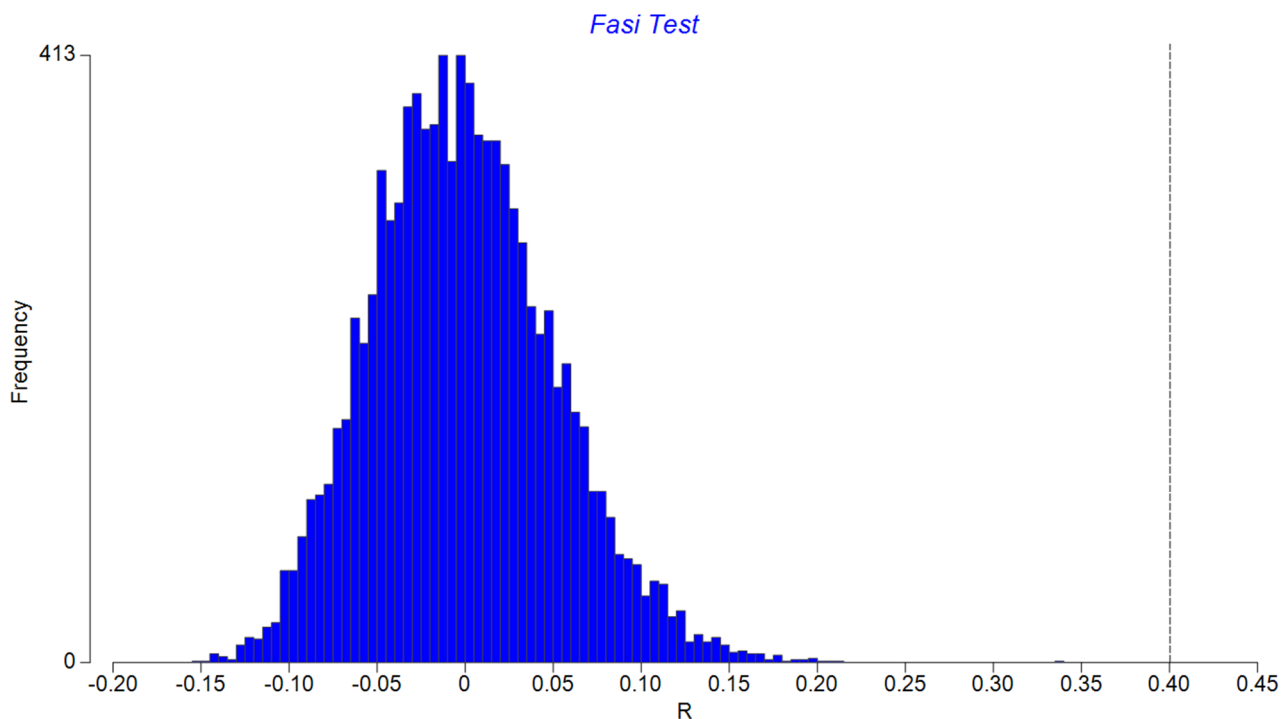
La matrice Euclidea delle distanze è stata utilizzata anche per la determinazione del non-metric multidimensional Scaling (nMDS). Questa tecnica permette di evidenziare meglio le dissimilarità rispetto alla PCA che è più performante nell'evidenziare le similitudini multivariate tra i records. L'nMDS è stato ottenuto mediante la Kruskal stress formula 1, con 50 restart e con imposizione dello stress minimo ad un livello di 0,01; la proiezione ottenuta è rappresentata in **Figura 3** come multiplot 2D e con il relativo diagramma di Shepard associato. Nella figura si riporta la rappresentazione del fattore "fase".

Figura 3 - nMDS con evidenza del fattore "fase", in blu il diagramma di Shepard associato alla proiezione bidimensionale.



Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test ANOSIM, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999

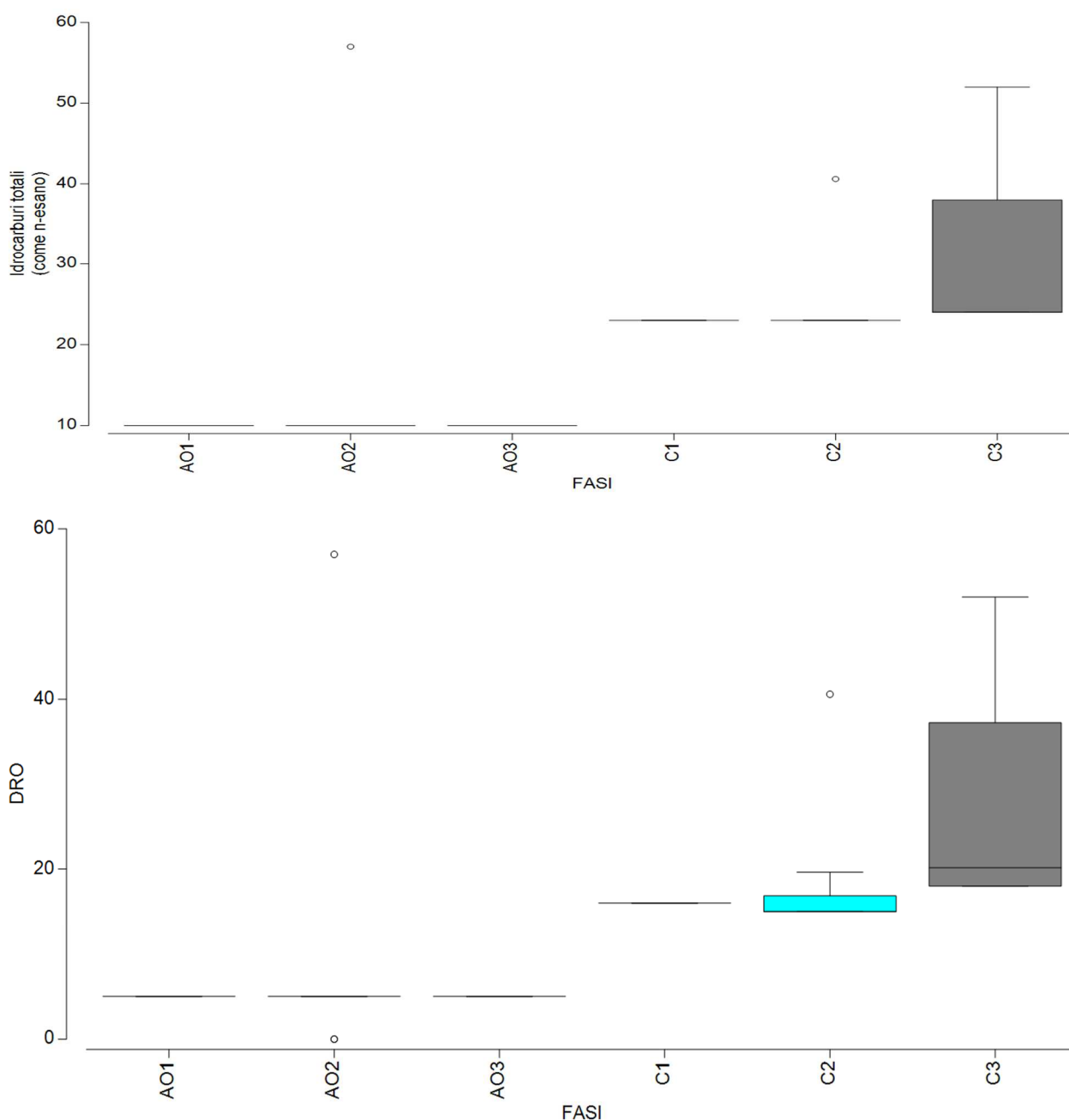
permutazioni stocastiche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di $R = 0,400$ con un livello di significatività del valore statistico $p = 0,01\%$ e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a R pari a zero.

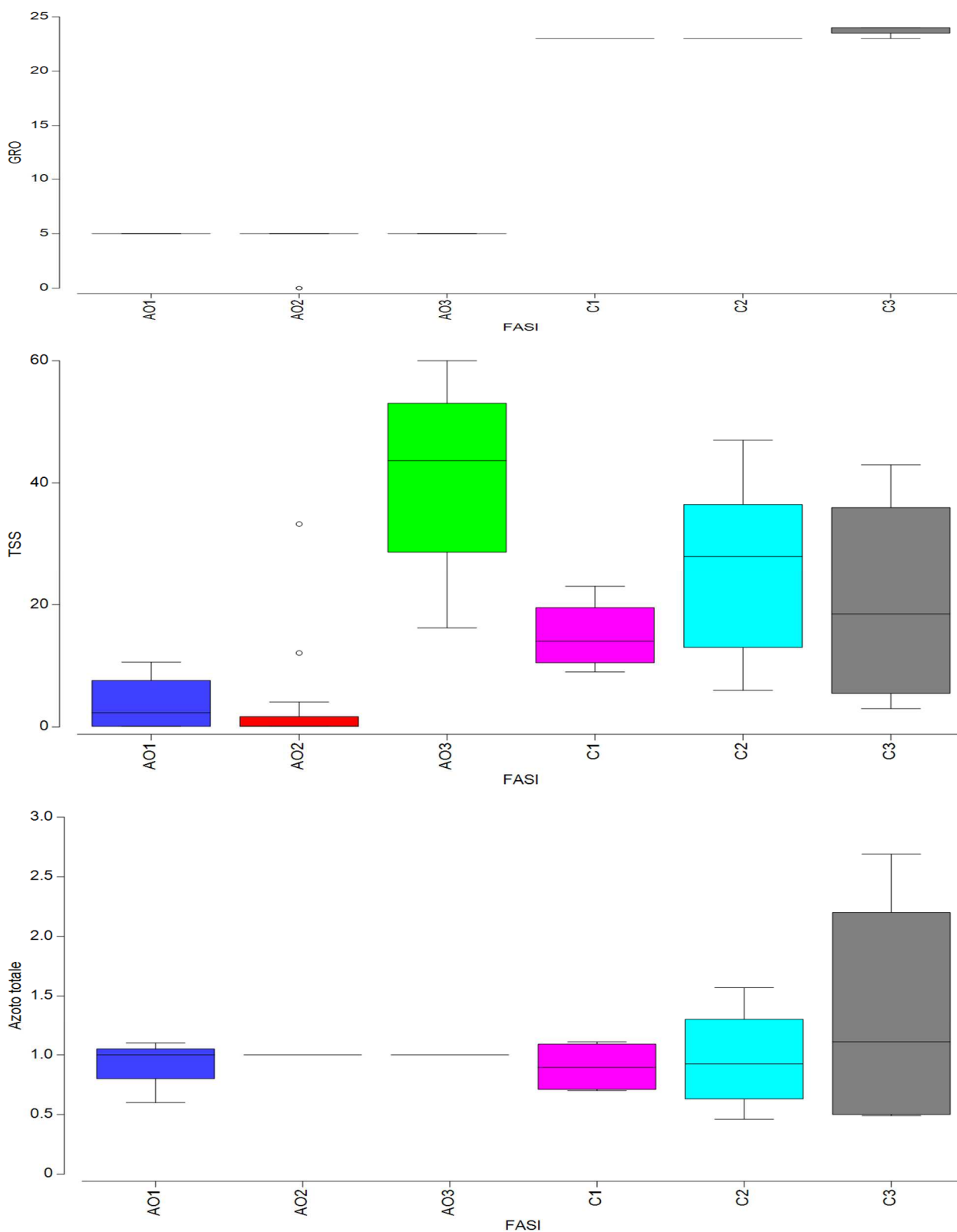


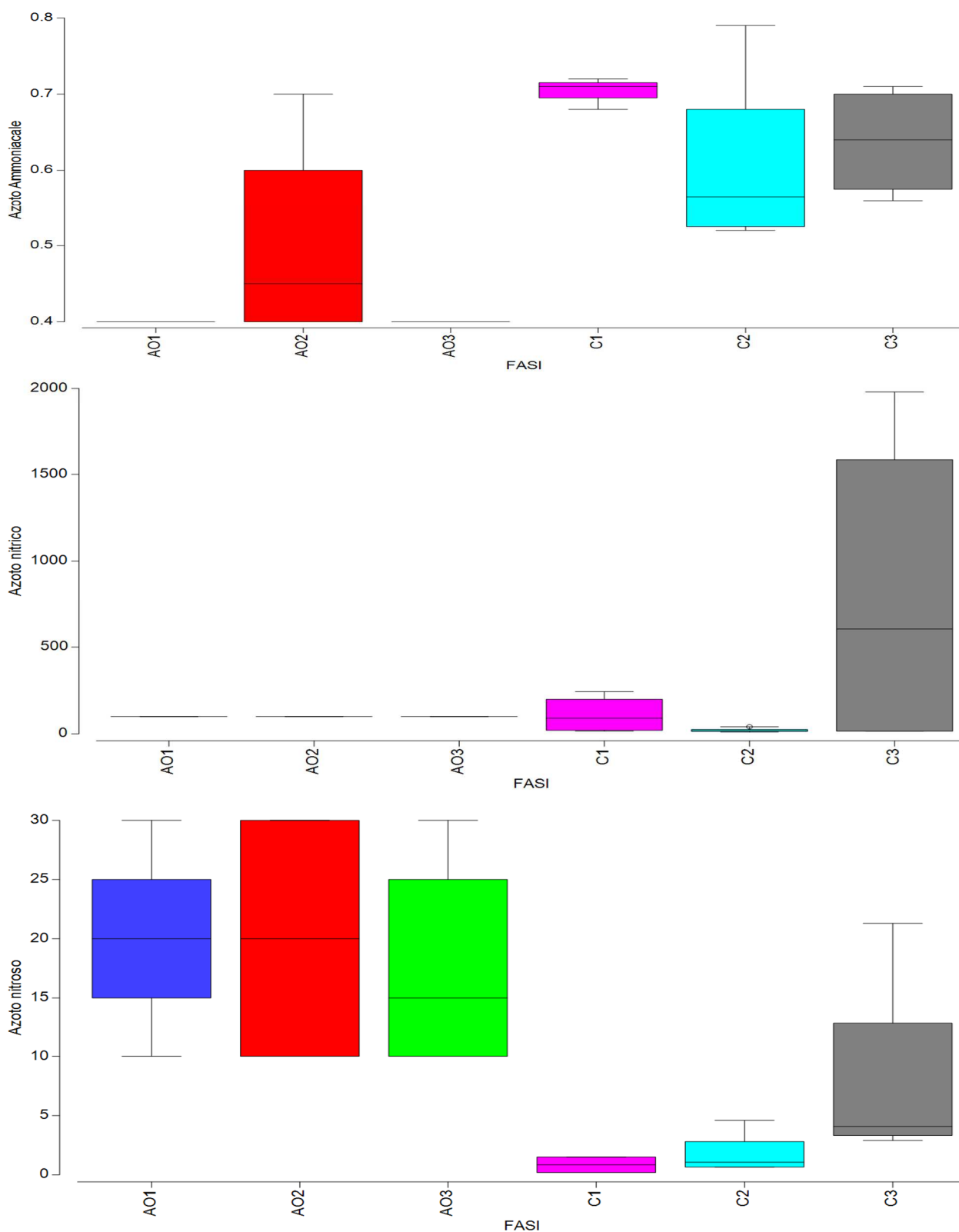
Analisi chimico-fisiche e microbiologiche delle acque, parametri aggiuntivi (crf. Allegato Z)

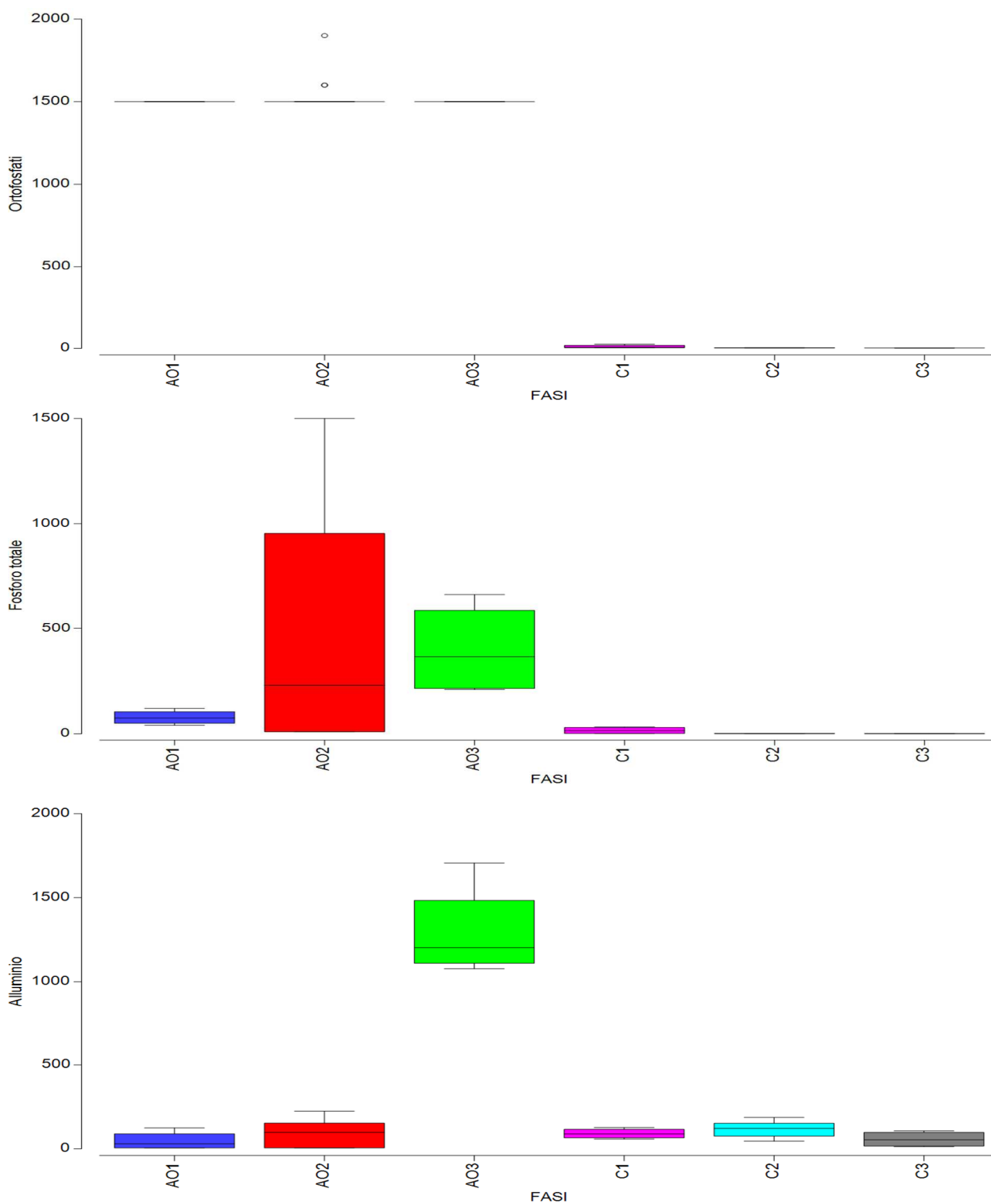
Si riportano nella seguente **Figura 4** le rappresentazioni Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO1), in rosso la fase ante operam (AO2), in verde la fase ante operam (AO3), in fucsia la fase in itinere (C1) e in azzurro la fase in itinere (C2) e in grigio la fase in itinere (C3). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all’asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato Z per la variabile rappresentata.

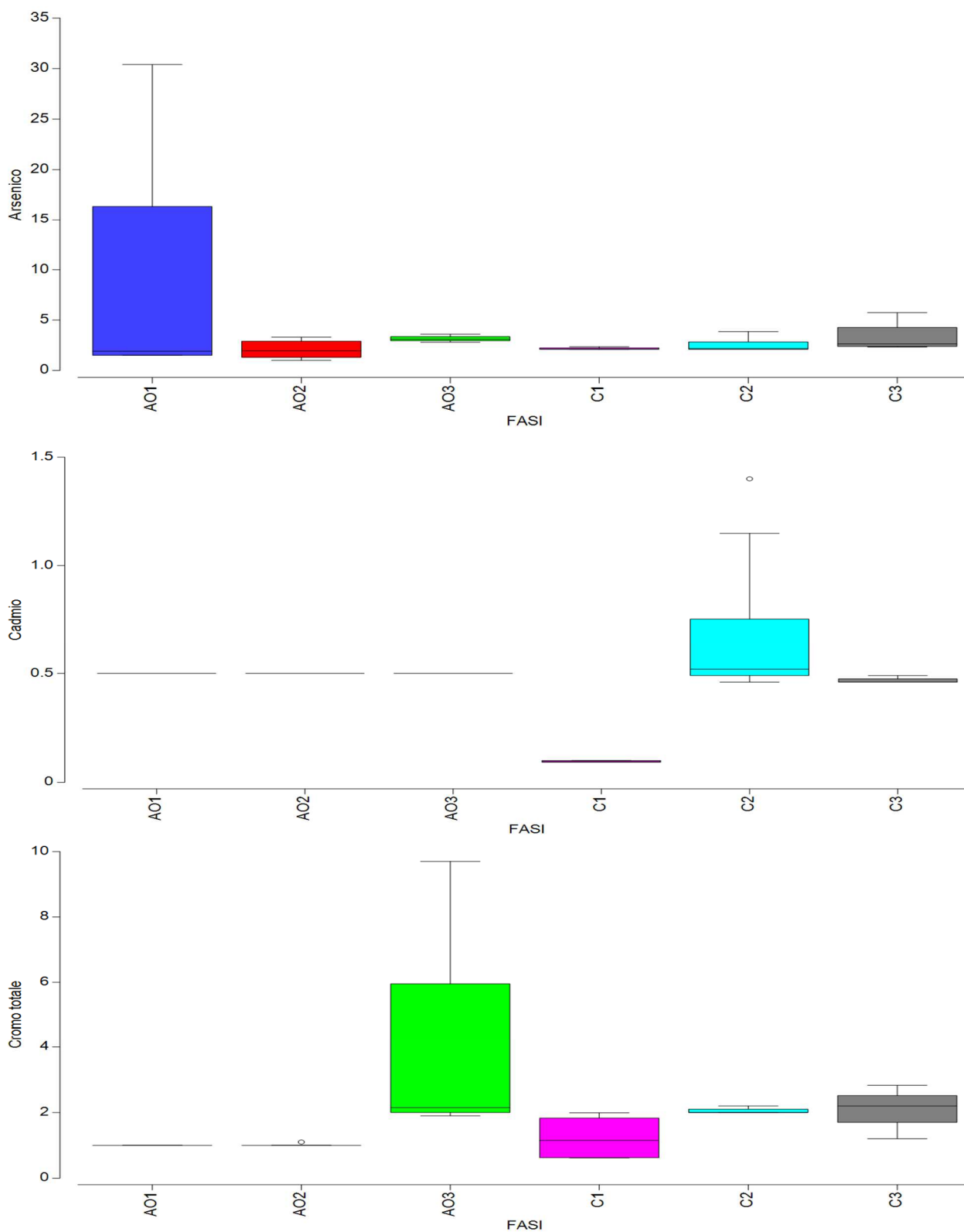
Figura 4 - Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio.

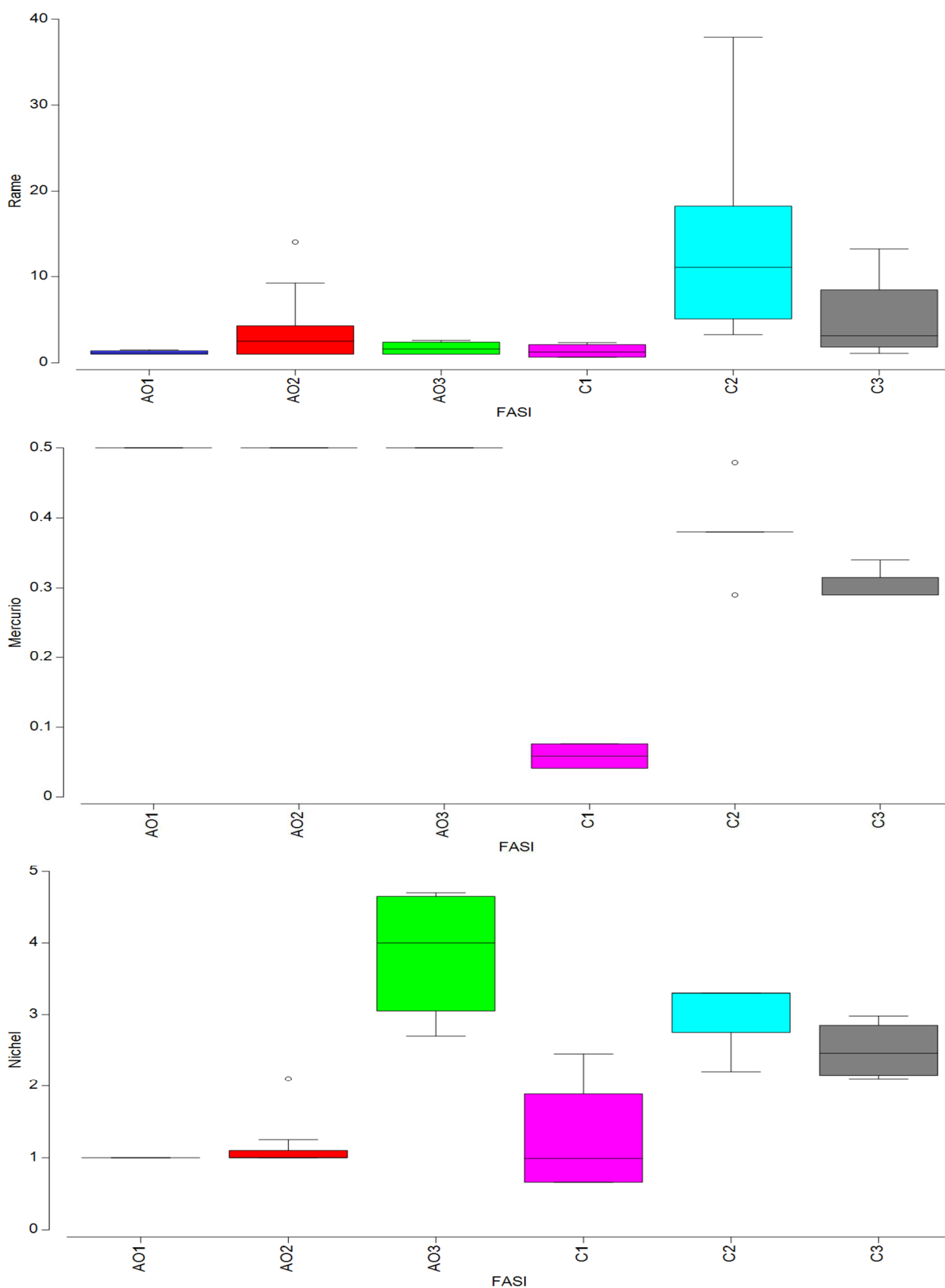


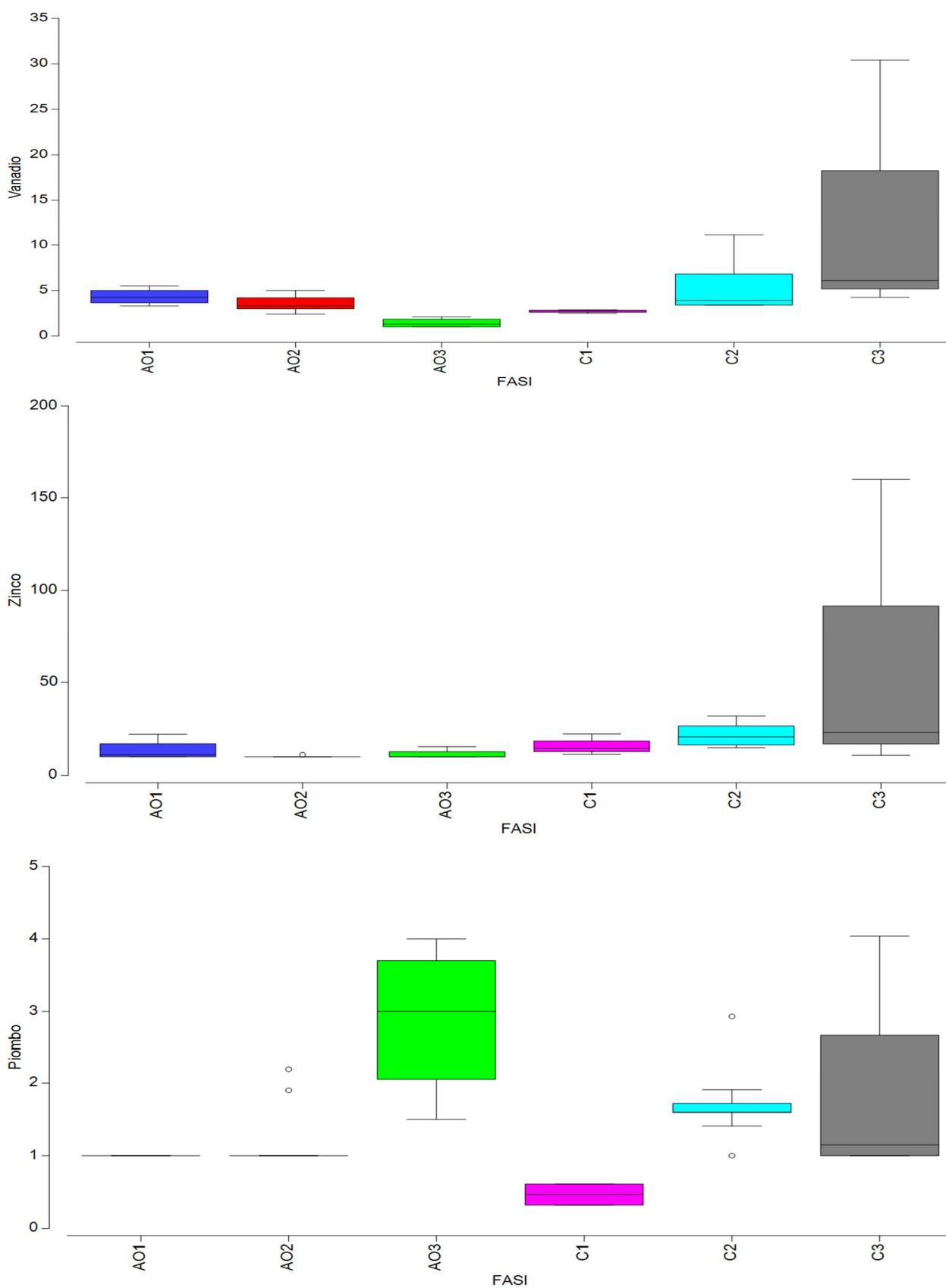


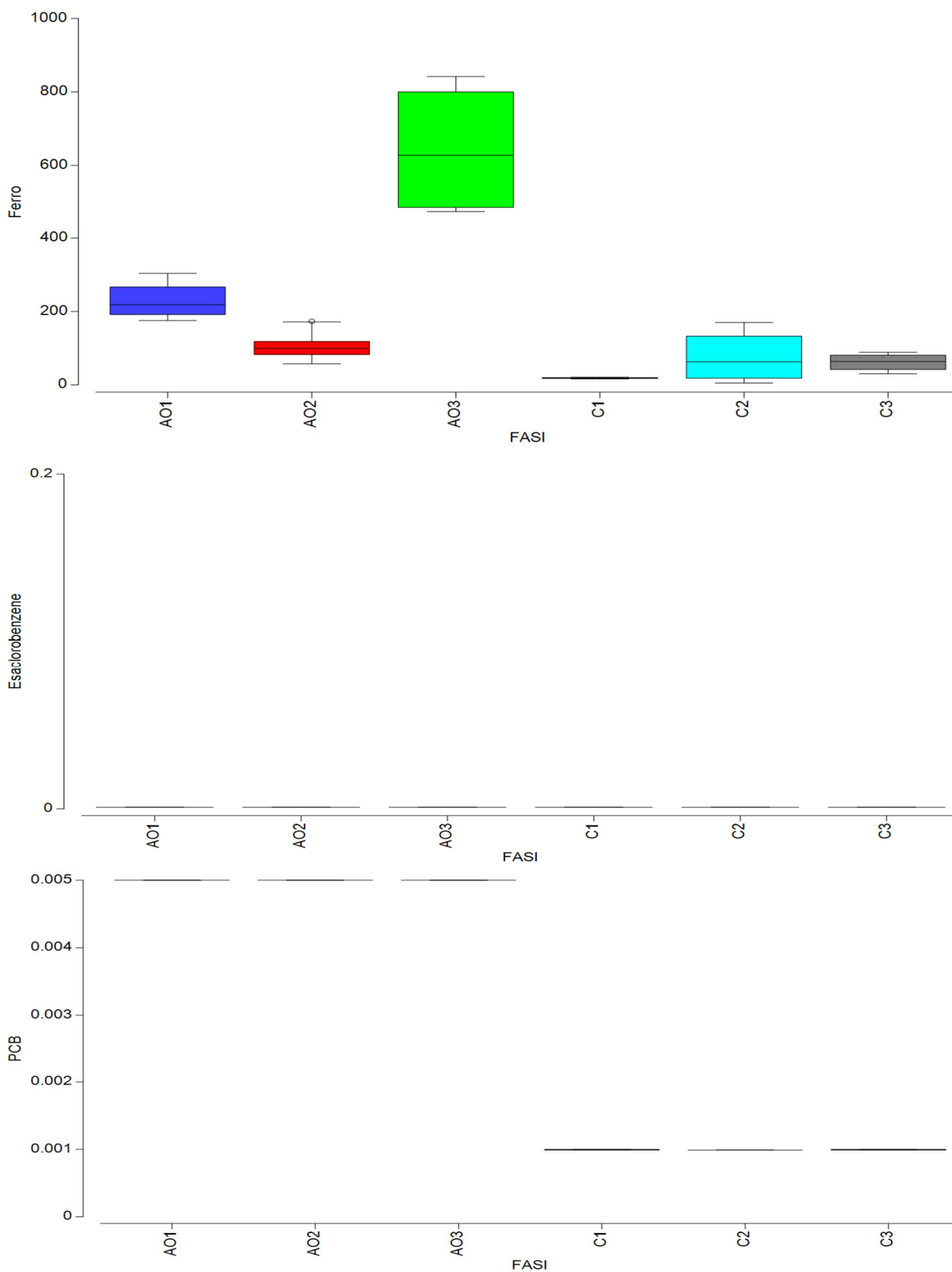


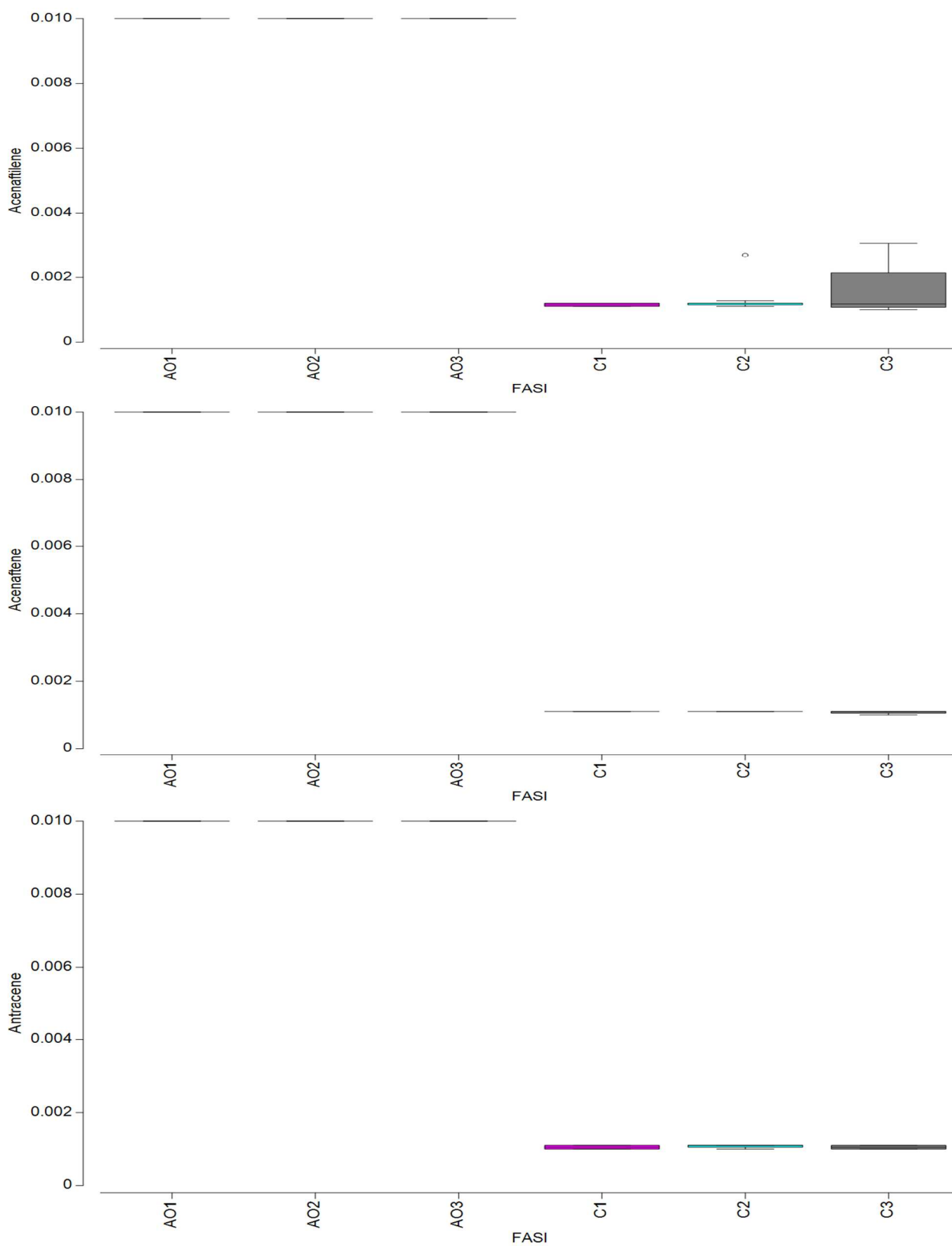


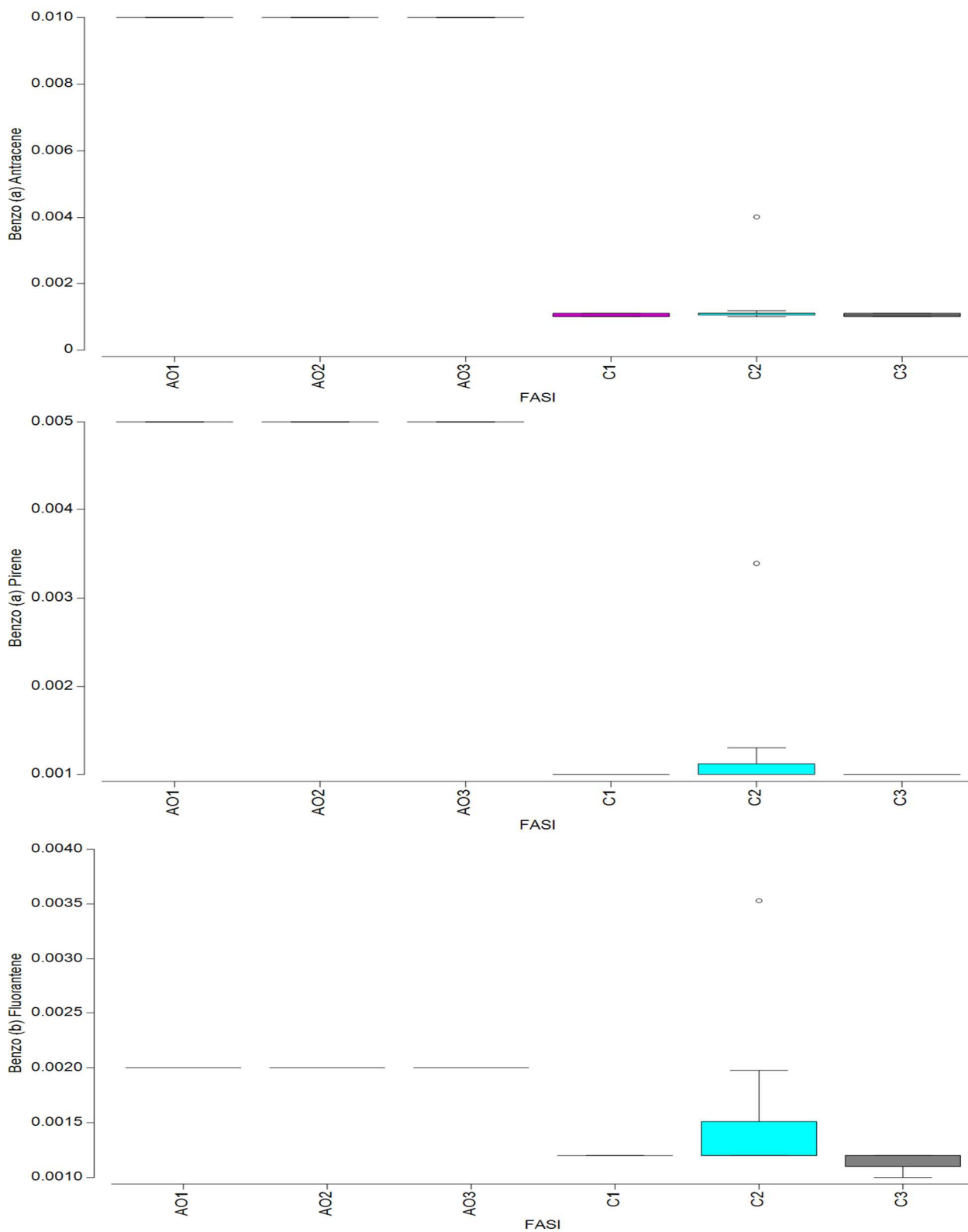


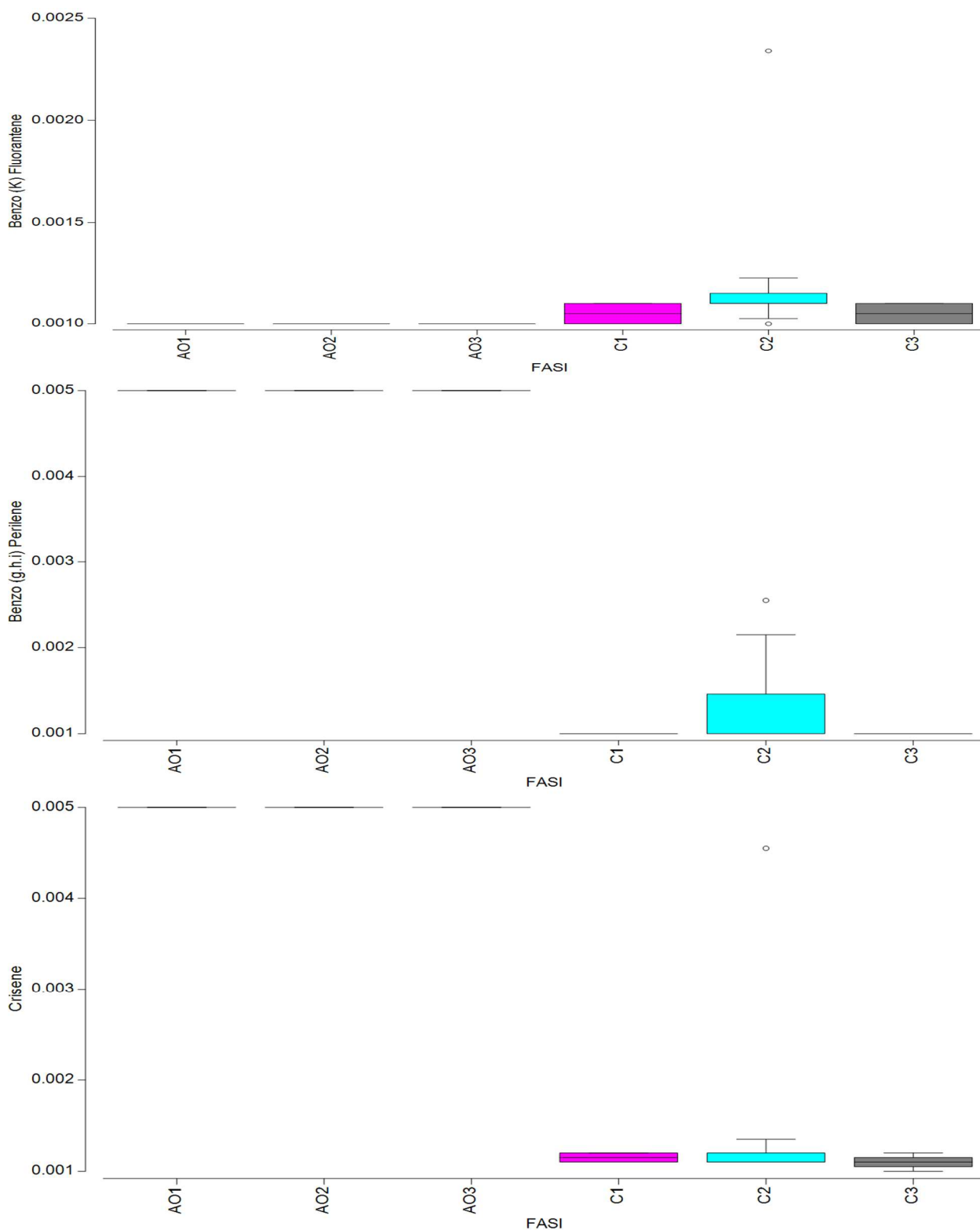


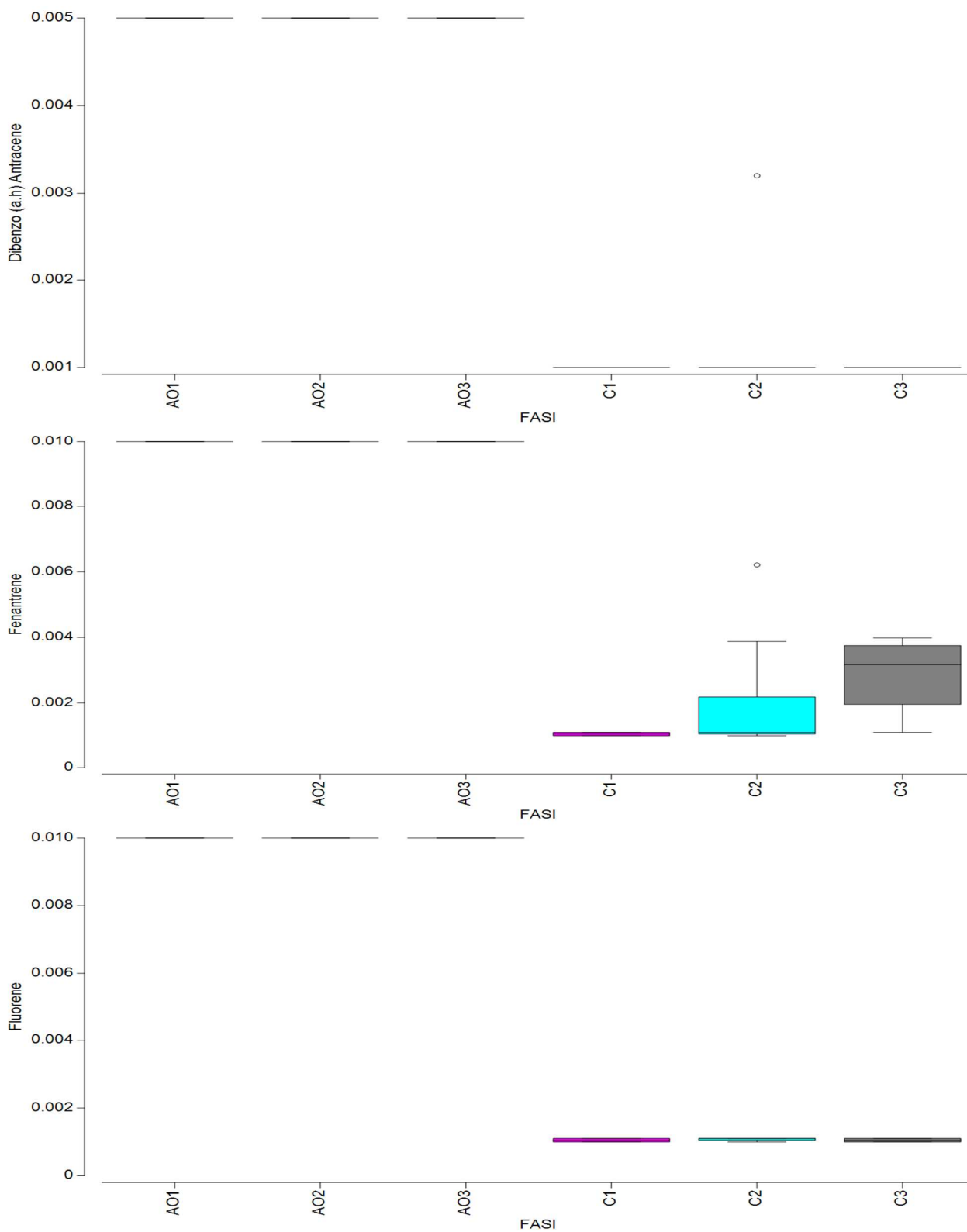


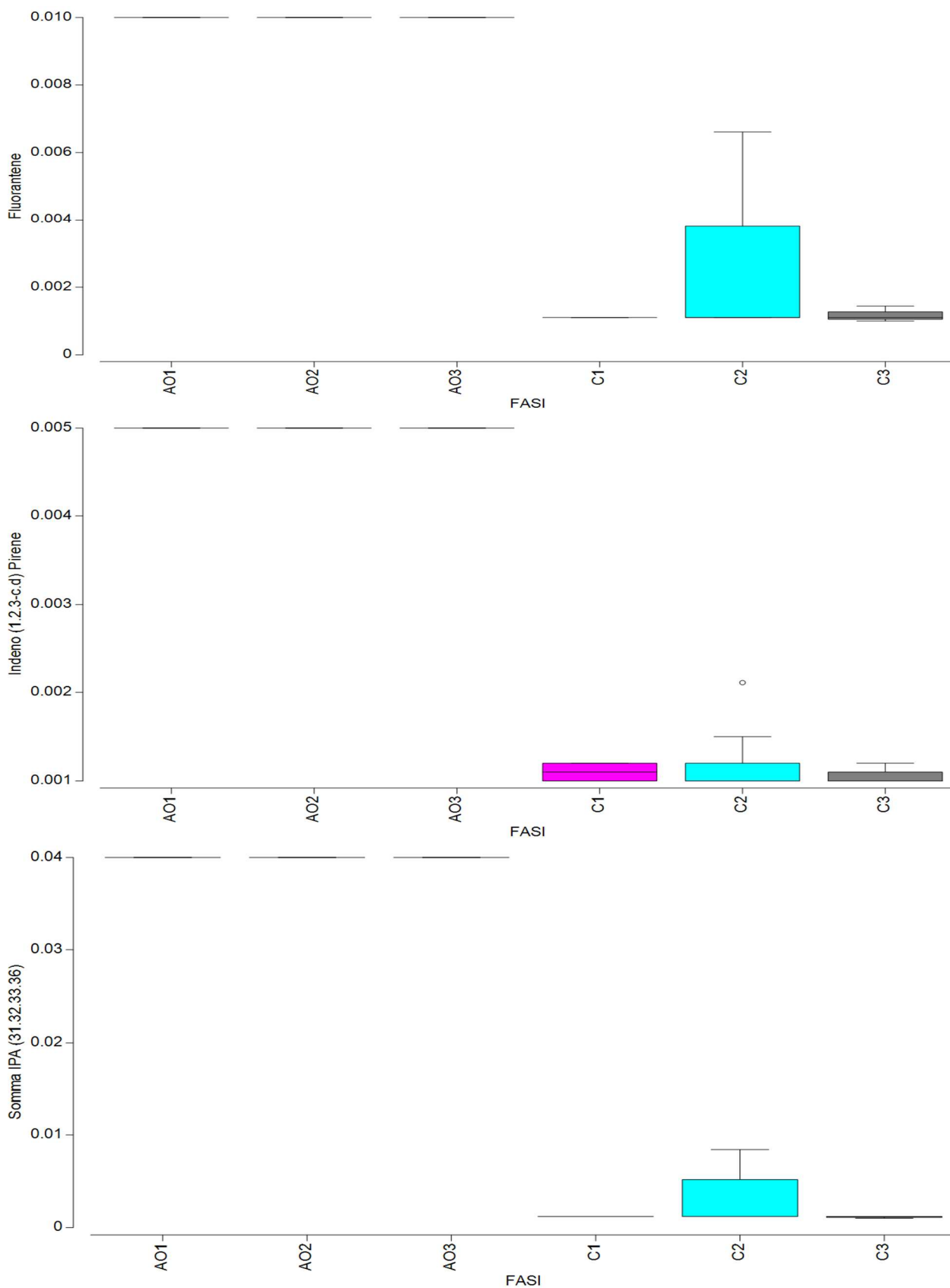


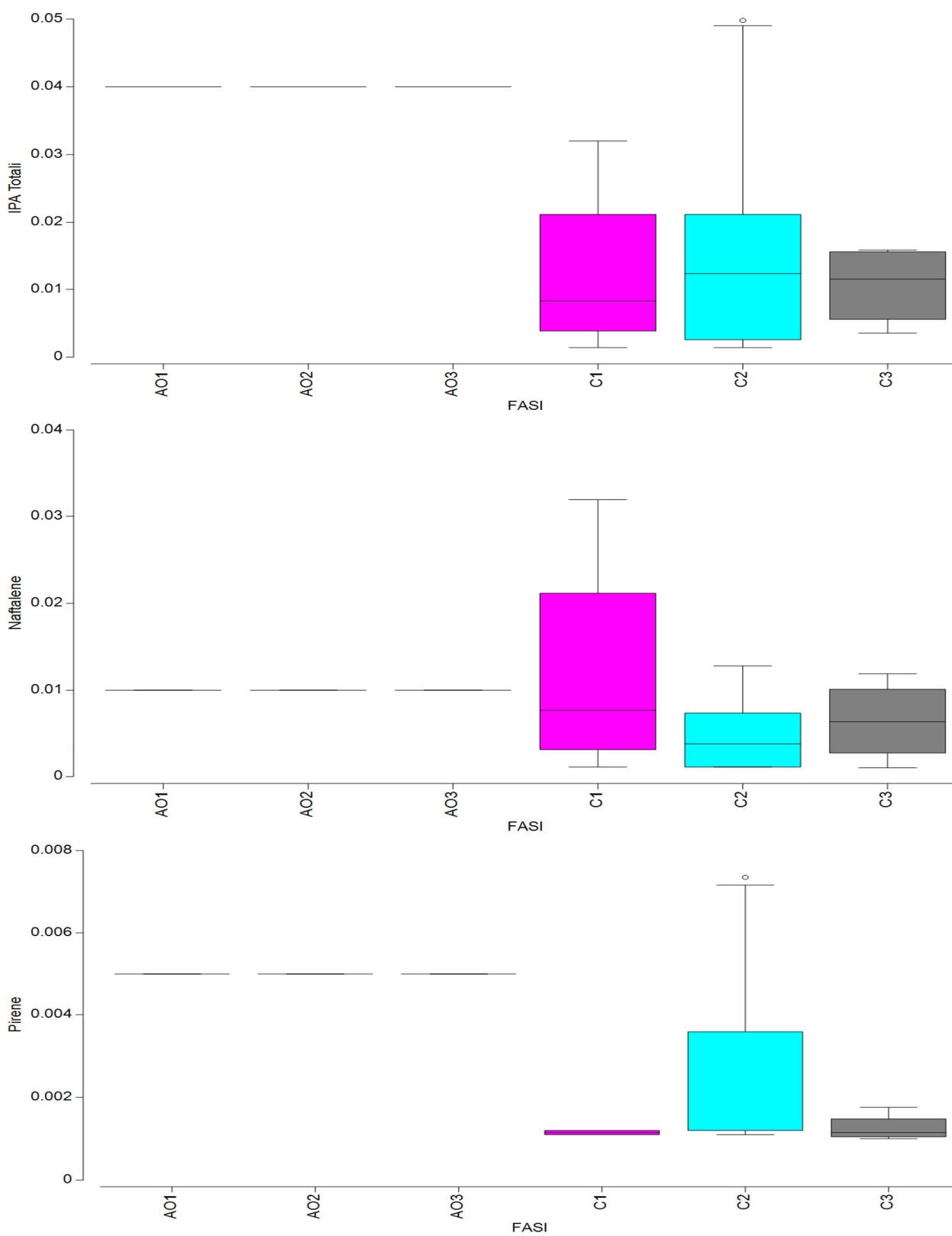


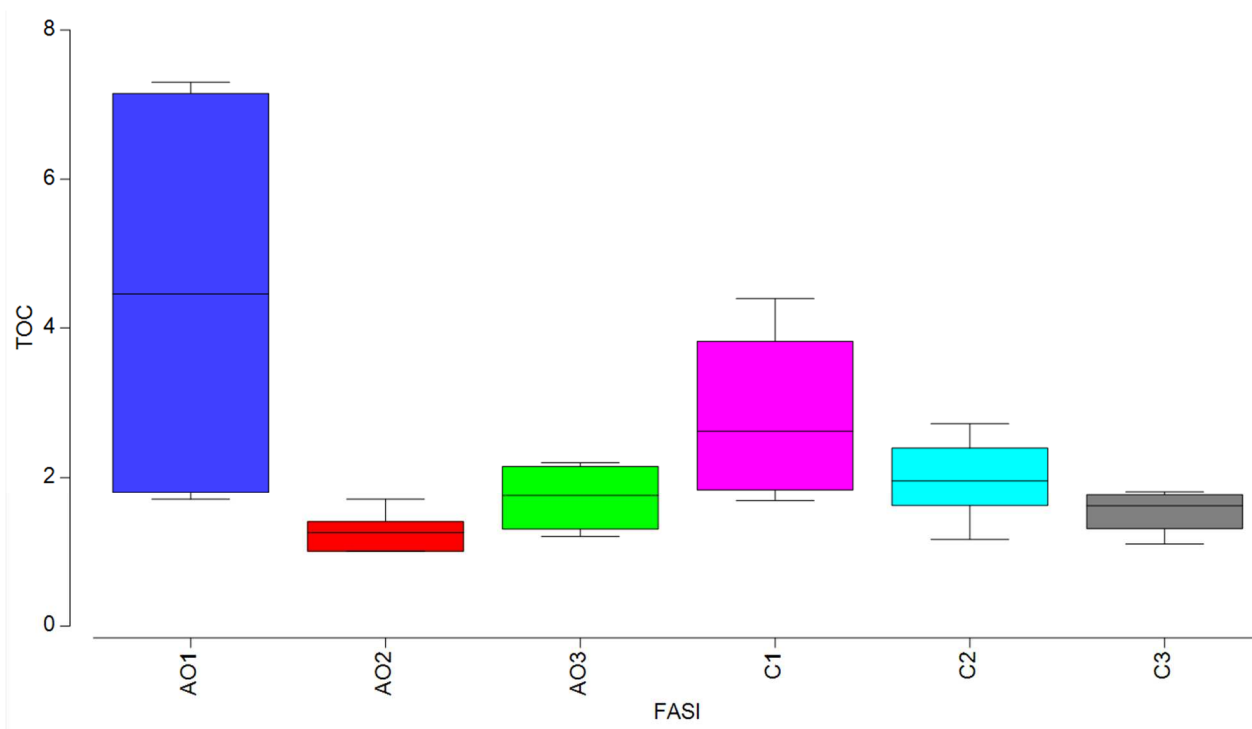












La Principal component analyses (PCA) è riportata in **Figura 5**. La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 74,9 distribuita per il 55,6% al primo asse, per il 10,5% al secondo asse e per il 6,9% al terzo asse. La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, in larga misura la variabilità complessiva del sistema considerato (66,1%). I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigen*vectors) sono riportati in **Tabella 2**.

Figura 5 - PCA relativi ai primi due assi, in blu i vettori e la loro relazione con gli assi di riferimento. Le icone colorate rappresentano la posizione multidimensionale reciproca delle stazioni di monitoraggio in relazione alle variabili considerate. Le forme colorate indicano il fattore "fase" come da legenda.

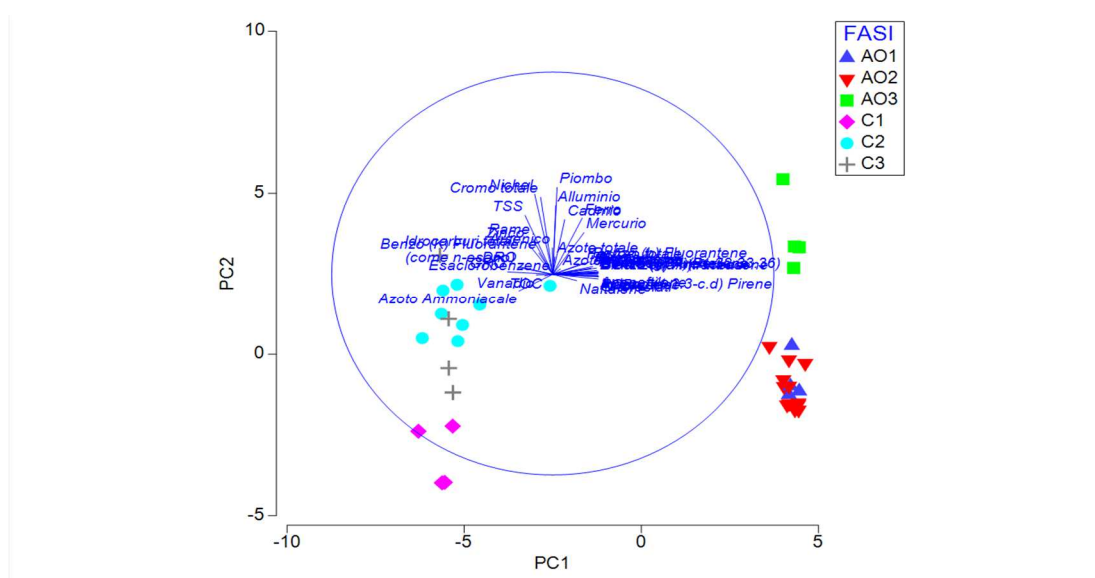
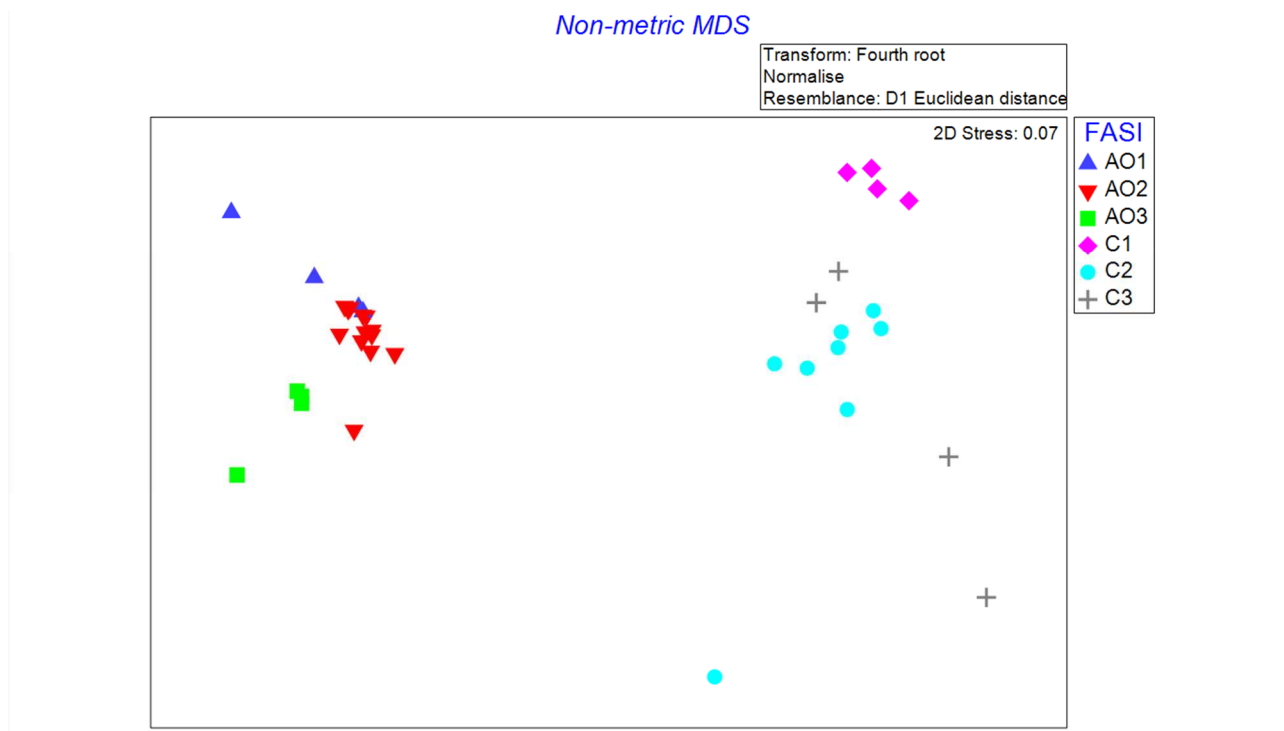


Tabella 2 - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.

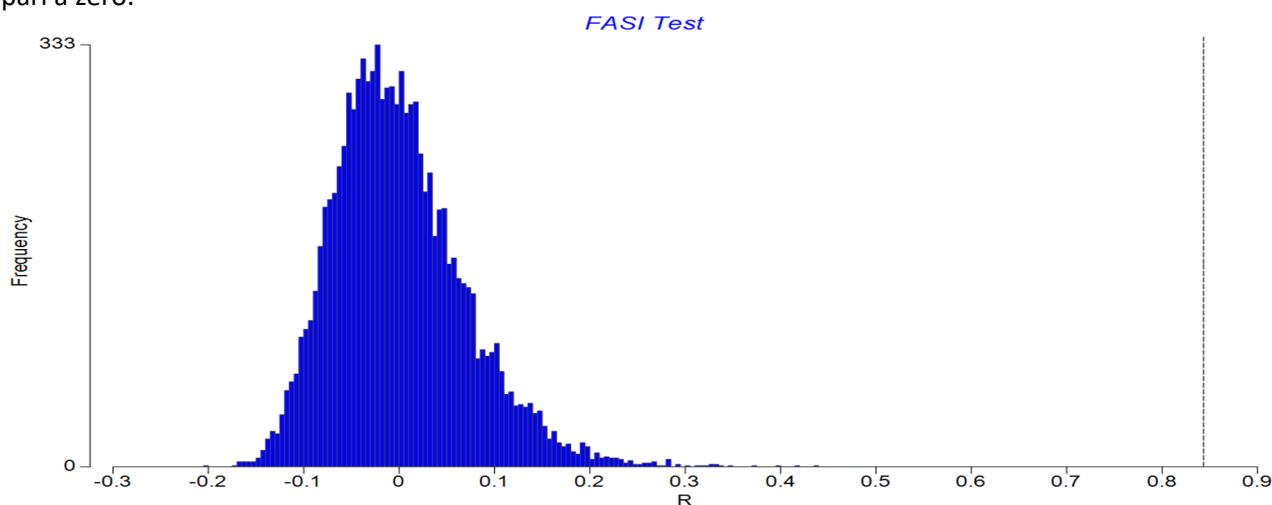
Variabile	PC1	PC2	PC3
(come n-esano)	-0,159	0,035	0,145
DRO	-0,154	0,038	0,165
GRO	-0,205	0,012	0,020
TSS	-0,126	0,292	-0,082
Azoto Ammoniacale	-0,153	-0,083	0,143
Azoto nitrico	0,035	0,027	0,442
Azoto nitroso	0,172	0,030	0,073
Azoto totale	0,010	0,086	0,455
Ortofosfati	0,206	-0,023	-0,030
Fosforo totale	0,145	0,057	-0,048
Alluminio	0,014	0,340	-0,124
Arsenico	-0,002	0,131	0,099
Cadmio	0,054	0,271	-0,050
Cromo totale	-0,055	0,381	-0,055
Mercurio	0,141	0,206	0,049
Nichel	-0,082	0,397	-0,119
Rame	-0,092	0,177	0,179
Vanadio	-0,075	-0,003	0,395
Zinco	-0,117	0,16	0,283
Ferro	0,133	0,279	-0,110
Piombo	0,020	0,430	-0,011
PCB	0,207	-0,012	-0,019
Esaclorobenzene	0	0	0
Naftalene	0,109	-0,032	0,241
Acenaftilene	0,204	-0,002	0,025
Acenaftene	0,207	-0,011	-0,018
Fluorene	0,207	-0,010	-0,020
Fenantrene	0,198	0,031	0,110
Antracene	0,207	-0,010	-0,02
Fluorantene	0,200	0,019	0,037
Pirene	0,182	0,039	0,061
Benzo (a) Antracene	0,207	0,005	0,011
Crisene	0,203	0,013	0,044
Benzo (b) Fluorantene	0,167	0,062	0,126
Benzo (K) Fluorantene	-0,063	0,106	0,167
Benzo (a) Pirene	0,206	0,010	0,026
Indeno (1,2,3-c,d) Pirene	0,205	-0,008	-0,013
Dibenzo (a,h) Antracene	0,203	0,002	-0,020
Benzo (g,h,i) Perilene	0,207	0,010	0,015
Somma IPA (31,32,33,36)	0,207	0,012	0,013
IPA Totali	0,173	0,027	0,216
TOC	-0,038	-0,008	-0,116

La matrice Euclidea delle distanze è stata utilizzata anche per la determinazione del non-metric multidimensional Scaling (nMDS). Questa tecnica permette di evidenziare meglio le dissimilarità rispetto alla PCA che è più performante nell'evidenziare le similitudini multivariate tra i records. L'nMDS è stato ottenuto mediante la Kruskal stress formula 1, con 50 restart e con imposizione dello stress minimo ad un livello di 0,01; la proiezione ottenuta è rappresentata in **Figura 6** come multiplot 2D e con il relativo diagramma di Shepard associato. Nella **Figura 6** si riporta la rappresentazione del fattore "fase".

Figura 6 - nMDS con evidenza del fattore "fase".

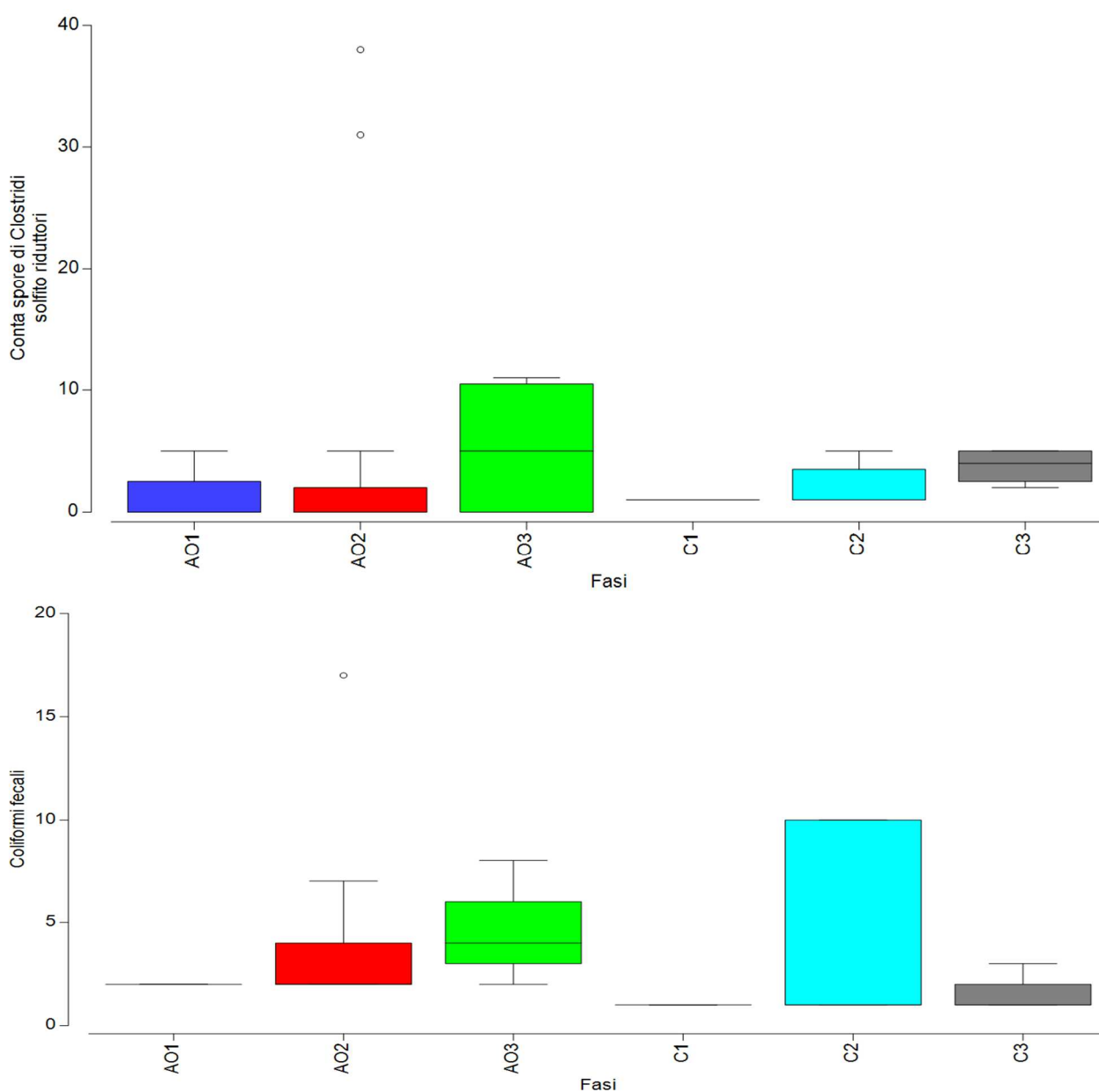


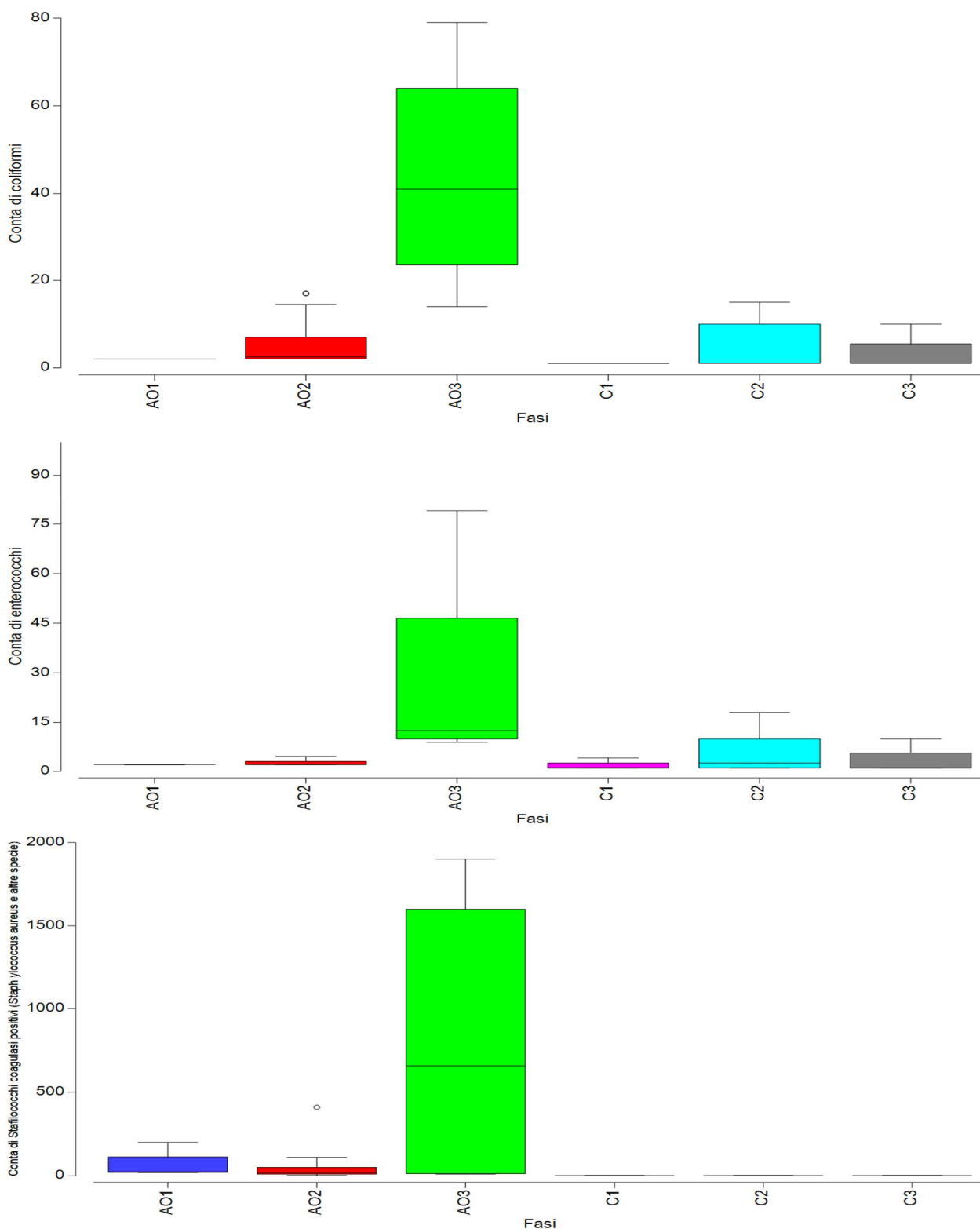
Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test ANOSIM, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche. In questo caso il test ha evidenziato un valore di $R = 0,843$ con un livello di significatività del valore statistico $p = 0,01\%$ e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a R pari a zero.



Si riportano nella seguente **Figura 7** le rappresentazioni Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO1), in rosso la fase ante operam (AO2), in verde la fase ante operam (AO3), in fucsia la fase in itinere (C1) e in azzurro la fase in itinere (C2) e in grigio la fase in itinere (C3). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all’asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato Z per la variabile rappresentata.

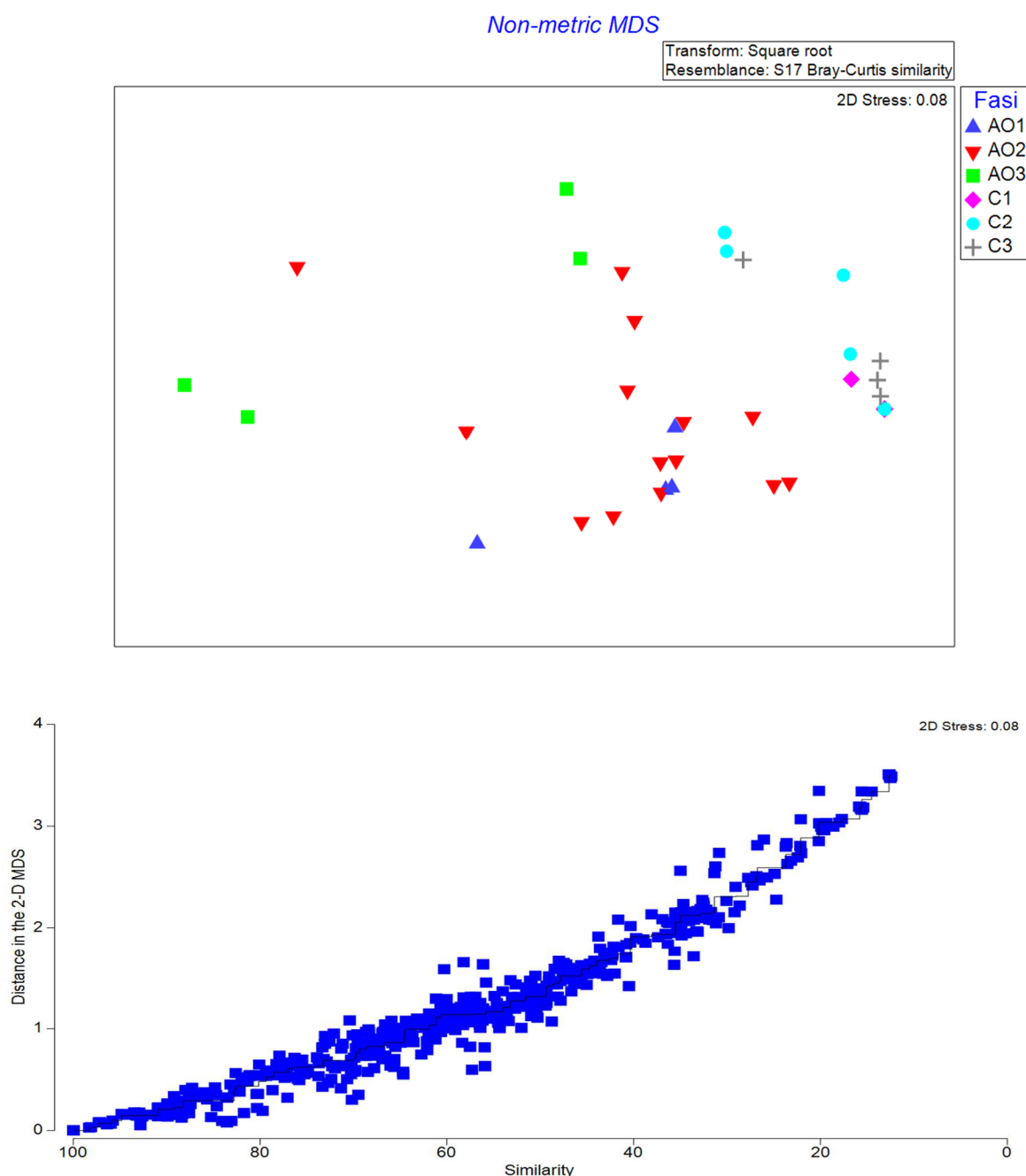
Figura 7 Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio.





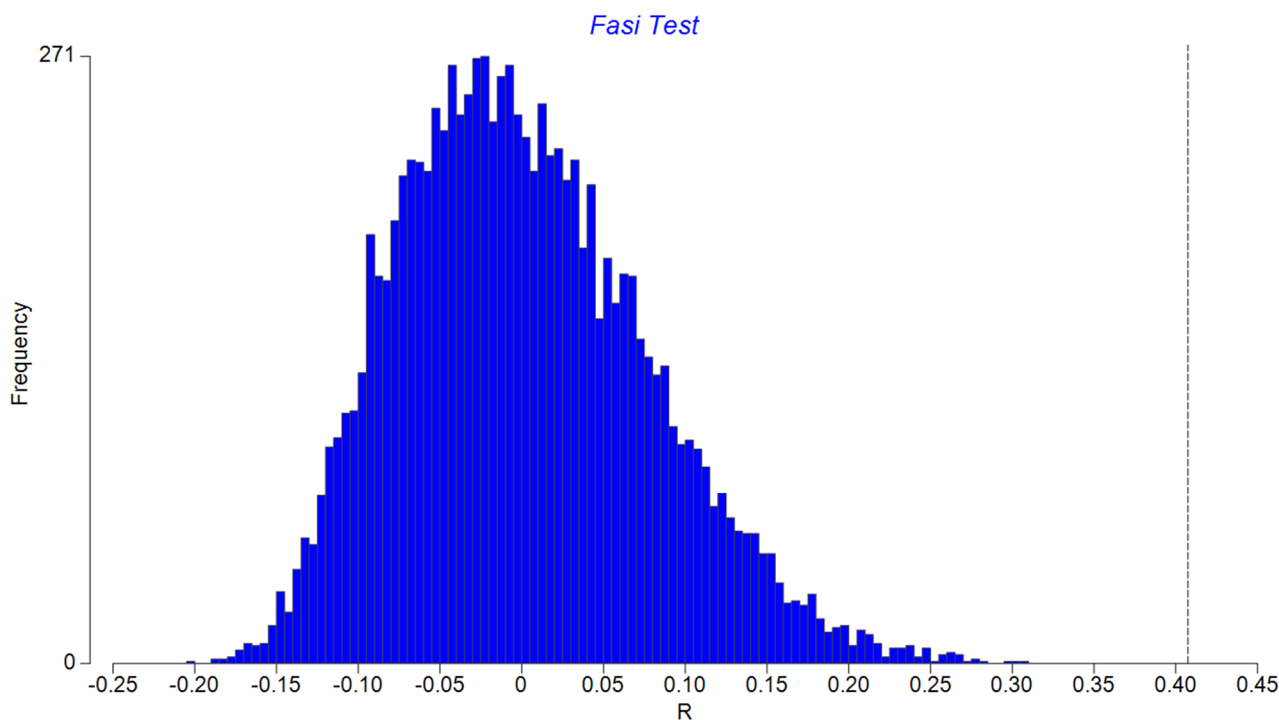
La matrice Bray-Curtis delle distanze è stata utilizzata anche per la determinazione del non-metric multidimensional Scaling (nMDS). Questa tecnica permette di evidenziare meglio le dissimilarità rispetto alla PCA che è più performante nell'evidenziare le similitudini multivariate tra i records. L'nMDS è stato ottenuto mediante la Kruskal stress formula 1, con 50 restart e con imposizione dello stress minimo ad un livello di 0,01; la proiezione ottenuta è rappresentata in **Figura 8** come multiplot 2D e con il relativo diagramma di Shepard associato. Nella figura si riporta la rappresentazione del fattore "fase".

Figura 8 - nMDS con evidenza del fattore "fase", in blu il diagramma di Shepard associato alla proiezione bidimensionale.



Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test ANOSIM, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche (**Figura 9**). In questo caso il test ha evidenziato un valore di $R = 0,407$ con un livello di significatività del valore statistico $p = 0,01\%$ e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a R pari a 0.

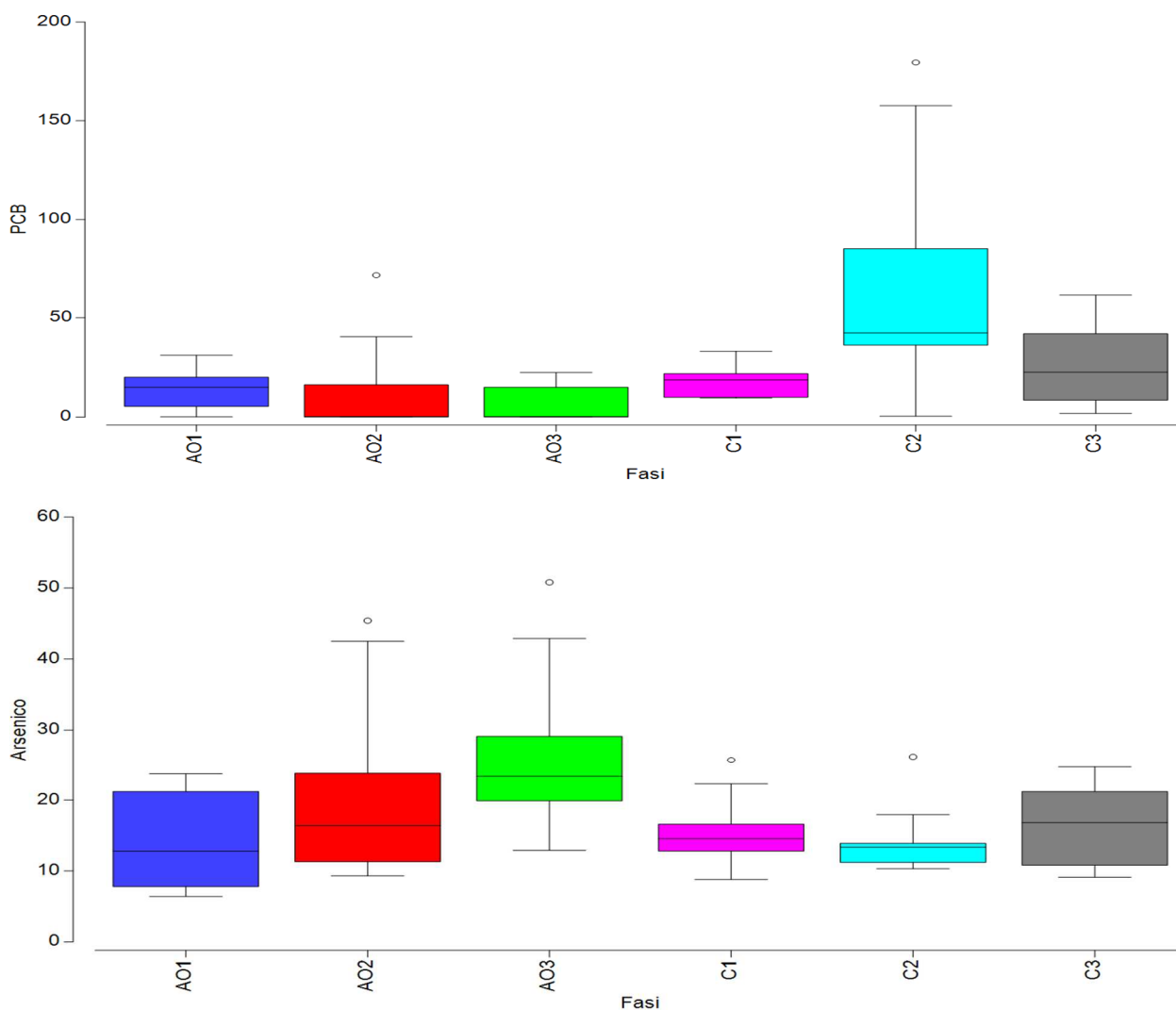
Figura 9 – ANOSIM test one-way.

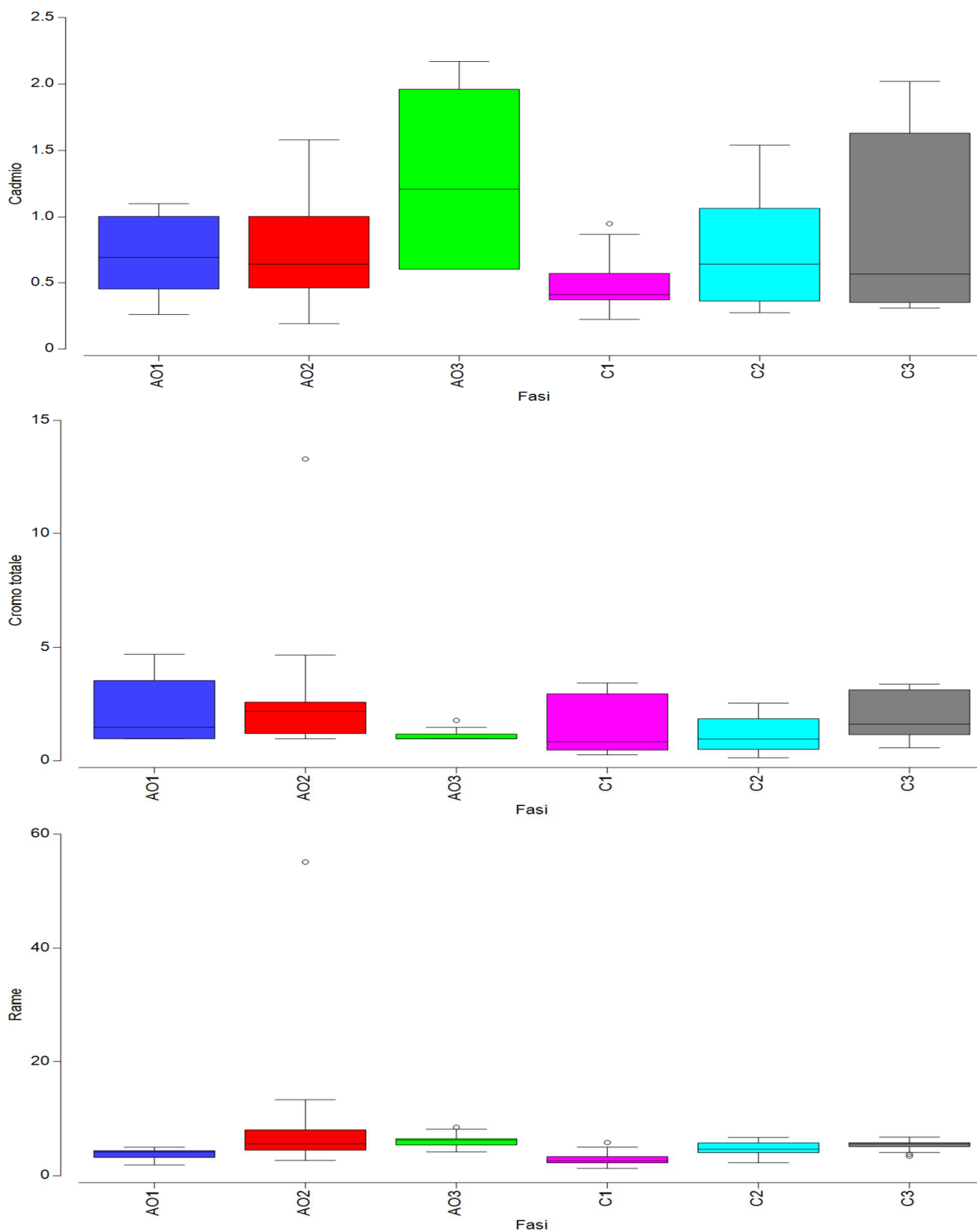


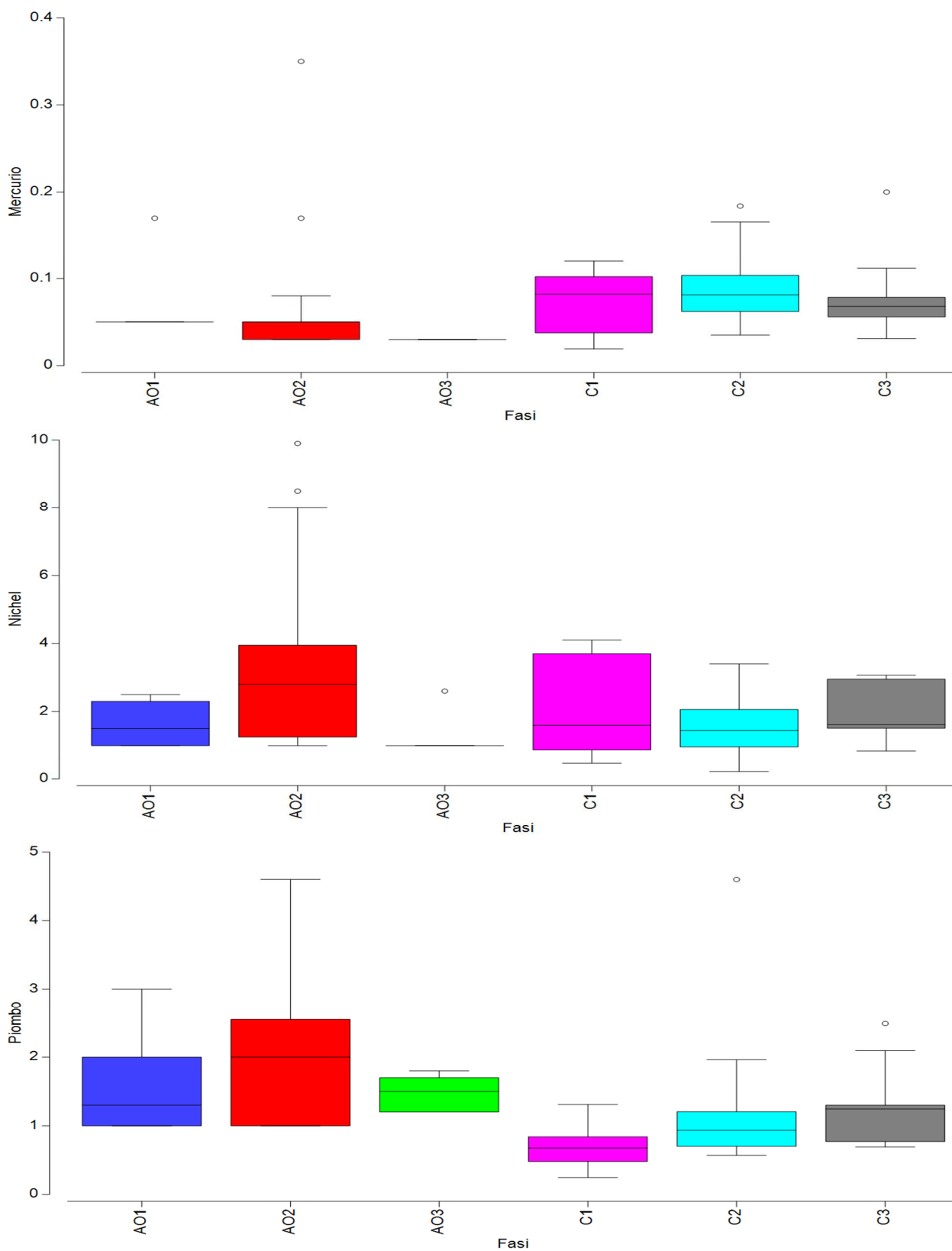
Analisi chimiche sui tessuti di mitilo (crf. Allegato Z)

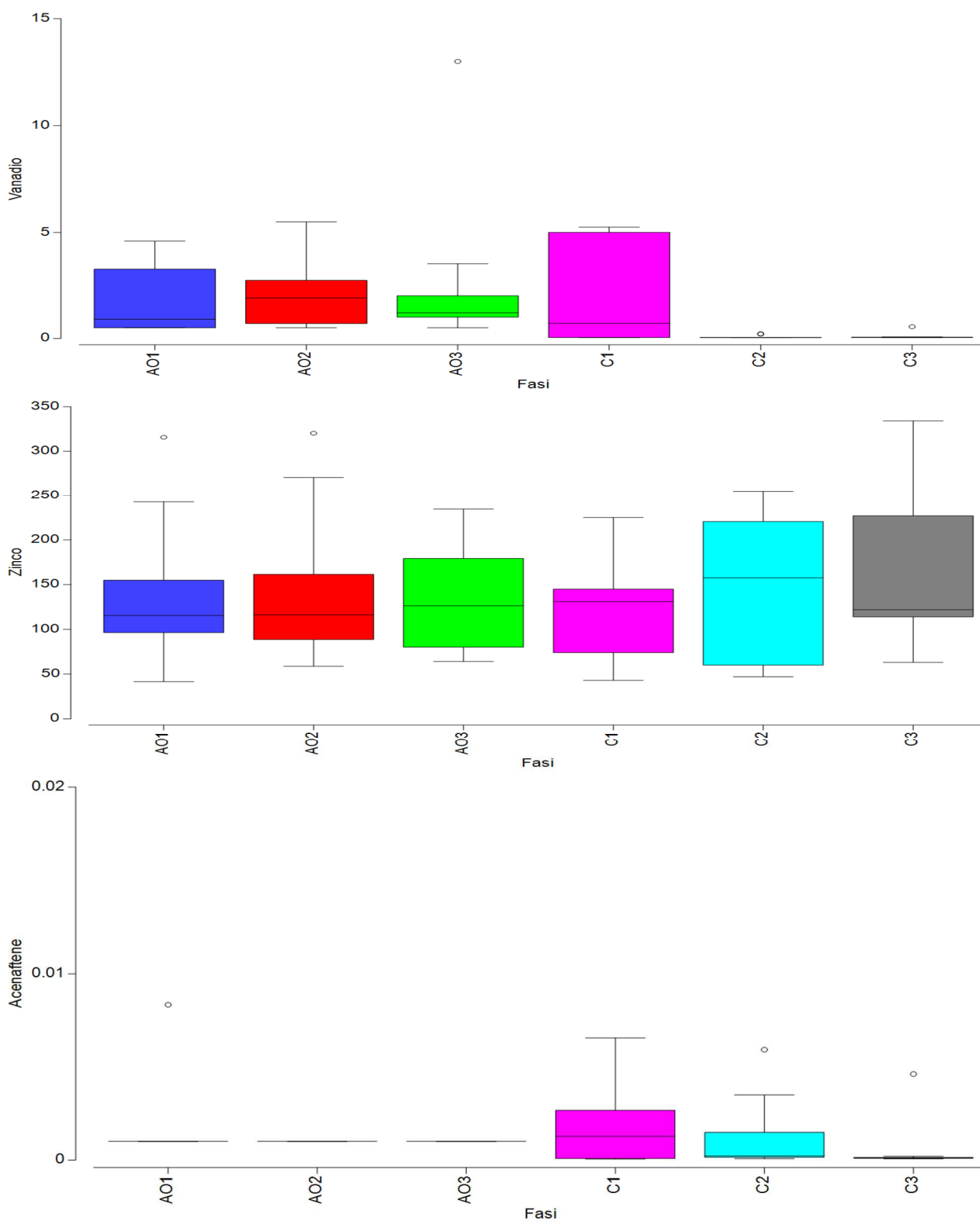
Si riportano nella seguente **Figura 10** le rappresentazioni Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio. In blu è evidenziata la fase ante operam (AO1), in rosso la fase ante operam (AO2), in verde la fase ante operam (AO3), in fucsia la fase in itinere (C1) e in azzurro la fase in itinere (C2) e in grigio la fase in itinere (C3). Gli andamenti delle variabili (fluttuazioni rispetto all’asse y) sono espressi nella stessa unità di misura riportata in Allegato Z per la variabile rappresentata.

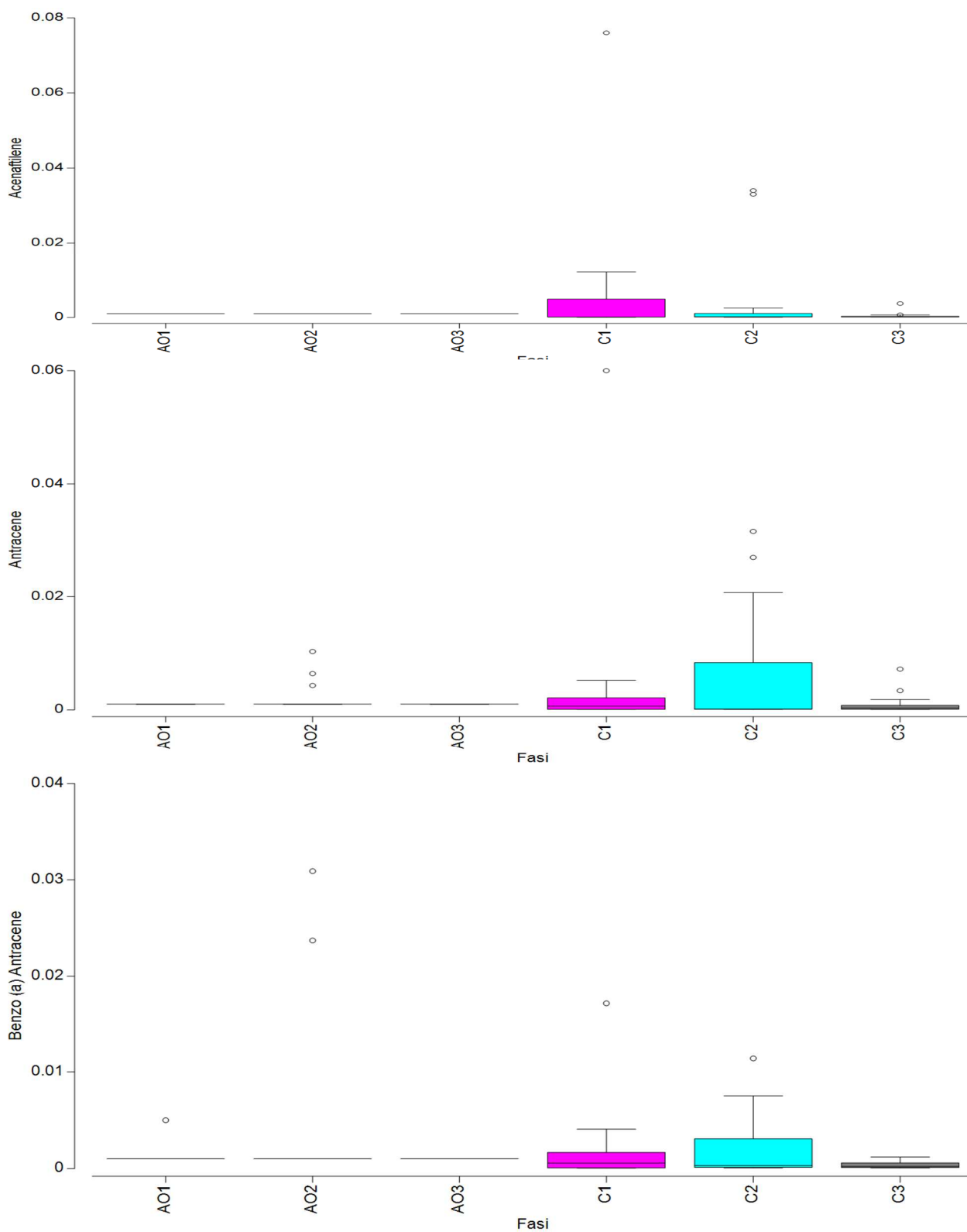
Figura 10 - Box-Whiskers relativi alle variabili considerate elaborati in modo raggruppato rispetto al fattore “fase” monitoraggio.

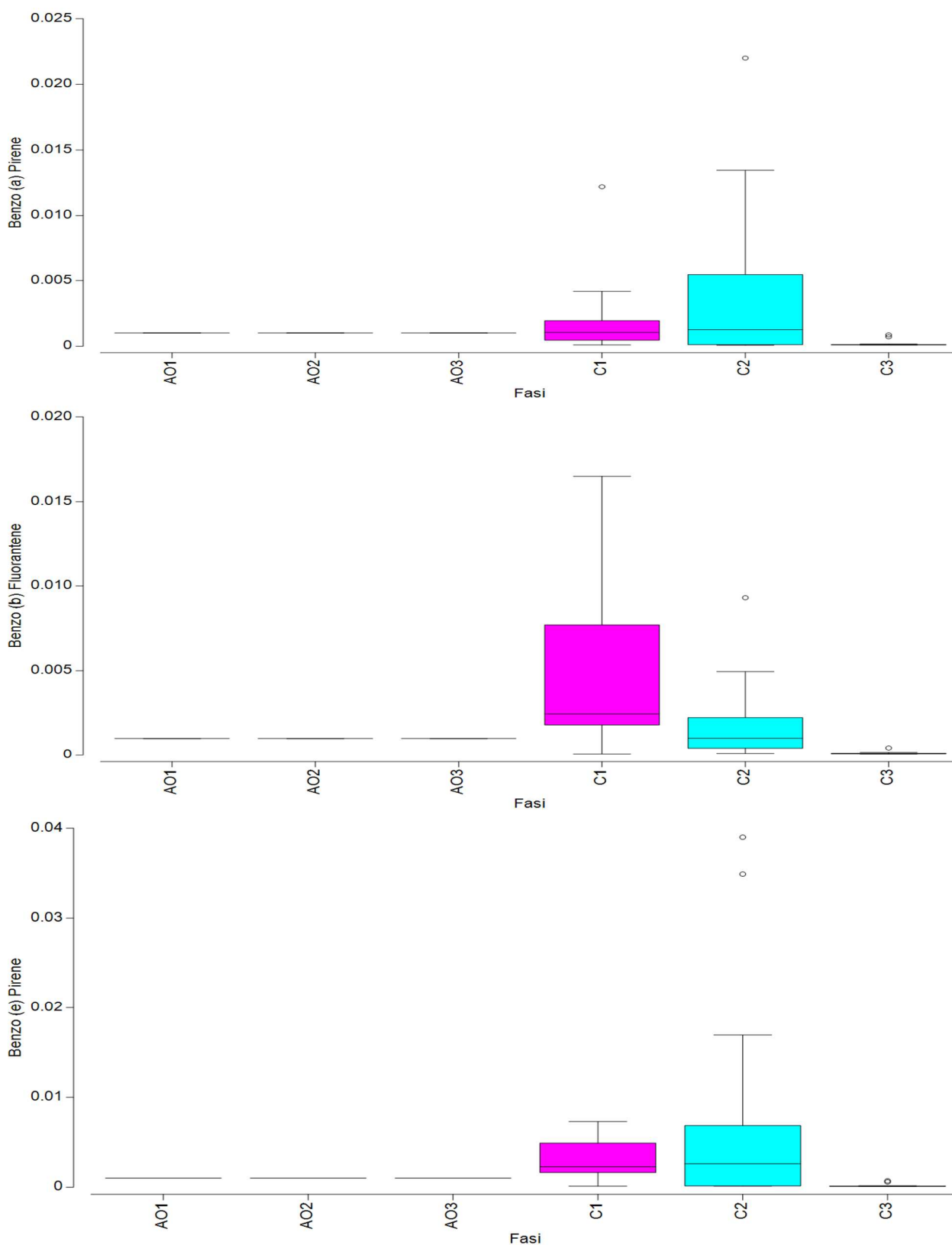


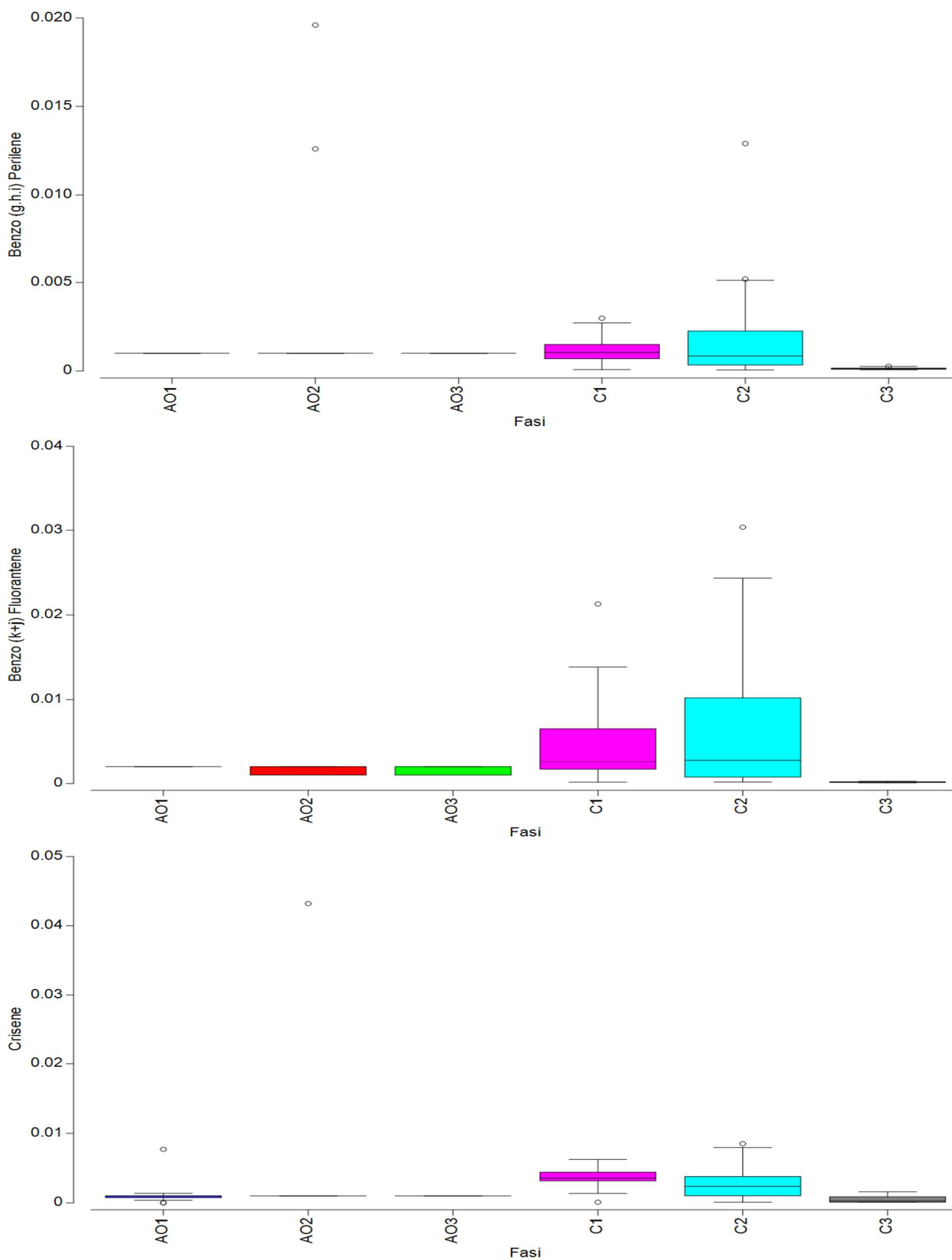


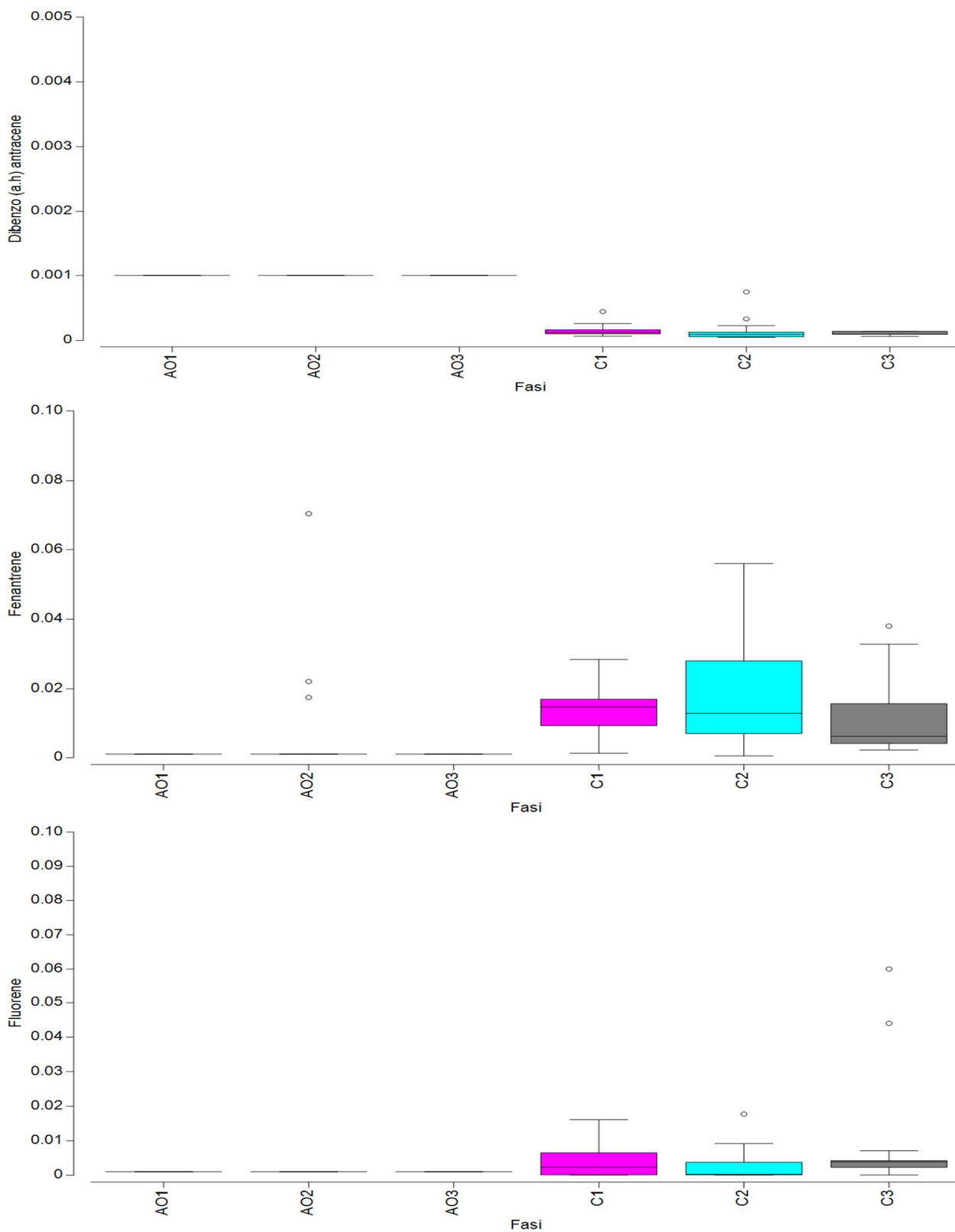


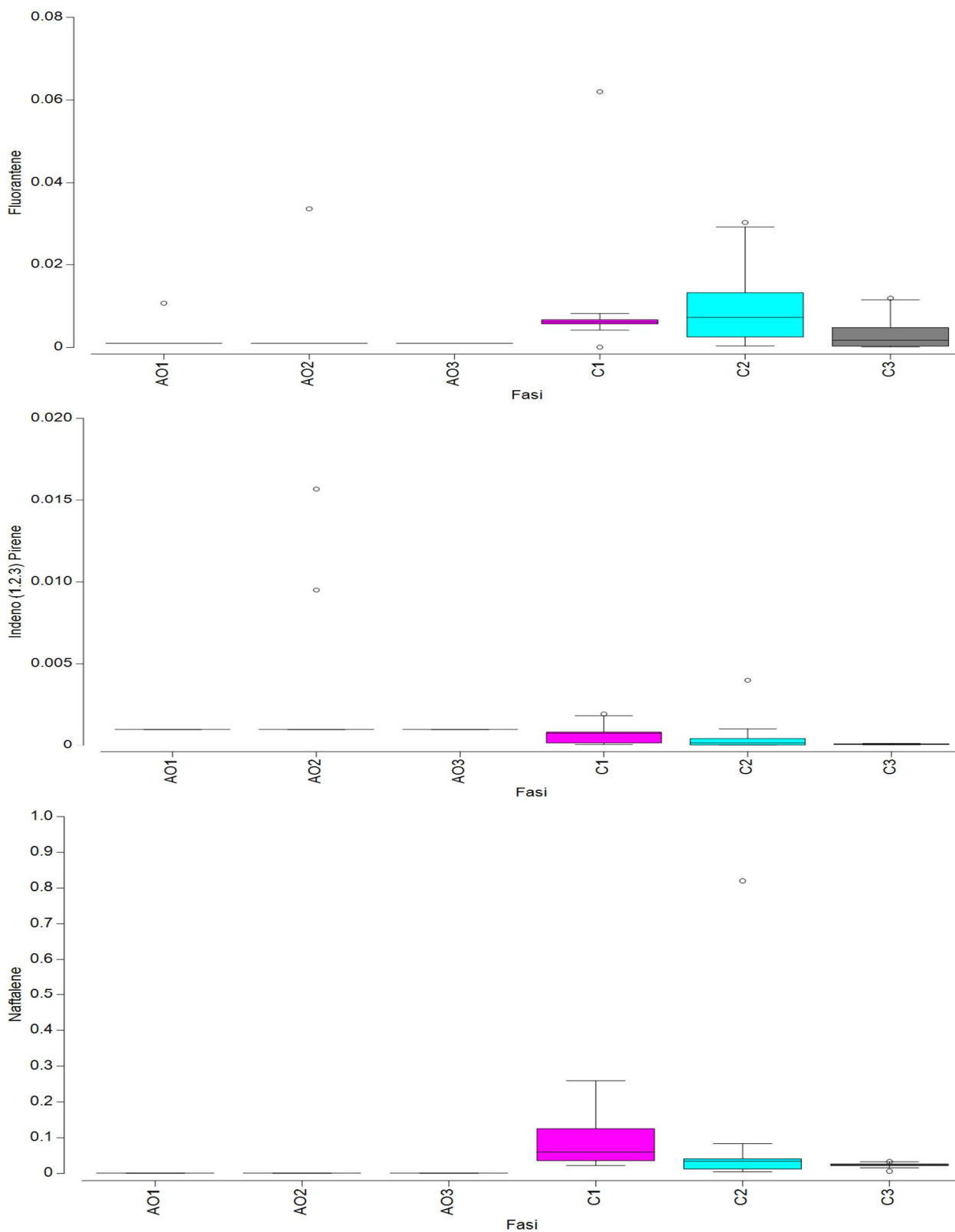


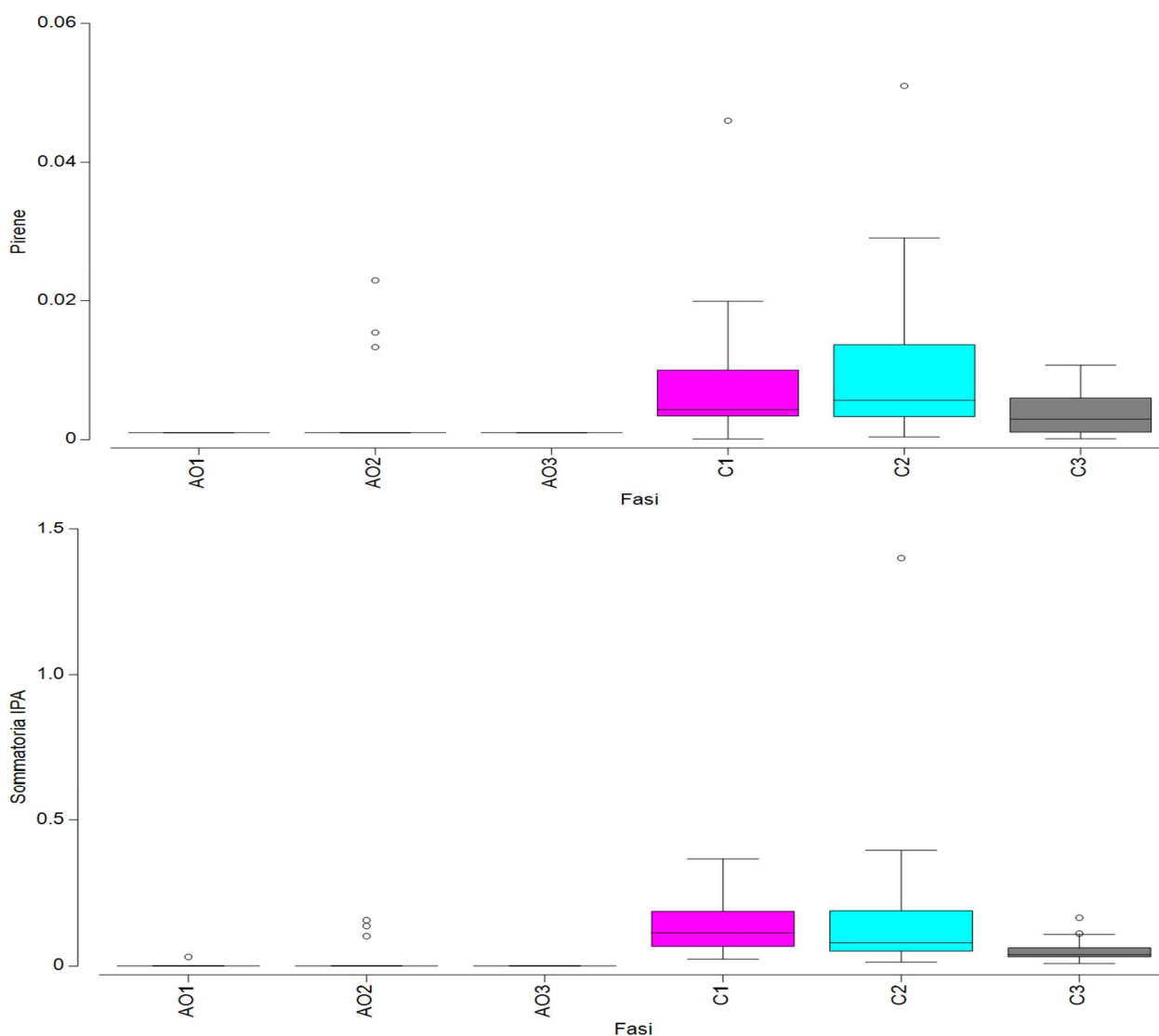












Relativamente alla statistica multivariata condotta sulle variabili, la Principal component analyses (PCA) è riportata in **Figura 11**. La PCA ha evidenziato una percentuale di varianza cumulativa spiegata dai primi tre assi del 61,1% distribuita per il 34,5% al primo asse, per il 16,3% al secondo asse e per il 10,3% al terzo asse. La rappresentazione bidimensionale approssima, pertanto, oltre il 50% della variabilità complessiva del sistema considerato (50,8%). I coefficienti nelle combinazioni lineari delle variabili che compongono i PC (*Eigenvectors*) sono riportati in **Tabella 3**.

Figura 11 - PCA relativi ai primi due assi, in blu i vettori e la loro relazione con gli assi di riferimento. Le icone colorate rappresentano la posizione multidimensionale reciproca delle stazioni di monitoraggio in relazione alle variabili considerate. Le forme colorate indicano il fattore "fase" come da legenda.

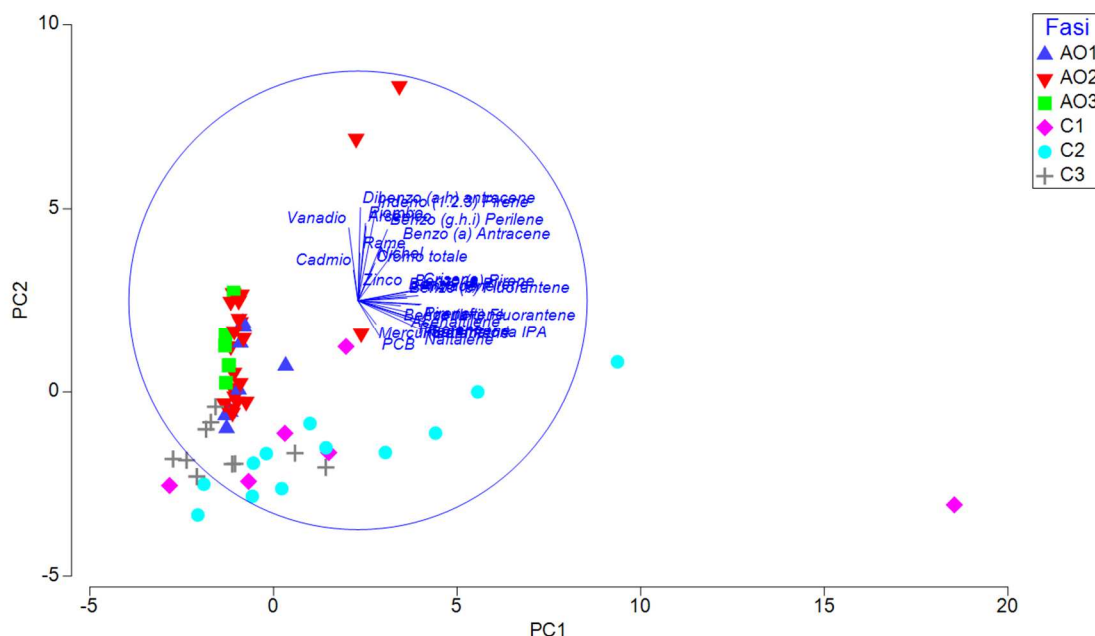


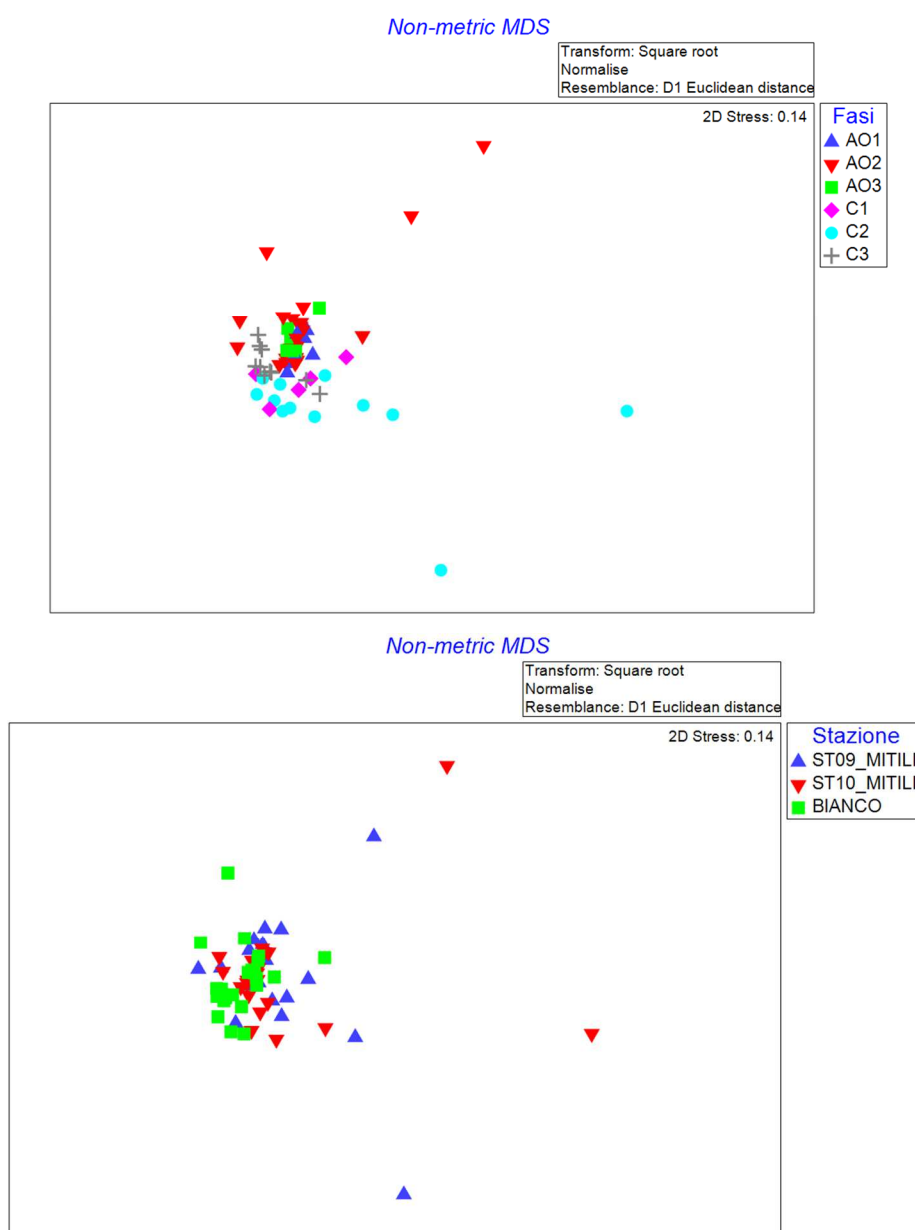
Tabella 3 - Eigenvectors della PCA relativi ai primi tre assi.

Variable	PC1	PC2	PC3
PCB	0.092	-0.154	0.023
Arsenico	0.036	0.326	-0.155
Cadmio	-0.02	0.133	-0.345
Cromo totale	0.066	0.149	-0.117
Mercurio	0.079	-0.103	-0.136
Nichel	0.074	0.165	-0.21
Piombo	0.033	0.338	-0.216
Rame	0.008	0.208	-0.159
Zinco	0.009	0.045	-0.422
Vanadio	-0.04	0.318	0.038
Acenaftene	0.269	-0.018	-0.117
Acenaftilene	0.219	-0.051	-0.144
Naftalene	0.281	-0.13	-0.071
Fluorene	0.254	-0.083	-0.165
Fluorantene	0.273	-0.102	-0.037
Fenantrene	0.29	-0.092	-0.072
Antracene	0.262	0.022	-0.187
Pirene	0.277	-0.015	-0.078
Benzo (a) Antracene	0.183	0.247	0.032
Crisene	0.273	0.052	0.037
Benzo (b) Fluorantene	0.215	0.012	0.283
Benzo (k+j) Fluorantene	0.187	-0.022	0.356
Benzo (a) Pirene	0.237	0.042	0.225
Benzo (e) Pirene	0.21	0.027	0.205
Dibenzo (a.h) antracene	0.011	0.406	0.105
Benzo (g.h.i) Perilene	0.128	0.31	0.282

Indeno (1.2.3) Pirene	0.075	0.385	0.144
Sommatoria IPA	0.303	-0.097	-0.056

La matrice Euclidea delle distanze è stata utilizzata anche per la determinazione del non-metric multidimensional Scaling (nMDS). Questa tecnica permette di evidenziare meglio le dissimilarità rispetto alla PCA che è più performante nell'evidenziare le similitudini multivariate tra i records. L'nMDS è stato ottenuto mediante la Kruskal stress formula 1, con 50 restart e con imposizione dello stress minimo ad un livello di 0,01; la proiezione ottenuta è rappresentata in **Figura 12** come multiplot 2D.

Figura 12 - nMDS con evidenza del fattore “fase” associato alla proiezione bidimensionale. Si evidenzia anche la distribuzione nMDS relativa al fattore Stazione con la distribuzione del “bianco”. Proiezione ottenuta eliminando l’outlayer n. 32.



Le segregazioni osservate rispetto al fattore "fase" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test Anosim, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche (**Figura 13**).

In questo caso il test ha evidenziato un valore di $R = 0.153$ con un livello di significatività del valore statistico $p = 0,6\%$ e un numero di statistiche permutate maggiore o uguale a R pari a 62. Le segregazioni osservate rispetto al fattore "stazione" sono state testate mediante analisi statistica multivariata (test Anosim, Analysis of Similarities) mediante approccio one-way effettuando 9999 permutazioni stocastiche. In questo caso il test ha evidenziato assenza di significatività ($R = 0,004$; $p = 34,3\%$).

Figura 13 – Anosim test one-way rispetto al fattore Fase.

