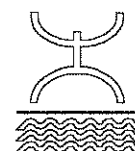




AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DELL'ADIGE



**STUDI E RICERCHE FINALIZZATI ALLA CONOSCENZA INTEGRATA DELLA
QUALITA' DELLE RIVE DEL FIUME ADIGE**

**RESPONSABILE: prof. Maria Giovanna Braioni - Dipartimento di Biologia -
Università di Padova**

UNIVERSITA' DI PADOVA
Dipartimento di Processi Chimici dell'Ingegneria
Laboratorio Analisi Sistemi Ambientali

**ANALISI BIOLOGICHE-ECOLOGICHE IN ALCUNE AREE CAMPIONE
FLUVIALI DELL'ADIGE**

RESPONSABILE DELLA RICERCA: dott. G. M. Carrer

Coordinamento tecnico: dott. F. Lunelli, dott. M. Bisaglia

Convenzione di ricerca finanziata dall'Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige

OGGETTO

CAPITOLO 4

Monitoraggio delle acque e dei sedimenti del fiume Adige.
(periodo settembre 1997 settembre 1998)

DATA

Anno 2001

Versione

LA RIPRODUZIONE E' CONSENTITA SOLO CITANDO LE FONTI:

AUTORITA' DI BACINO NAZIONALE DELL'ADIGE - Largo Porta Nuova, 9 38100 Trento

UNIVERSITA' DI PADOVA - Dipartimento di Biologia - via U. Bassi, 58/B 35121 Padova

UNIVERSITA' DI PADOVA - Dipartimento dei Processi chimici dell'Ingegneria - L.A.S.A. - via Marzolo,9 35121 Padova



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI PROCESSI CHIMICI DELL'INGEGNERIA
LABORATORIO ANALISI SISTEMI AMBIENTALI

MONITORAGGIO DELLE ACQUE E DEI SEDIMENTI DEL FIUME ADIGE

RAPPORTO FINALE DELLE ATTIVITA'
(PERIODO SETTEMBRE 1997 - SETTEMBRE 1998)

CONVENZIONE TRA L'UNIVERSITA' DI PADOVA, DIPARTIMENTO DI PROCESSI
CHIMICI DELL'INGEGNERIA E L'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ADIGE
DEL 14.04.2000.

ESECUTORE:
L.A.S.A. - Laboratorio di Analisi dei Sistemi Ambientali
Dipartimento di Processi Chimici dell'Ingegneria
Via A. Marzolo, 9 35131 PADOVA
Responsabile scientifico:
Dott. G.M. Carrer

INDICE

1. - INTRODUZIONE GENERALE	Pag.	3
2- SCOPO DEL MONITORAGGIO.....	“	7
3. - LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO	“	8
4. - IL CAMPIONAMENTO DELLE ACQUE	“	10
5. - ANALISI DI LABORATORIO	“	11
6. - IL CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI	“	12
7 - ANALISI DI LABORATORIO	“	13
8. - RISULTATI ACQUE.....	“	14
9. - RISULTATI SEDIMENTI	“	20
10. - RISULTATI CARICHI.....	“	25
11. - CONCLUSIONI	“	27

1. – INTRODUZIONE GENERALE

L'Adige nasce da una sorgente vicina al lago di Resia a quota 1.586m e ha un bacino imbrifero di 11.954 km², (Fig.1) un percorso totale di 409 km e sbocca nel mare Adriatico a Porto Fossone (Fig. 2).

La larghezza della sezione del fiume varia varia da un minimo di 40m (tratto Merano Bolzano) ad un massimo di 270 m (ponte Zevio);

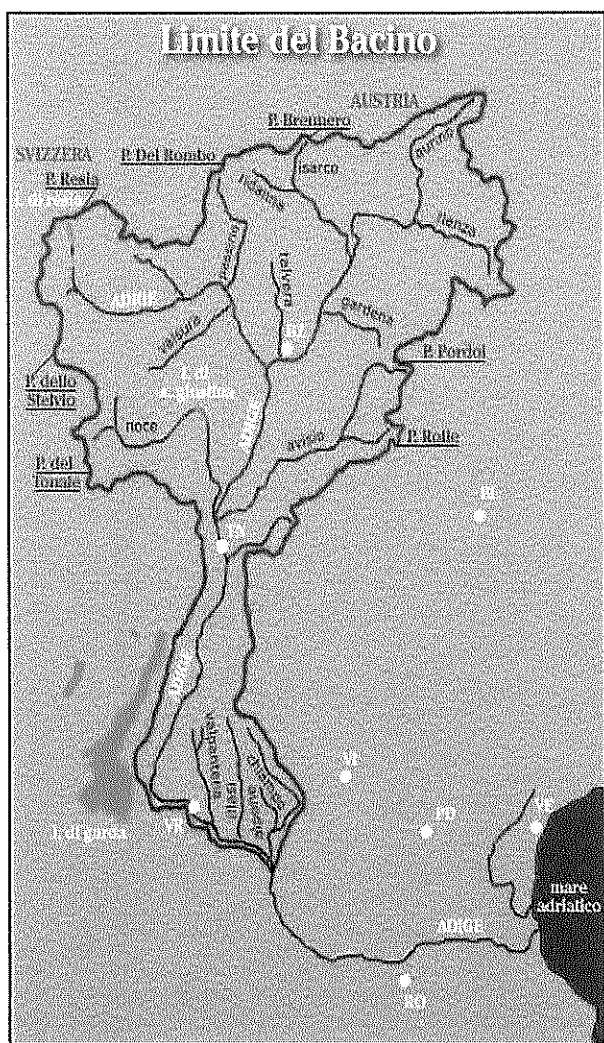


Figura 1 Bacino del fiume Adige



Figura 2 Foce del fiume Adige

Nel bacino possono essere individuati tre tratti di fiume omogenei:

-- **un tratto alpino**, che interessa principalmente la Val Venosta e la gran parte degli affluenti, ove nel fiume prevalgono i caratteri di torrente di montagna;

-- **un tratto vallivo**, (conca di Merano e di Bolzano e Val d'Adige e Val Lagarina) ove il fiume appare sistemato, radrizzato e arginato per lunghi tratti;

-- **un tratto piano**, che inizia a valle della gola veronese che vede il fiume arginato e sistemato e con caratteristiche pensili; infatti il fiume dopo aver riempito con il tempo l'alveo normale con i suoi depositi ha creato un letto che risulta sopraelevato sulla pianura circostante e il cui mantenimento è stato favorito dalla costruzione d'argini.

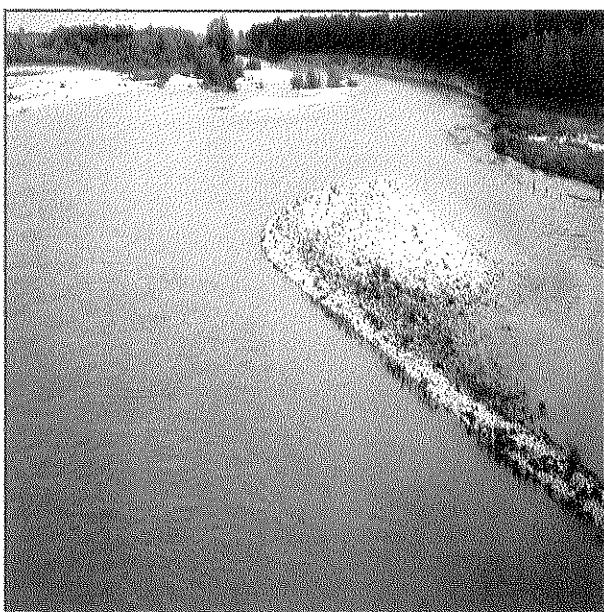


Figura 3 Isole naturali sul fiume

In questo tratto di pianura il fiume Adige scorre più lento rispetto ai tratti precedenti e crea all'interno dell'alveo i cosiddetti "sabbioni" (Figura 4), che compaiono e scompaiono, isole (Figura 3), che il fiume lascia ora più a destra, ora più a sinistra a seconda del suo livello idrologico, anse rigogliose di

vegetazione spontanea, con canne, arbusti ed alberi.

Il tratto di pianura del fiume Adige presenta una serie di ambienti importantissimi dal punto di vista naturalistico.

In tale tratto la concentrazione dei nutrienti inorganici disciolti nelle acque sono mediamente elevate poiché il fiume risente di tutta la sua storia (gli affluenti, gli scarichi urbani puntiformi e gli scarichi diffusi agricoli), ma poiché il fiume scorre più lentamente rispetto ai tratti a monte vengono favoriti tempi di contatto più elevati tra le acque e la vegetazione delle rive

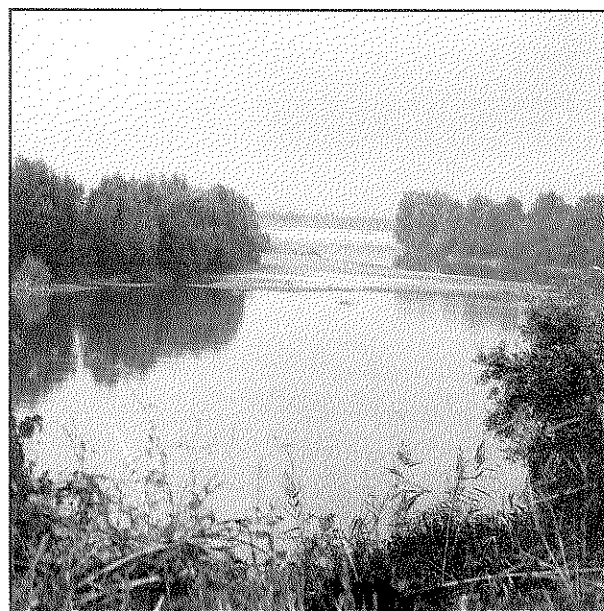


Figura 4 Sabbioni nelle anse del fiume

La presenza di rive con vegetazione risulta quindi fondamentale per favorire i fenomeni naturali di autodepurazione delle acque e quindi per creare quella varietà di microambienti indispensabili agli invertebrati bentonici in primo luogo e a tutta la fauna fluviale.

In un fiume di queste dimensioni (larghezza massima del tratto di pianura = 270 metri) l'acqua che viene a contatto con la vegetazione rappresenta solo una piccola frazione dell'acqua che transita nella sezione (meno del 10%); visto questo esiguo valore risulta quindi indispensabile rendere le rive del fiume disponibili a questa loro naturale funzione.

Con la sua conformazione naturale e con il suo lento scorrere medio (anse e meandri) il fiume agisce da sedimentatore naturale riducendo le concentrazioni di solidi sospesi e di fosforo e metallipesi, i quali viaggiano trasportati adsorbiti alla frazione solida.

La vegetazione naturale bagnata sulle rive (arbusti alberi e canneto) invece

catalizza i processi naturali di fitobiodepurazione.

La *Phragmites*, (Figura 5).comunemente chiamata canna di palude, costituisce assieme al resto della vegetazione arbustiva e ed arborea un vero e proprio microlaboratorio chimico e biologico, capace di trasformare l'azoto ammoniacale e quello nitrico presenti nelle acque superficiali e di rilasciarlo in forma gassosa e non dannosa per l'ambiente.



Figura 5 Canneto sulle rive del fiume

La vegetazione in generale, ma soprattutto le canne sono fondamentali in questi processi poiché esse hanno la

capacità di catturare l'ossigeno dell'atmosfera e di trasferirlo ,attraverso la loro struttura fino alle radici.

Attorno agli apparati radicali si formano delle microzone aerobiche (ossigenate) circondate da sedimenti anaerobici e la contiguità di questi due microambienti è la condizione necessari per la rimozione dell'azoto dalla colonna d'acqua.

L'azoto organico viene degradato, per azione batterica ad azoto ammoniacale nel sedimento.

Altri batteri presenti nella microzona aerobica attorno alle radici delle canne di palude, trasformano l'azoto ammoniacale in azoto nitrico.

Quest'ultimo a contatto con l'ambiente anaerobico del sedimento viene trasformato in azoto gassoso.

Quest'ultimo processo si chiama *denitrificazione* e permette il trasferimento dell'azoto dalla colonna d'acqua all'atmosfera in una forma chimica non inquinante.

Le potenzialità di autodepurazione di un fiume come detto sopra sono notevoli ma per poter avere un effetto quantitativamente rilevante ai fini della riduzione dei carichi inquinanti è necessario usare al meglio tali caratteristiche.

Tutte quelle aree naturalmente destinate ad attività di sedimentazione e depurazione naturale (rive, sabbioni, golene) devono essere, ove possibile utilizzate a tale scopo, per poter dare un contributo significativo al miglioramento della qualità delle acque del fiume Adige.

1. – SCOPO DEL MONITORAGGIO

La struttura e la composizione delle comunità fluviali bentoniche, riparie e della colonna d'acqua dalle quali derivano la funzionalità degli ambienti fluviali e l'entità dei processi autodepurativi sono strettamente legate e condizionate dagli andamenti idrologici del corso d'acqua stesso, dalle caratteristiche morfologiche dell'alveo e delle rive, dai processi fisici e chimici delle acque e dei sedimenti e, infine, dalla regolazione della portata e delle opere di regimazione.

Di contro le conoscenze a tal riguardo per la parte terminale del corso di pianura dell'Adige, utilizzato peraltro a scopo potabile, sono state frammentarie e, fino ad ora, le analisi e gli studi sono stati attuati settorialmente.

Le campagne di monitoraggio sono state finalizzate alla conoscenza della qualità delle acque e alla stima dei carichi di nutrienti che transitano nel tratto di fiume considerato e alla verifica della qualità dei sedimenti. Esse sono state effettuate per quanto possibile in coordinamento con i campionamenti biologici con l'obiettivo di una migliore interpretazione dei dati relativi alle comunità biologiche.

Per quanto riguarda la valutazione dei carichi dei nutrienti in transito sarà possibile effettuare degli interessanti confronti nel periodo 1990-1998 utilizzando sia i dati del nostro monitoraggio, sia i dati del monitoraggio della Regione Veneto alle stazioni i potabilizzazione delle acque di Badia Polesine e Boara Pisani sul fiume Adige e i dati di portata della stazione di Boara Pisani del Magistrato alle Acque di Venezia

3- LOCALIZZAZIONE DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO

Le stazioni di monitoraggio della qualità delle acque sono:

1- BADIA POLESINE

2- LUSIA

3- BOARA PISANI

e vengono indicate nella Figura 6.



STAZIONI DI CAMPIONAMENTO DI QUALITÀ' DELLE ACQUE

Figura 6 Ubicazione delle stazioni di campionamento di qualità delle acque.

La scelta di queste tre stazioni è stata fatta per i seguenti motivi:

- le tre stazioni si trovano in un tratto di pianura e pensile del fiume Adige nel quale non ci sono significative immissioni;
- in tutte e tre le stazioni di monitoraggio sono presenti dei ponti che rendono possibile il campionamento senza eccessivi rischi per gli operatori;
- in due stazioni sono disponibili delle serie storiche di qualità delle acque (Badia Polesine e Boara Pisani, Regione Veneto);
- in una stazione è disponibile il dato di portata (Boara Pisani, Magistrato alle Acque);
- le stazioni di campionamento del monitoraggio biologico (Prof. G.Braioni Dipartimento di Biologia dell'Università di Padova) sono comprese all'interno di questo tratto di fiume Adige;
- Il tratto è sufficientemente lungo (circa 30 km).

4. - IL CAMPIONAMENTO DELLE ACQUE

Il monitoraggio della qualità delle acque è stato effettuato con cadenza circa mensile in concomitanza al monitoraggio biologico della qualità delle acque.

Il campionamento è stato diviso nelle seguenti fasi operative:

1- Prelievo manuale di un campione rappresentativo della sezione considerata; a seconda della stagione e valutando la sezione di fiume considerata sono stati eseguiti da 2 a 4 campioni puntiformi in vari punti della sezione considerata; questi campioni sono stati miscelati in parti uguali in campo per formare un campione medio rappresentativo di circa 2 litri.

2-Prelievo manuale di un aliquota nel punto medio della sezione per la misura in campo dei seguenti parametri chimico-fisici dell'acqua; Temperatura, Conducibilità Elettrica, pH, Ossigeno Disciolto e Potenziale Redox

3-Filtrazione in campo del campione (da 500ml a 2000ml a seconda delle quantità di Solidi Sospesi presenti) e stoccaggio immediato dello stesso a 4°C in apposite borse frigo sino al raggiungimento dei laboratori dell'Università;

4-Compilazione di una Scheda Tecnica di accompagnamento del campione.

5. - ANALISI DI LABORATORIO

Nel laboratorio L.A.S.A. del Dipartimento dei Processi Chimici dell'Ingegneria dell'Università di Padova, le analisi sono state iniziate nello stesso giorno nel quale i campioni sono stati raccolti e sono state terminate nel giro di 48 ore.

L'analisi effettuata sul campione di acqua filtrato in campo ha dato informazioni sulle componenti inorganiche e organiche disciolte mentre l'analisi effettuata sul particolato raccolto durante la filtrazione del campione stesso in campo ha dato informazioni sulle componenti legate al particolato.

I parametri analizzati sono:

1 - N-NO₃	(azoto nitrico)	(analisi effettuata su aliquota filtrata)
2 - N-NO₂	(azoto nitroso)	(analisi effettuata su aliquota filtrata)
3 - N-NH₄	(azoto ammoniacale)	(analisi effettuata su aliquota filtrata)
4 - T.D.N.	(azoto totale disciolto)	(analisi effettuata su aliquota filtrata)
5 - P-PO₄	(fosforo ortofosfato)	(analisi effettuata su aliquota filtrata)
6 - P.N.	(azoto legato al particolato)	(analisi effettuata sul particolato)
7 - P.P.	(fosforo legato al particolato)	(analisi effettuata sul particolato)
8 - S.S.	(solidi sospesi totali)	(analisi effettuata sul particolato)

Con successivi calcoli vengono determinati i seguenti parametri:

1 - D.O.N.	(azoto organico disciolto)
4 - T.D.I.N.	(azoto totale inorganico disciolto)
4 - T.N.	(azoto totale)
5 - S.U.P.	(fosforo solubile non reattivo)
5 - T.P.	(fosforo totale)

Le metodiche utilizzate per le analisi sono quelle previste dalla normativa vigente ("*Metodi Analitici per le Acque*", CNR-IRSA, 1994; o "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*", APHA-AWWA-WEF, 1992)

6. - IL CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI

Il monitoraggio della qualità dei sedimenti ha fornito indicazioni sui contenuti di azoto fosforo e carbonio dei sedimenti e sulla capacità ossidativa degli stessi.

I campionamenti sono stati effettuati con cadenza stagionale in concomitanza del monitoraggio biologico delle stazioni considerate; le analisi sono state iniziate il giorno successivo alla raccolta dei campioni e sono state terminate nel giro di una settimana. In questo caso più che di stazione di campionamento si deve parlare di area di campionamento poiché il campione non è mai stato raccolto in prossimità dello stesso punto preciso ma è stato raccolto sempre in una zona bagnata dalle acque del fiume ad almeno un metro di distanza dalla riva. Il punto di campionamento è stato condizionato dal livello ideologico; tale scelta è stata fatta per effettuare il campionamento nei stessi punti ove è stato effettuato il monitoraggio biologico e quindi per poter avere la massima correlazione tra i dati.

Il campionamento è stato diviso nelle seguenti fasi operative:

1-Prelievo di almeno cinque repliche per stazione dello strato superficiale dei sedimenti (10 cm); i campioni vengono prelevati con benna in acciaio, in doppio e vengono stoccati in sacchetti da congelatore doppi avendo l'avvertenza di lasciare poca aria al loro interno:

2- Stoccaggio immediato dei campioni a 4°C in apposite borse frigo sino al raggiungimento dei laboratori dell'Università;

3-Misura nel sito dei principali parametri chimico fisici (Temperatura, pH, e Potenziale Redox)

4-Compilazione di una Scheda Tecnica di accompagnamento del campione.

7 - ANALISI DI LABORATORIO DEI SEDIMENTI

Nel laboratorio L.A.S.A. del Dipartimento dei Processi Chimici dell'Ingegneria dell'Università di Padova, i campioni sono stati analizzati secondo la seguente procedura:

- omogeneizzazione completa di ogni singolo campione;
- essiccazione del campione a 60°C sino a peso costante (48.72 ore);
- riduzione del campione in polvere;
- analisi

I parametri analizzati sono:

1 – T.N. (azoto totale)	(analisi effettuata sul sedimento secco)
2 - T.P. (fosforo totale)	(analisi effettuata sul sedimento secco)
3 – T.C.(carbonio totale)	(analisi effettuata sul sedimento secco)

8. RISULTATI ACQUE

Nelle tabella 1,2,3 sono raccolti tutti i dati del monitoraggio della qualità delle acque, e nelle figure 7,8 e 9 sono graficati gli andamenti dei principali parametri.

Stazione :BADIA POLESINE

DATA e ORA	N-NH ₄ ⁺ mg/l	N-NO ₃ ⁻ mg/l	N-NO ₂ ⁻ mg/l	N-NOX mg/l	T.D.I.N. mg/l	D.O.N. mg/l	T.D.N. mg/l	P.N. mg/l	T.N. mg/l	P-PO ₄ ³⁻ mg/l	D.O.P. mg/l	T.D.P. mg/l
17/09/97	0,02	1,2	0,01	1,2	1,2	0,0	1,2	0,0	1,3	0,044	0,004	0,049
20/10/97	0,03	1,0	0,11	1,1	1,2	0,7	1,9	0,2	2,0	0,025	0,028	0,053
04/11/97	0,05	1,5	0,03	1,5	1,6	0,5	2,0	0,1	2,1	0,031	0,007	0,038
10/12/97	0,17	1,8	0,02	1,8	2,0	0,1	2,1	0,0	2,1	0,040	0,006	0,046
20/01/98	0,11	1,8	0,02	1,8	2,0	0,2	2,1	0,3	2,4	0,053	0,030	0,083
17/02/98	0,15	1,6	0,03	1,6	1,8	0,4	2,2	0,4	2,6	0,041	0,016	0,057
18/03/98	0,08	1,5	0,02	1,6	1,6	0,3	1,9	0,1	2,0	0,044	0,007	0,051
22/04/98	0,08	1,8	0,08	1,8	1,9	0,4	2,3	0,1	2,4	0,055	0,005	0,060
27/05/98	0,08	1,8	0,03	1,8	1,9	0,3	2,2	0,1	2,3	0,063	0,005	0,068
11/06/98	0,04	0,7	0,09	0,8	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,092	0,017	0,108
23/06/98	0,00	1,0	0,03	1,0	1,0	0,0	1,1	0,0	1,1	0,031	0,028	0,059
21/07/98	0,04	1,1	0,07	1,2	1,2	0,0	1,2	0,1	1,3	0,026	0,046	0,072
22/09/98	0,17	3,7	0,08	3,8	4,0	0,8	4,7	0,2	4,9	0,037	0,059	0,096

	P.P. mg/l	T.P. mg/l	S.S. mg/l	BOD	COD	TOC	T.acqua °C	pH	D.O. mg/l	D.O. % di sat.	COND. µS	Eh mV
17/09/97	0,024	0,068	29	2	5	N.D.	15,8	7,91	7,3	89,0	261	181
20/10/97	0,030	0,102	6	3	7	N.D.	10,6	7,35	8,5	80,0	339	170
04/11/97	0,046	0,094	15	3	5	N.D.	8,7	7,75	7,7	68,5	364	236
10/12/97	0,028	0,063	63	5	9	N.D.	3,6	7,89	10,3	75,0	373	172
20/01/98	0,023	0,086	26	3	6	N.D.	6,4	7,60	9,0	83,0	447	182
17/02/98	0,033	0,083	38	4	11	N.D.	9,8	7,86	9,6	90,0	368	145
18/03/98	0,033	0,068	36	5	8	N.D.	10,0	8,25	8,5	74,9	381	187
22/04/98	0,031	0,073	45	4	21	N.D.	13,0	7,99	8,6	82,4	393	166
27/05/98	0,037	0,099	15	4	16	N.D.	15,7	7,90	7,1	73,0	252	188
11/06/98	0,097	0,175	30	3	8	N.D.	16,1	7,72	7,9	80,5	209	175
23/06/98	0,052	0,100	22	4	11	N.D.	16,5	7,81	8,2	82,2	212	119
21/07/98	0,073	0,134	17	2	10	N.D.	16,7	7,77	8,0	80,0	204	105
22/09/98	0,057	0,119	45	3	7	N.D.	14,7	7,92	6,9	68,0	278	122

Tab. 1: monitoraggio della qualità delle acque della stazione Badia Polesine

LEGENDA

N-NH ₄	AZOTO AMMONIACALE
N-NO ₂	AZOTO NITROSO
N-NO ₃	AZOTO NITRICO
N-NOX	AZOTO OSSIDATO = AZOTO NITROSO + AZOTO NITRICO
T.D.I.N.	AZOTO INORGANICO DISCIOLTO TOTALE
D.O.N.	AZOTO ORGANICO DISCIOLTO
T.D.N.	AZOTO TOTALE DISCIOLTO
P.N.	AZOTO LEGATO AL PARTICOLATO
T.N.	AZOTO TOTALE
P-PO ₄	FOSFORO COME IONE ORTOFOSFATO
S.U.P.	FOSFORO SOLUBILE NON REATTIVO
T.D.P.	FOSFORO TOTALE DISCIOLTO
P.P.	FOSFORO LEGATO AL PARTICOLATO
T.P.	FOSFORO TOTALE
S.S.	SOLIDI SOSPESI TOTALI
BOD5	DOMANDA BIOLOGICA DI OSSIGENO
COD	DOMANDA CHIMICA DI OSSIGENO
pH	ATTIVITA' IONIO IDROGENO
Tacqua	TEMPERATURA DELL'ACQUA
COND.	CONDUCIBILITA' ELETTRICA
Eh	POTENZIALE REDOX

Stazione :LUSIA

DATA e ORA	N-NH ₄ ⁺ mg/l	N-NO ₃ ⁻ mg/l	N-NO ₂ ⁻ mg/l	N-NOX mg/l	T.D.I.N. mg/l	D.O.N. mg/l	T.D.N. mg/l	P.N. mg/l	T.N. mg/l	P-PO ₄ ³⁻ mg/l	D.O.P. mg/l	T.D.P. mg/l
17/09/97	0,02	1,1	0,01	1,1	1,1	0,0	1,1	0,0	1,1	0,041	0,009	0,050
20/10/97	0,04	1,1	0,09	1,2	1,2	0,8	2,0	0,0	2,0	0,028	0,037	0,065
04/11/97	0,09	1,5	0,04	1,5	1,6	0,5	2,2	0,1	2,2	0,040	0,004	0,044
10/12/97	0,18	1,7	0,02	1,8	1,9	0,0	2,0	0,0	2,0	0,036	0,005	0,041
20/01/98	0,12	1,8	0,02	1,9	2,0	0,3	2,2	0,3	2,6	0,048	0,015	0,064
17/02/98	0,19	1,6	0,03	1,6	1,8	0,4	2,2	0,1	2,3	0,039	0,019	0,057
18/03/98	0,07	1,5	0,02	1,5	1,6	0,3	1,9	0,1	1,9	0,037	0,005	0,042
22/04/98	0,08	1,7	0,04	1,7	1,8	0,2	2,1	0,1	2,1	0,049	0,003	0,052
27/05/98	0,08	1,7	0,05	1,7	1,8	0,3	2,1	0,1	2,2	0,060	0,007	0,067
11/06/98	0,12	0,7	0,08	0,8	0,9	0,1	1,0	0,3	1,3	0,088	0,006	0,094
23/06/98	0,01	1,0	0,06	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,1	0,030	0,015	0,045
21/07/98	0,03	1,1	0,08	1,2	1,2	0,0	1,2	0,1	1,3	0,022	0,046	0,068
22/09/98	0,09	3,4	0,08	3,5	3,6	0,6	4,2	0,0	4,2	0,041	0,036	0,077

	P.P. mg/l	T.P. mg/l	S.S. mg/l	BOD	COD	T.acqua °C	pH	D.O. mg/l	D.O. % di sat.	COND. µS	Eh mV
17/09/97	0,017	0,067	39	2	5	15,5	7,88	7,4	91,7	267	212
20/10/97	0,024	0,090	6	3	11	10,8	7,56	9,2	92,0	309	166
04/11/97	0,059	0,104	19	4	7	8,5	7,64	7,8	67,5	351	181
10/12/97	0,024	0,065	66	5	9	4,4	8,04	11,2	86,7	377	184
20/01/98	0,034	0,098	46	6	15	6,7	7,53	8,9	80,0	385	175
17/02/98	0,021	0,078	26	4	16	9,7	7,85	7,6	70,0	364	166
18/03/98	0,025	0,067	41	5	12	11,1	8,22	8,4	75,3	374	177
22/04/98	0,029	0,081	37	6	18	13,8	7,97	8,0	78,3	388	166
27/05/98	0,030	0,096	17	6	13	16,5	8,00	6,8	70,4	260	181
11/06/98	0,095	0,189	45	5	14	16,1	7,69	7,6	78,5	209	218
23/06/98	0,070	0,116	25	4	11	17,0	7,81	8,1	81,7	219	110
21/07/98	0,088	0,156	39	3	7	17,2	7,80	7,7	76,2	220	97
22/09/98	0,050	0,127	55	3	6	14,7	7,93	6,2	60,6	279	131

Tab. 2: Monitoraggio della qualità delle acque della stazione Lusia

LEGENDA

N-NH ₄	AZOTO AMMONIACALE
N-NO ₂	AZOTO NITROSO
N-NO ₃	AZOTO NITRICO
N-NOX	AZOTO OSSIDATO = AZOTO NITROSO + AZOTO NITRICO
T.D.I.N.	AZOTO INORGANICO DISCIOLTO TOTALE
D.O.N.	AZOTO ORGANICO DISCIOLTO
T.D.N.	AZOTO TOTALE DISCIOLTO
P.N.	AZOTO LEGATO AL PARTICOLATO
T.N.	AZOTO TOTALE
P-PO ₄	FOSFORO COME IONE ORTOFOSFATO
S.U.P.	FOSFORO SOLUBILE NON REATTIVO
T.D.P.	FOSFORO TOTALE DISCIOLTO
P.P.	FOSFORO LEGATO AL PARTICOLATO
T.P.	FOSFORO TOTALE
S.S.	SOLIDI SOSPESI TOTALI
BOD5	DOMANDA BIOLOGICA DI OSSIGENO
COD	DOMANDA CHIMICA DI OSSIGENO
pH	ATTIVITA' IONIO IDROGENO
Tacqua	TEMPERATURA DELL'ACQUA
COND.	CONDUCIBILITA' ELETTRICA
Eh	POTENZIALE REDOX

Stazione :BOARA PISANI

DATA e ORA	N-NH ₄ ⁺ mg/l	N-NO ₃ ⁻ mg/l	N-NO ₂ ⁻ mg/l	N-NOX mg/l	T.D.I.N. mg/l	D.O.N mg/l	T.D.N. mg/l	P.N. mg/l	T.N. mg/l	P-PO ₄ ³⁻ mg/l	D.O.P. mg/l	T.D.P. mg/l
17/09/97	0,02	1,2	0,01	1,2	1,2	0,0	1,2	0,0	1,3	0,044	0,004	0,049
20/10/97	0,03	1,0	0,11	1,1	1,2	0,7	1,9	0,2	2,0	0,025	0,028	0,053
04/11/97	0,05	1,5	0,03	1,5	1,6	0,5	2,0	0,1	2,1	0,031	0,007	0,038
10/12/97	0,17	1,8	0,02	1,8	2,0	0,1	2,1	0,0	2,1	0,040	0,006	0,046
20/01/98	0,11	1,8	0,02	1,8	2,0	0,2	2,1	0,3	2,4	0,053	0,030	0,083
17/02/98	0,15	1,6	0,03	1,6	1,8	0,4	2,2	0,4	2,6	0,041	0,016	0,057
18/03/98	0,08	1,5	0,02	1,6	1,6	0,3	1,9	0,1	2,0	0,044	0,007	0,051
22/04/98	0,08	1,8	0,08	1,8	1,9	0,4	2,3	0,1	2,4	0,055	0,005	0,060
27/05/98	0,08	1,8	0,03	1,8	1,9	0,3	2,2	0,1	2,3	0,063	0,005	0,068
11/06/98	0,04	0,7	0,09	0,8	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,092	0,017	0,108
23/06/98	0,00	1,0	0,03	1,0	1,0	0,0	1,1	0,0	1,1	0,031	0,028	0,059
21/07/98	0,04	1,1	0,07	1,2	1,2	0,0	1,2	0,1	1,3	0,026	0,046	0,072
22/09/98	0,17	3,7	0,08	3,8	4,0	0,8	4,7	0,2	4,9	0,037	0,059	0,096

	P.P. mg/l	T.P. mg/l	S.S. mg/l	BOD	COD	T.acqua °C	pH	D.O. mg/l	D.O. % di sat.	COND. µS	Eh mV
17/09/97	0,024	0,073	49	2	6	17,2	7,90	7,4	92,7	281	211
20/10/97	0,038	0,091	7	3	7	10,8	7,31	8,7	82,0	305	159
04/11/97	0,058	0,096	15	4	8	9,1	7,33	6,9	60,0	350	203
10/12/97	0,020	0,067	72	5	9	5,2	7,98	10,9	84,7	376	173
20/01/98	0,017	0,100	19	4	6	6,3	7,85	9,2	88,0	374	131
17/02/98	0,018	0,075	13	4	21	9,7	7,95	8,1	73,0	368	160
18/03/98	0,027	0,078	33	6	13	11,7	8,20	8,4	76,6	377	176
22/04/98	0,029	0,090	17	4	21	14,5	8,01	8,7	86,5	388	0
27/05/98	0,028	0,096	11	4	18	17,6	7,92	7,4	77,6	248	184
11/06/98	0,092	0,200	37	3	13	16,1	7,66	7,4	76,4	209	215
23/06/98	0,052	0,110	20	5	16	17,2	7,80	8,0	80,5	227	97
21/07/98	0,093	0,165	23	5	9	17,4	7,79	7,4	71,7	210	90
22/09/98	0,065	0,161	50	5	6	14,3	7,93	6,4	62,5	284	112

Tab. 1: Monitoraggio della qualità delle acque della stazione Boara Pisani

LEGENDA

N-NH ₄	AZOTO AMMONIACALE
N-NO ₂	AZOTO NITROSO
N-NO ₃	AZOTO NITRICO
N-NOX	AZOTO OSSIDATO = AZOTO NITROSO + AZOTO NITRICO
T.D.I.N.	AZOTO INORGANICO DISCIOLTO TOTALE
D.O.N.	AZOTO ORGANICO DISCIOLTO
T.D.N.	AZOTO TOTALE DISCIOLTO
P.N.	AZOTO LEGATO AL PARTICOLATO
T.N.	AZOTO TOTALE
P-PO ₄	FOSFORO COME IONE ORTOFOSFATO
S.U.P.	FOSFORO SOLUBILE NON REATTIVO
T.D.P.	FOSFORO TOTALE DISCIOLTO
P.P.	FOSFORO LEGATO AL PARTICOLATO
T.P.	FOSFORO TOTALE
S.S.	SOLIDI SOSPESI TOTALI
BOD5	DOMANDA BIOLOGICA DI OSSIGENO
COD	DOMANDA CHIMICA DI OSSIGENO
pH	ATTIVITA' IONIO IDROGENO
Tacqua	TEMPERATURA DELL'ACQUA
COND.	CONDUCIBILITA' ELETTRICA
Eh	POTENZIALE REDOX

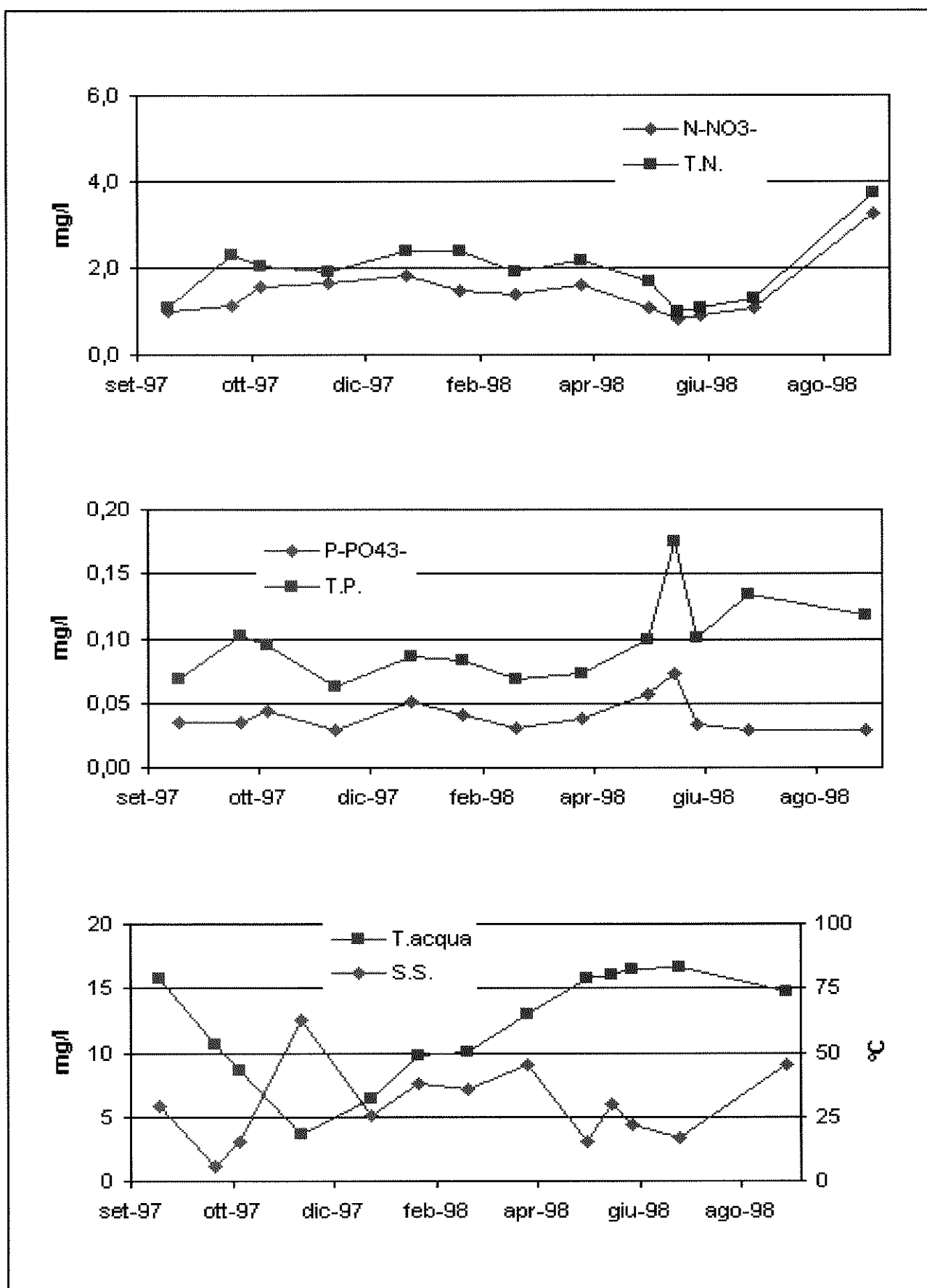


Figura 7 Andamento dei principali parametri chimici nella stazione Badia Polesine

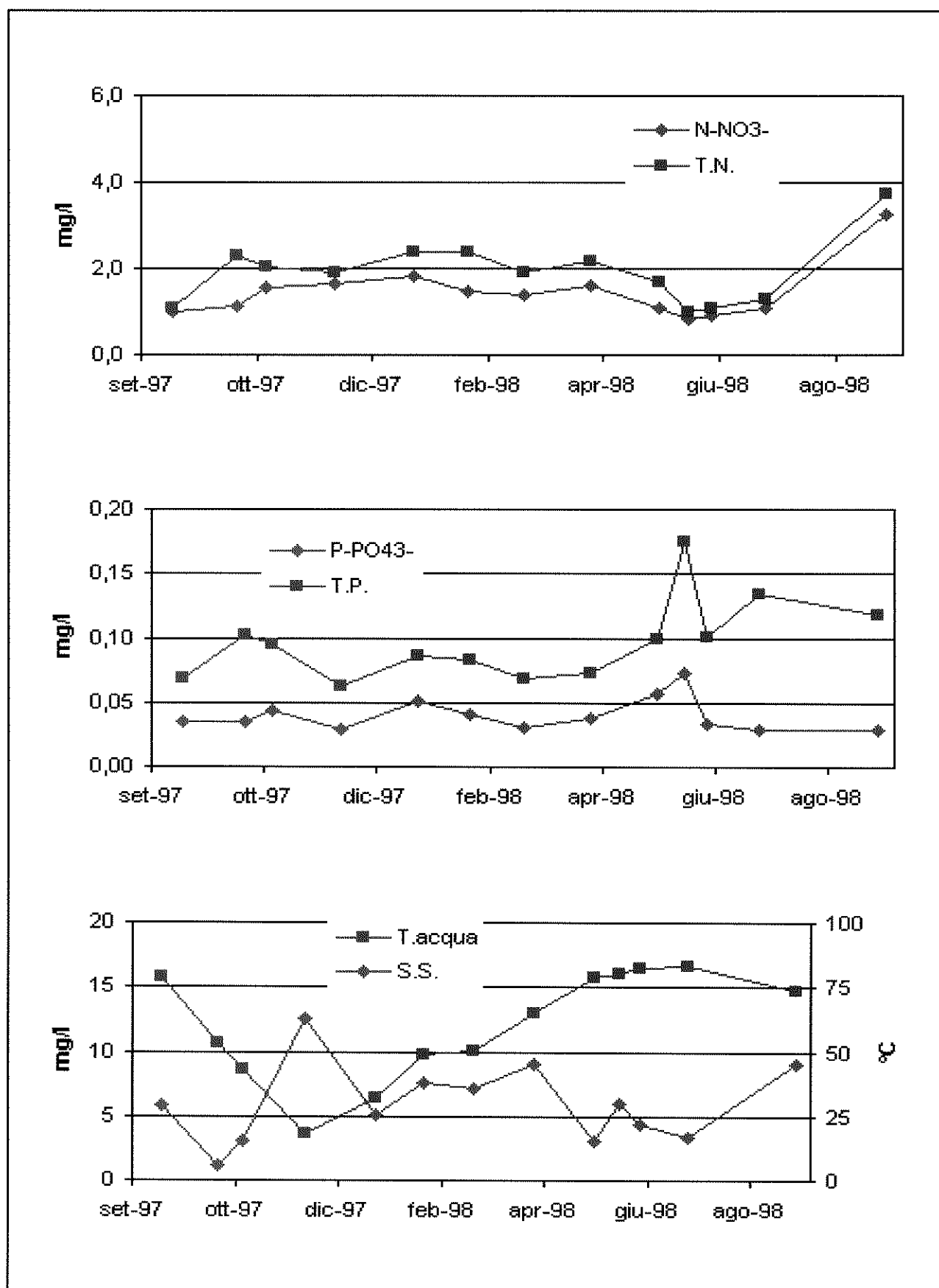


Figura 8 Andamento dei principali parametri chimici nella stazione Lusia.

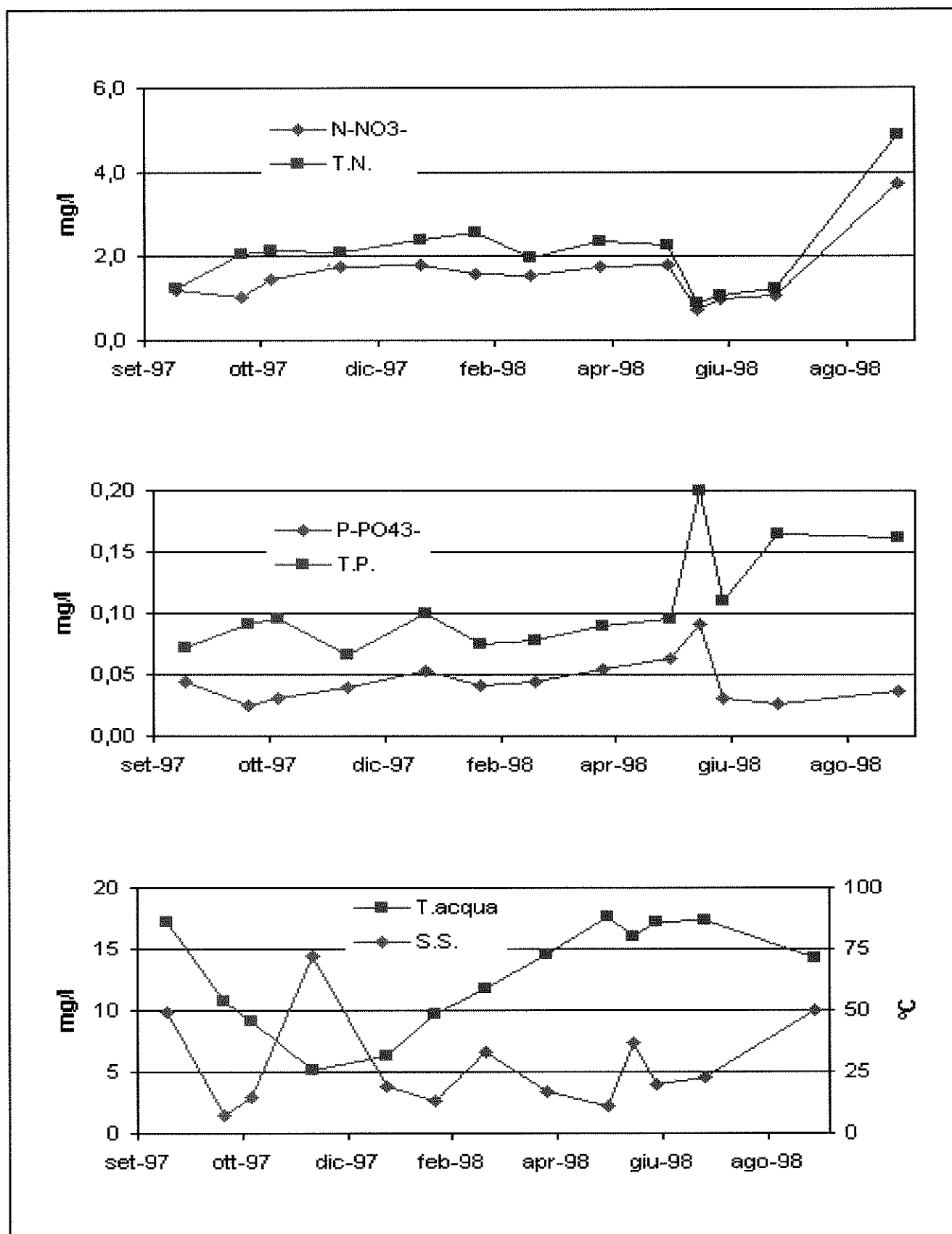


Figura 9 Andamento dei principali parametri chimici nella stazione Boara Pisani.

9. - RISULTATI SEDIMENTI

Nelle tabelle 4,5,6,7 e 8 sono rappresentati i dati del monitoraggio dei sedimenti.

STAZIONE BADIA POLESINE DESTRA FIUME

DATA	%N	dev.st.	%P	dev.st.	%C	dev.st.
25/04/97	0,14	0,07	1,28	0,09	1,8	0,8
16/09/97	0,07	0,02	0,07	0,03	0,9	0,4
11/12/97	0,06	0,04	1,11	0,30	0,8	0,5
17/03/98	0,08	0,01	1,11	0,78	1,2	0,3
21/07/98	0,03	0,02	0,08	0,03	0,4	0,3
22/09/98	0,10	0,01	0,09	0,01	1,6	0,2

DATA	Temp.	dev.st.	pH	dev.st.	Eh	dev.st.
25/04/97	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
16/09/97	16,1	0,1	7,44	0,16	-80	27
11/12/97	4,2	0,1	7,40	0,10	-35	23
17/03/98	11,0	0,1	7,41	0,11	-86	32
21/07/98	17,1	0,10	7,45	0,13	-58	19,7
22/09/98	15,0	0,06	7,33	0,15	13	15,3

%N Percentuale di azoto totale (w/dw)

%P Percentuale di fosforo totale (w/dw)

%C Percentuale di carbonio totale (w/dw)

Temp. Temperatura (°C)

pH Attività ioni idrogeno

Eh Potenziale Redox (mV)

Tabella 4 Monitoraggio dell'area di studio Badia Polesine destra fiume

STAZIONE BADIA POLESINE SINISTRA FIUME

DATA	%N	dev.st.	%P	dev.st.	%C	dev.st.
25/04/97	0,11	0,05	1,57	0,48	1,4	0,6
16/09/97	0,07	0,02	0,07	0,04	1,1	0,4
11/12/97	0,05	0,05	0,07	0,01	0,7	0,7
17/03/98	0,06	0,02	0,12	0,12	0,9	0,3
21/07/98	0,02	0,02	0,11	0,03	0,3	0,3
22/09/98	0,07	0,01	0,09	0,01	0,9	0,1

DATA	Temp.	dev.st.	pH	dev.st.	Eh	dev.st.
25/04/97	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
16/09/97	16,0	0,15	7,39	0,04	-54	29,0
11/12/97	4,4	0,00	7,26	0,07	-100	20,0
17/03/98	11,1	0,10	7,32	0,10	-64	33,8
21/07/98	17,1	0,10	7,62	0,08	33	12,5
22/09/98	15,0	0,06	7,29	0,01	-43	8,2

%N	Percentuale di azoto totale (w/dw)
%P	Percentuale di fosforo totale (w/dw)
%C	Percentuale di carbonio totale (w/dw)
Temp.	Temperatura (°C)
pH	Attività ioni idrogeno
Eh	Potenziale Redox (mV)

Tabella 5 Monitoraggio dell'area di studio Badia Polesine sinistra fiume

STAZIONE BALDUINA

DATA	%N	dev.st.	%P	dev.st.	%C	dev.st.
16/09/97	0,11	0,04	0,11	0,06	1,5	0,7
11/12/97	0,07	0,06	1,31	0,13	1,0	0,8
17/03/98	0,04	0,02	0,02	0,01	0,5	0,2
21/07/98	0,01	0,01	0,08	0,01	0,1	0,1
22/09/98	0,01	0,01	0,09	0,01	0,2	0,1

DATA	Temp.	dev.st.	pH	dev.st.	Eh	dev.st.
16/09/97	17,1	0,1	7,52	0,18	86	45
11/12/97	4,5	0,1	7,45	0,05	86	12
17/03/98	11,2	0,3	7,62	0,18	56	24
21/07/98	17,2	0,1	7,70	0,10	124	6
22/09/98	14,5	0,1	7,35	0,12	88	13

%N Percentuale di azoto totale (w/dw)

%P Percentuale di fosforo totale (w/dw)

%C Percentuale di carbonio totale (w/dw)

Temp. Temperatura (°C)

pH Attività ioni idrogeno

Eh Potenziale Redox (mV)

Tabella 6 Monitoraggio dell'area di studio Balduina

STAZIONE LUSIA

DATA	%N	dev.st.	%P	dev.st.	%C	dev.st.
16/09/97	0,10	0,01	0,07	0,03	1,5	0,3
11/12/97	0,09	0,07	1,49	0,23	1,3	1,3
17/03/98	0,06	0,02	0,02	0,00	0,8	0,2
21/07/98	0,01	0,01	0,07	0,00	0,1	0,1
22/09/98	0,06	0,01	0,05	0,01	0,9	0,1

DATA	Temp.	dev.st.	pH	dev.st.	Eh	dev.st.
16/09/97	15,9	0,1	7,63	0,15	102	8
11/12/97	4,3	0,1	7,55	0,18	67	38
17/03/98	10,7	0,2	7,59	0,06	38	16
21/07/98	17,3	0,1	7,59	0,17	89	29
22/09/98	14,3	0,2	7,43	0,10	46	20

%N	Percentuale di azoto totale (w/dw)
%P	Percentuale di fosforo totale (w/dw)
%C	Percentuale di carbonio totale (w/dw)
Temp.	Temperatura (°C)
pH	Attività ioni idrogeno
Eh	Potenziale Redox (mV)

Tabella 7 Monitoraggio dell'area di studio Lusia

STAZIONE BOARA PISANI

DATA	%N	dev.st.	%P	dev.st.	%C	dev.st.
16/09/97	0,11	0,06	0,10	0,01	1,6	1,0
11/12/97	0,19	0,07	1,45	0,18	2,8	1,1
17/03/98	0,11	0,04	0,09	0,02	1,5	0,5
21/07/98	0,01	0,01	0,11	0,02	0,2	0,2
22/09/98	0,01	0,01	0,11	0,01	0,2	0,1

DATA	Temp.	dev.st.	pH	dev.st.	Eh	dev.st.
16/09/97	17,0	0,1	7,29	0,05	-144	20
11/12/97	5,0	0,1	7,45	0,13	-55	12
17/03/98	11,2	0,2	7,26	0,08	-124	25
21/07/98	17,4	0,1	7,33	0,02	-70	23
22/09/98	14,3	0,2	7,11	0,12	-70	13

%N	Percentuale di azoto totale (w/dw)
%P	Percentuale di fosforo totale (w/dw)
%C	Percentuale di carbonio totale (w/dw)
Temp.	Temperatura (°C)
pH	Attività ioni idrogeno
Eh	Potenziale Redox (mV)

Tabella 8 Monitoraggio dell'area di studio Boara Pisani

10 - RISULTATI CARICHI

I carichi giornalieri sono stati calcolati, per ogni parametro, con la seguente formula:

$$L_i = C_{ji} V_i$$

dove:

- L_i è il carico al giorno i-esimo;
- C_{ji} è la concentrazione del parametro j-esimo nel giorno i-esimo posta uguale alla concentrazione rilevata nell'ultimo campione d'acqua analizzato prima del giorno i-esimo;
- V_i è il volume d'acqua scaricata nel giorno i-esimo, misurato alla stazione di Boara Pisani del Magistrato alle Acque.

I carichi giornalieri sono stati sommati per ottenere i valori totali scaricati dal fiume Adige alla sezione di Boara Pisani.

	N-NO ₃	S.S.T.	P-PO ₄	VOLUME
	tonn	tonn	tonn	10 ⁶ mq
1990	5330	173860	228	4546
1991	7328	295752	357	5912
1992	7214	1052136	309	5820
1993	8494	473180	240	6477
1994	7496	283089	232	5703
1995	8121	444599	252	5800
1996	8322	356979	299	6478
1997	7758	327895	234	6568
1998	10085	201332	264	6983
MEDIA	7794	400980	268	6032
DEV.ST.	1267	263346	44	709
DEV.ST.%	16	66	17	12

Tabella 9 Stima dei carichi defluiti nel fiume Adige nel periodo 1990-1998

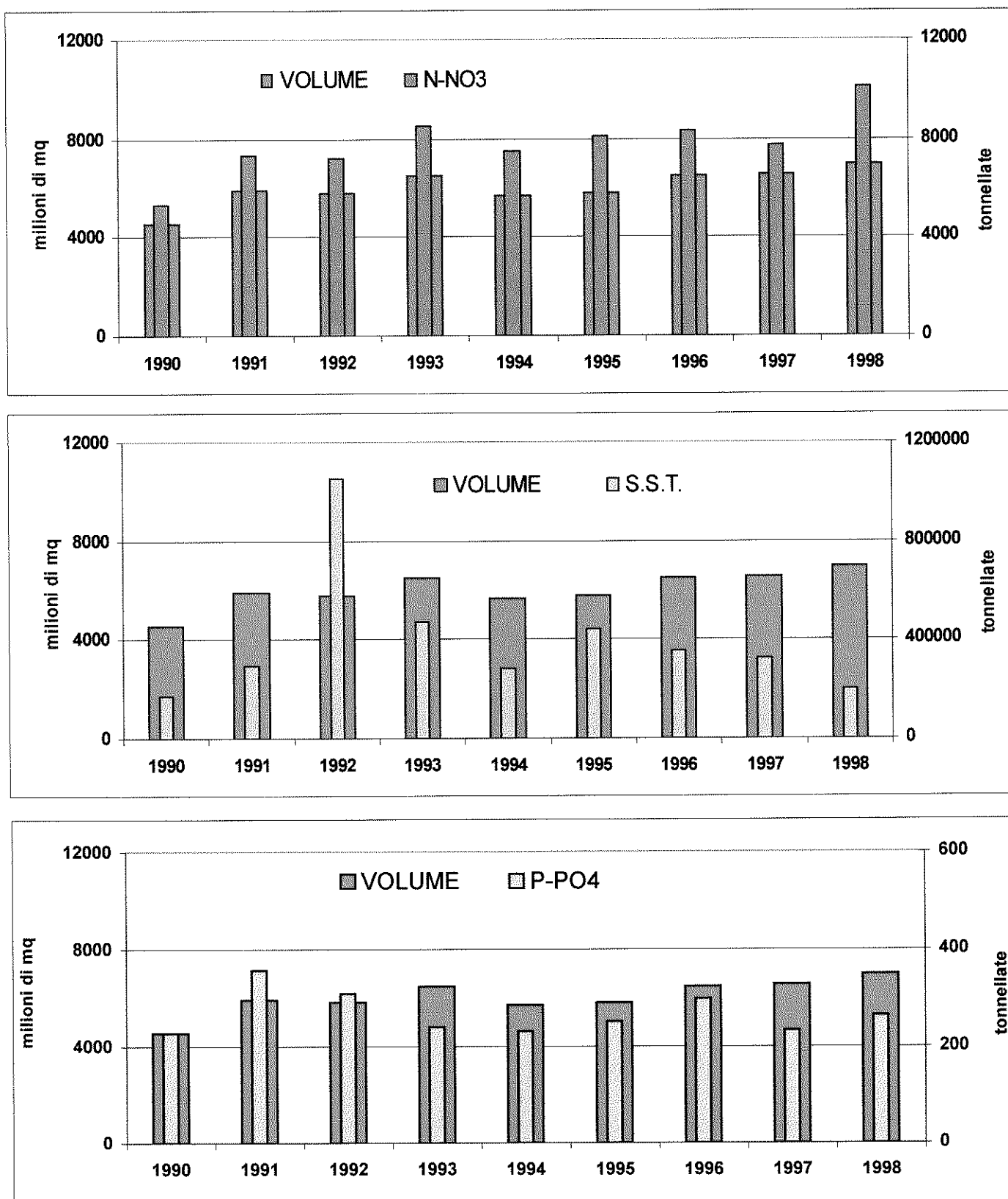


Figura 10 Carichi di Azoto Nitrico (N-NO₃), Fosforo come Ione Ortofosfato (P-PO₄) e Solidi Sospesi Totali (S.S.T.) defluiti alla stazione di Boara Pisani del fiume Adige dal 1990 al 1998

11. – CONCLUSIONI

Osservando gli andamenti dei principali parametri chimici graficati nelle figure 7, 8 e 9 a pag. 17,18 e 19 si possono fare delle interessanti osservazioni:

-- lo *ione nitrato* mostra nelle tre stazioni un tipico andamento stagionale con valori elevati nella stagione autunno invernale (1,8-3,5 mg/l) e valori minimi in tarda primavera estate (0,8-1,0 mg/l);

-- l'andamento dell' *azoto totale* è perfettamente sovrapponibile a quello dell'azoto nitrico il quale rappresenta più dell'80% dell'azoto totale;

-- lo *ione ortofosfato* mostra nelle tre stazioni un andamento più discontinuo tipico del suo meccanismo di rilascio (0,020-0,080 mg/l); esso rappresenta mediamente il 50% del fosforo totale;

-- il *fosforo totale* (0,060-0,200 mg/l) mostra nelle tre stazioni un andamento simile a quello dello ione ortofosfato con l'aggiunta della frazione di fosforo legata al particolato; tale frazione è variabile in quanto dipende dalla quantità e qualità dei solidi sospesi presenti nelle acque; nella nostra ricerca non sono state fatte distinzioni tra i tipi di solidi sospesi e sono stati considerati assieme sia le forme inerti sia le forme viventi planctoniche.

-- l'andamento dei *solidi sospesi* (10-70 mg/l) nelle tre stazioni invece può dare informazione su eventi meteorici in quanto essi favoriscono il trasporto di questa frazione.

-- gli andamenti dei vari parametri nelle tre stazioni sono *praticamente sovrapponibili*.

Tutto ciò sta a significare che osservando solamente le concentrazioni dei nutrienti disciolti e sospesi nelle acque noi non notiamo significative differenze tra le tre stazioni considerate.

La controprova dovrebbe essere data da un accurato bilancio idrico tra monte e valle ma purtroppo sono disponibili informazioni quantitative per entrambe le stazioni.

L'impressione è che con un fiume di queste dimensioni non siano sufficienti le azioni delle rive bagnate poco e male durante i periodi primaverili ed estivi per i livelli troppo bassi del fiume a autodepurare i livelli di nutrienti medio alti.

Di grande utilità potrebbero essere le aree golenali presenti e oggi dedicate completamente all'agricoltura e quindi ulteriori sorgenti di inquinanti di tipo agricolo; tale aree potrebbero essere restituite al fiume con funzioni più appropriate quali la fitobiodepurazione delle acque fluviali tramite la ricostruzione di aree umide.

Tutte le rive del fiume però devono essere considerate parimenti importanti in quanto sono le uniche zone veramente attive per i processi autodepurativi.

Tale impressione è confermata anche dall'osservazione dei dati del monitoraggio dei sedimenti (tabelle 4, 5, 6, 7 e 8); in molte aree ci troviamo di fronte a sedimenti completamente anossici (tre aree su cinque) con valori di potenziale redox negativi e con assenza di vegetazione nelle vicinanze. Tale situazione non favorisce fenomeni di denitrificazione (trasformazione dell'azoto organico e nitrico in azoto gassoso) ma contrariamente favoriscono il rilascio in acqua di azoto ammoniacale, e ione ortofosfato come delle banali prove di cessione hanno dimostrato.

L'assenza o la lontananza della componente vegetale rigogliosa e differenziata come potrebbe essere sono i due fattori limitanti per le rendere i processi di denitrificazione quantitativamente interessanti.

L'analisi dei carichi transitati alla stazione di Boara Pisani mostra alcune cose interessanti:

- il *volume defluito* ha valori poco variabili nel tempo infatti la deviazione standard percentuale di tali dati è 12.

- i *carichi di azoto nitrico e ione ortofosfato* assumono deviazioni standard percentuali non troppo elevate;

- i *solidi sospesi totali* sono molto più variabili assumendo valori di la deviazione standard percentuale di 66.

Tali dati ci mostrano anche che le concentrazioni medie annuali per i parametri azoto nitrico (1,6-2,2 mg/l) e fosforo come ortofosfato (0,05-0,08 mg/l) rimangono simili negli anni 1990-1998.

Varia molto la concentrazione media del parametro Solidi Sospesi Totali soprattutto per due motivi:

- pochi eventi di piena trasportano la maggior parte dei carichi di questa frazione;

- spesso volte questi eventi non rientrano nei monitoraggi mensili se non casualmente in quanto hanno scala temporale più breve.

In conclusione possiamo dire che i dati del monitoraggio delle acque effettuato da settembre 1997 a settembre 1998 confermano i dati di qualità delle acque dei monitoraggi effettuati negli anni precedenti e dipingono una situazione abbastanza stazionaria come

volumi defluiti annualmente e carichi transitati annualmente in questa sezione di pianura del fiume Adige.

La qualità generale delle acque transitate nelle sezioni considerate è da considerarsi sufficiente o addirittura scarsa, se si riuscisse ad avere informazioni sufficienti sugli eventi di piena, e sicuramente andrà a condizionare la composizione dell'ecosistema fluviale nel tratto considerato.