

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

**CAPITOLO 4: VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DELL'AIR
GUN SULLA FAUNA ITTICA**

4.1 INTRODUZIONE	1
4.1.1 <u>Obiettivi della ricerca</u>	2
4.1.2 <u>Area del lavoro</u>	3
4.1.3 <u>Periodo di lavoro e personale</u>	4
4.2 METODOLOGIE OPERATIVE E STRUMENTAZIONI	5
4.2.1 <u>Sorgente energetica utilizzata per gli esperimenti: Air gun</u>	5
4.2.2 <u>Scelta delle specie ittiche e degli individui</u>	5
4.2.3 <u>Scelta delle gabbie</u>	15
4.2.4 <u>"Set up" dell'esperimento</u>	17
4.2.5 <u>Allestimento dei preparati per l'indagine istopatologica</u>	23
4.3 RISULTATI	25
4.3.1 <u>Mortalità osservata</u>	25
4.3.2 <u>Aspetti comportamentali, clinici e necroscopici rilevati immediatamente dopo l'energizzazione</u>	26
4.3.2.1 <u>Pesci di controllo</u>	26
4.3.2.2 <u>Gabbie di fondo</u>	28
4.3.2.3 <u>Gabbie di superficie a 25 m dall'air gun</u>	29
4.3.2.4 <u>Gabbie di superficie a 50 m dall'air gun</u>	29
4.3.3 <u>Aspetti microscopici rilevati sui pesci immediatamente dopo l' energizzazione</u>	30
4.3.4 <u>Aspetti macro- e microscopici rilevati dopo 7 giorni dall'energizzazione</u>	36
4.3.5 <u>Aspetti macro- e microscopici rilevati dopo 15 giorni dall'energizzazione</u>	38
4.4 CONCLUSIONI	39

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

4.1 INTRODUZIONE

La costante necessità di fonti di energia per le attività antropiche si indirizza, fra l'altro, alla ricerca di nuovi giacimenti, in particolare per l'estrazione di petrolio o gas naturale. Tali indagini necessitano di ricerche geologiche, effettuate mediante rilievi sismici che utilizzano strumenti in grado di emettere onde elastiche che attraversano il sottosuolo, e dopo essere state riflesse dai diversi strati ritornano in superficie, dove vengono registrate da geofoni. La emissione di onde sismo-elastiche in acqua è possibile in diversi modi, mediante la conversione di energia chimica, elettrica, pneumatica. In particolare, questo ultimo metodo viene implementato mediante il rilascio nel tempo quanto più breve possibile di un volume predeterminato di aria compressa in una camera sommersa ("air-gun"). La perturbazione del mezzo e il ristabilimento dell'equilibrio idrostatico generano il segnale sismico. L'*air gun* è la sorgente di energia più frequentemente utilizzata nell'ambiente marino.

L'utilizzo degli strumenti che producono le onde sismiche e l'eventuale impatto negativo sugli organismi acquatici ha sempre provocato la preoccupazione degli operatori della pesca, e, più in generale, degli ambientalisti. Tale perplessità risulta legittima vista la scarsità delle informazioni a disposizione, in qualche caso contrastanti tra di loro.

Pare che i pesci modifichino il loro comportamento a causa delle onde emesse da apparecchiature come l'*air gun* (Tavolga et al. 1981). Inoltre, risulta che la distribuzione spaziale dei pesci si alteri lungo il percorso della nave dalla quale vengono effettuate le prospezioni geologiche mediante l'*air gun* (Dalen & Raknes, 1985). Infine, si è evidenziata una riduzione della resa di pesca nelle aree in cui si svolgono le operazioni (Sverdrup et al. 1994).

L'ambiente acquatico è caratterizzato da un'ampia varietà di parametri, che influenzano l'omeostasi, parametro essenziale per la crescita e la riproduzione dei pesci (Roberts, 1989). Per omeostasi si intende il mantenimento dell'equilibrio delle funzioni dell'organismo e delle caratteristiche chimico-fisiche del suo ambiente interno, al variare di quelle dell'ambiente esterno. Tale processo è sotto il controllo dei sistemi neurovegetativi ed ormonali.

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

È facilmente comprensibile come i pesci siano costretti a subire, più che ogni altro vertebrato, l'influenza dell'ambiente in cui vivono. Quando l'influenza risulta dannosa, essi non possono sfuggirle che in maniera assai limitata. Un capitolo molto importante in ittiopatologia, è quello designato con il termine generale (ed in accordo con la letteratura) di 'malattie non parassitarie' o non condizionate da agenti eziologici o più esattamente 'non contagiose'. Alcune patologie come traumi, disturbi da acqua acida o alcalina, sbalzi di temperatura, avvelenamenti (da scarichi urbani, agricoli o industriali) possono derivare da vari tipi di "stress" ambientali.

Il fatto che gli "stress" ambientali siano in grado di ridurre la resistenza dei pesci di fronte alle malattie, limitandone in modo anche significativo la sopravvivenza, è fenomeno ben noto (Haley et al. 1967; Schäperclaus, 1954; Snieszko, 1962, 1964; Wedemeyer, 1971). Il termine "stress" frequentemente viene confuso con l'agente (fattore) che lo provoca. Una tra le più accreditate definizioni è quella data da Brett (1958), che definisce lo stress come la condizione dovuta all'ambiente o a fattori ambientali che discostano le normali risposte adattative di un animale, compromettendone la sopravvivenza.

La maggioranza degli studi sugli effetti che i mezzi utilizzati per le prospezioni geologiche hanno sulla fauna ittica si riferiscono all'ambiente marino, mentre mancano analoghe ricerche nei fiumi. Per quanto concerne l'Italia, le campagne sperimentali sono state eseguite in mare Adriatico da parte dell'ENI, che recentemente ha esteso simili indagini all'ambiente fluviale.

4.1.1 Obiettivi della ricerca

L'esperimento aveva lo scopo di ottenere informazioni sul disturbo generato dall'*air gun* sulla fauna ittica, rappresentata da cinque specie ittiche d'acqua dolce, scelte come specie bersaglio perché rappresentative dell'ambiente di fondo, della colonna d'acqua e della riva.

I punti sui quali l'indagine doveva far luce erano:

- ⇒ effetti acuti (morte immediata e lesioni gravi);
- ⇒ effetti cronici, che si manifestano a medio-lungo termine (danni anatomici ad occhi, branchie, vescica natatoria, fegato, milza, rene, cuore);

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

- ⇒ eventuale diversità di impatto in relazione alla taglia;
- ⇒ effetto sul comportamento;
- ⇒ eventuale diversità d'impatto in relazione alla distanza dall'*air-gun*.

4.1.2 Area del lavoro

L'esperimento si è svolto in località Isola di Polesine Camerini, in corrispondenza di un attracco presso la centrale idroelettrica di Pila, come illustrato nella figura seguente.



Fig. 4.1.2 - Ubicazione del test di impatto sulla fauna ittica

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

4.1.3 Periodo di lavoro e personale

Le operazioni, svolte durante la giornata del 6 dicembre 1996, sono state condotte, in collaborazione con i tecnici della società contrattista G.A.S., da ricercatori del Dipartimento di Biologia Evolutiva dell'Università degli Studi di Ferrara.

La squadra che ha condotto il lavoro era composta da due operatori ai cannoni diretti da un responsabile G.A.S., il responsabile scientifico del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Ferrara ed otto ricercatori della stessa Università che hanno curato l'interpretazione e la elaborazione dei dati raccolti.

4.2 METODOLOGIE OPERATIVE E STRUMENTAZIONI

4.2.1 Sorgente energetica utilizzata per gli esperimenti: Air gun

Le caratteristiche tecniche della sorgente di energia utilizzata sono le seguenti:

Pressione operativa:	2000 psi
Modalità operative:	Armonica 210 Cubic Inch 105/105

4.2.2 Scelta delle specie ittiche e degli individui

Con il vincolo della effettiva disponibilità di un numero sufficiente di esemplari al momento dell'esperimento, la scelta delle specie ha tenuto in considerazione quelle maggiormente diffuse e/o di interesse commerciale nel tratto terminale del fiume Po, con preferenza per quelle a comportamento bentonico, perché di norma più stanziali e meno pronte alla fuga.

I lotti di pesce sono stati procurati, nella settimana antecedente l'esperienza, dalla pesca professionale, previo contatto con cooperative locali (Pila). I pesci sono stati forniti vivi ed in buone condizioni e stabulati in due gabbie di stoccaggio, in prossimità del sito della esperienza. Lo stoccaggio aveva lo scopo di permettere ai pesci di superare lo stress da cattura, eliminando nel contempo gli esemplari morti o in manifeste cattive condizioni di salute.

Le specie a comportamento prevalentemente bentonico utilizzate nella presente ricerca sono state: *Anguilla anguilla* (anguilla), *Silurus glanis* (siluro), *Ictalurus melas* (pesce gatto), *Cyprinus carpio* (carpa). Il carassio, *Carassius carassius*, è stato scelto come specie indicatrice di un comportamento più tipicamente ripario.

L'esperimento ha interessato un totale di 529 pesci (Fig. 4.2.2a e b), rispettivamente:

- 103 carassi (le misure biometriche relative sono riportate nella Tab. 4.2.2b);

PROGETTO FIUME PO
 Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
 e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

- 63 carpe (Tab. 4.2.2c);
- 127 pesci gatto (Tab. 4.2.2d);
- 105 siluri (Tab. 4.2.2e);
- 131 anguille (Tab. 4.2.2f).

In base alla dimensione degli animali disponibili si sono distinte due taglie, denominate 'piccola' e 'grande': i valori medi (\pm deviazione standard) delle lunghezze totali e dei pesi sono riportati nella seguente Tabella 4.2.2a.

Specie	Taglia piccola	Taglia grande
CARASSIO	n = 57	n = 46
L.T. (cm)	21.53 \pm 2.91	29.13 \pm 4.01
Peso (g)	209.9 \pm 80.0	522.3 \pm 277.6
CARPA	n = 30	n = 33
L.T. (cm)	20.50 \pm 2.51	35.02 \pm 9.93
Peso (g)	153.2 \pm 61.2	788.3 \pm 666.8
PESCE GATTO	n = 42	n = 85
L.T. (cm)	21.79 \pm 1.75	24.79 \pm 1.01
Peso (g)	124.8 \pm 26.2	182.3 \pm 31.1
SILURO	n = 27	n = 78
L.T. (cm)	39.99 \pm 6.70	73.69 \pm 12.57
Peso (g)	430.3 \pm 221.2	2852.6 \pm 1423.3
ANGUILLA	n = 27	n = 104
L.T. (cm)	51.93 \pm 7.52	73.68 \pm 8.92
Peso (g)	295.0 \pm 122.2	843.9 \pm 341.5

Tab. 4.2.2a - Dimensioni delle specie utilizzate

PROGETTO FIUME PO
Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po



Fig. 4.2.2a - Specie ittiche del fiume Po



Fig. 4.2.2b - Censimento degli esemplari da utilizzare durante la prova

PROGETTO FIUME PO
 Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
 e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Tabella 4.2.2b - Lunghezze (cm) e pesi (gr) dei carassi.

CARASSIO (*Carassius carassius*)

N°.	L.T. (cm)	L.S. (cm)	PESO (gr)		N°.	L.T. (cm)	L.S. (cm)	PESO (gr)		N°.	L.T. (cm)	L.S. (cm)	PESO (gr)
1	32.5	27.4	601.5		40	21.8	18.5	196.8		79	12.8	11.2	40
2	37	30.8	1067.3		41	25	20	256.9		80	25,8	20.9	115
3	18.2	14.5	105.2		42	20	18.5	195.9		81	19.8	16	150
4	15.3	12.5	60.9		43	23.5	20.5	295		82	23.9	19.4	260
5	26	22	429.7		44	23	19.5	245		83	25.6	21	325
6	23.8	19.5	228		45	25.6	21.3	330		84	19.8	16.2	145
7	24.3	21	291.2		46	26.8	21.2	335		85	20.5	17.2	170
8	20	15.8	155		47	31	27.4	690		86	24.2	20.5	315
9	16	11.9	136		48	14.8	12.6	70		87	23	20.9	365
10	16	13	71.7		49	23	20	280		88	30.1	25.9	605
11	34.5	29.4	778.4		50	22	17	175		89	23.6	19.3	250
12	37.5	31.9	1070.9		51	32	27.5	810		90	20.5	16.7	160
13	33.7	28.8	768.8		52	33	28	830		91	27.2	22.5	440
14	27	23	410.5		53	35	30	1075		92	22,6	18.5	210
15	26.2	22.4	338.5		54	30	25.8	520		93	25,8	21.4	365
16	25.2	20.9	308.4		55	22	19	245		94	21,5	17.1	175
17	25.1	20.9	288.1		56	23	20.5	285		95	25	21	340
18	25.3	20.8	277.3		57	23.5	20.5	295		96	28	23	495
19	25.7	22.4	290.6		58	17.4	14.2	90		97	22.5	18	229
20	33	28	767.2		59	23.2	18.2	190		98	26.5	22.3	390
21	33.7	28.2	794		60	22.9	18.2	205		99	21	17	165
22	33.4	28.7	758.7		61	24.5	20.2	305		100	20	16.5	150
23	32.4	28	723.3		62	30.6	26.4	665		101	17.2	14.3	95
24	25	21.1	311.5		63	32	27	745		102	21.5	18.4	140
25	24	20.4	298.6		64	23	19.5	270		103	23,7	19.2	245
26	33	28	733		65	22.8	20.5	290					
27	25	21.2	263.3		66	15,6	11.5	45					
28	23	18	192		67	31,7	26.9	705					
29	20	16.2	136.8		68	22.8	18.7	250					
30	24.9	20	260.4		69	24.3	21.5	335					
31	25.2	20.5	257		70	38.7	31.8	1270					
32	24	19.2	234		71	24,8	21.3	325					
33	22.2	17.5	184.1		72	19,4	15.8	145					
34	25	20.3	260.2		73	23	19.8	290					
35	27.8	22.7	447.7		74	27,3	23.5	470					
36	25.7	20.5	151.8		75	27	23	465					
37	25.6	20.8	284.6		76	24,8	20	260					
38	24.2	19.2	263.9		77	24	20.2	290					
39	23.5	20.2	259.4		78	20.5	19.9	250					

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Tabella 4.2.2c - Lunghezze (cm) e pesi (gr) delle carpe**CARPA (*Cyprinus carpio*)**

N°.	L.T. (cm)	L.S. (cm)	PESO (gr)		N°.	L.T. (cm)	L.S. (cm)	PESO (gr)
1	21.8	17.8	163		33	18.8	14.9	100
2	17	14.1	72.1		34	20.2	16.9	145
3	33	28.5	654,5		35	25.7	21.8	300
4	41	35	1124		36	29.7	25.7	410
5	54	45	2085		37	19.2	17.8	180
6	29	24.8	417.8		38	32.2	27.2	615
7	22	19	207.8		39	39.2	32.8	910
8	24.5	20.4	254.6		40	33.2	28.2	705
9	20.5	16.8	170.8		41	29.4	25.8	530
10	18	15	87.7		42	52.5	43.9	1180
11	30.2	25	578.3		43	49.2	41.5	810
12	42.3	35.5	1184.8		44	54.5	48.2	2580
13	30	25.2	426.3		45	25.9	22.2	200
14	26.9	22.4	344.3		46	17.6	14	65
15	21.6	19	183.6		47	22	18.5	205
16	20.2	16.7	134.8		48	26	23	330
17	39.5	32.8	1498.7		49	23.6	19.8	220
18	30	25	435.2		50	22	18.4	175
19	28.5	23.7	475		51	25.7	22	295
20	24	21.5	263.8		52	23.9	20.2	220
21	26	21.8	273.7		53	30	25.9	510
22	20.8	17.5	131		54	17.8	14.5	90
23	35	30	645		55	15.7	13	55
24	31	27.8	610		56	23.5	20	245
25	48	41	1835		57	51.2	43	2360
26	14.8	12,2	65		58	24.2	20.5	215
27	26	23.5	320		59	23	21.2	250
28	52	43.6	1900		60	23	21.2	250
29	22	18.4	150		61	19.5	15.9	155
30	23.8	19	160		62	19.1	15.6	105
31	20.1	16.1	120		63	21.5	18.4	140
32	18	14.4	85					

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Tabella 4.2.2d - Lunghezze (cm) e pesi (gr) dei pesci gatto.**PESCE GATTO (*Ictalurus melas*)**

N°.	L.T.	L.S.	PESO		N°.	L.T.	L.S.	PESO
	(cm)	(cm)	(gr)			(cm)	(cm)	(gr)
1	26.5	23.2	254.2		33	24.8	19.9	145
2	24.2	21.4	189.9		34	22.8	16.9	140
3	24	20.5	166.02		35	26.7	23.5	245
4	24	22	185.6		36	24.2	21.1	150
5	25	22.5	181.8		37	26.1	22.9	220
6	23	21.5	151		38	21.5	19.2	115
7	24	21.6	188.5		39	24.7	21.6	200
8	22.5	19	132.4		40	23.5	20.4	150
9	25.5	22.5	219		41	21.2	18.5	115
10	25	22	188.8		42	22.9	20.5	140
11	24.7	21.4	184		43	26.4	23.5	215
12	23.7	20.4	154.2		44	23.5	20.6	135
13	23.4	20.3	143.9		45	23.9	20.4	160
14	22	19.3	143.1		46	23.5	20.6	160
15	22.5	19.5	127.9		47	25	21.9	190
16	25	21.9	184.3		48	22.7	19.8	150
17	24.5	21.7	179.1		49	24.8	20.5	165
18	22.7	18.8	150.3		50	23.5	20.4	150
19	23	20.8	155		51	23.9	21.2	180
20	22	19.5	127.6		52	26	23.1	235
21	22.7	19.3	137.8		53	23.8	20.3	140
22	23	20.8	150		54	21.9	19.5	140
23	20.8	18.5	105		55	24	21.1	155
24	24.7	21.3	165		56	22.4	19.5	145
25	21.8	18.9	120		57	24.1	20.7	150
26	25.2	22.3	190		58	26	22.8	230
27	21.5	19.2	125		59	20.5	17	85
28	22	19.4	130		60	24.5	21.3	170
29	25	22	175		61	25.4	21.7	185
30	20	18	100		62	23	19.8	135
31	22.5	20.3	148		63	26	22.3	210
32	26	23	220		64	25.6	22.4	250

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Tabella 4.2.2d (continua) - Lunghezze (cm) e pesi (gr) dei pesci gatto.**PESCE GATTO (*Ictalurus melas*)**

N°.	L.T. (cm)	L.S. (cm)	PESO (gr)		N°.	L.T. (cm)	L.S. (cm)	PESO (gr)
65	25.8	23.6	240		97	23.9	21	170
66	24	20.8	190		98	24.2	20.8	145
67	25	22.8	240		99	23.8	21	155
68	23.5	20.4	145		100	24.5	21.7	195
69	27	23.4	235		101	26.4	23.2	155
70	26	22.7	220		102	24.9	21.5	190
71	24.3	21.2	160		103	25.8	22.4	195
72	24	21.3	175		104	24.8	21.9	195
73	26.1	22.8	210		105	23.4	20.3	145
74	25	20.8	185		106	23.3	20.3	145
75	23.8	20.9	155		107	24.6	22.5	170
76	25.7	22.3	225		108	22.5	19.5	105
77	25.8	20.4	210		109	22.6	19.5	140
78	25.5	22.4	220		110	26.2	23.1	220
79	24.3	21.1	165		111	24.7	21.2	165
80	25.5	22.2	210		112	21.9	19	115
81	21.5	18.8	130		113	23	20	150
82	23.2	20.4	135		114	23.2	20.1	140
83	22.8	20	130		115	22.6	19.9	125
84	24.9	21.3	180		116	23.9	21	160
85	24.4	20.9	160		117	24.2	21.3	170
86	21.9	19.2	115		118	28.2	25.6	105
87	25.3	22.2	195		119	22.2	19.6	130
88	23.8	21	155		120	23	20.4	140
89	25.3	21.7	200		121	24	20.8	165
90	24.6	21.2	190		122	21.8	18.8	115
91	21.9	19.7	125		123	22	19.4	130
92	21.9	18.8	115		124	22.4	20	140
93	25.9	22.6	210		125	20	18	100
94	24.8	22	175		126	17	14.8	50
95	24.2	20.9	190		127	13.2	11.02	20
96	24.8	21.7	175					

PROGETTO FIUME PO
 Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
 e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Tabella 4.2.2e - Lunghezze (cm) e pesi (gr) dei siluri.

SILURO (*Silurus glanis*)

N°.	L.T. (cm)	L.S. (cm)	PESO (gr)		N°.	L.T. (cm)	L.S. (cm)	PESO (gr)		N°.	L.T. (cm)	L.S. (cm)	PESO (gr)
1	79.3	74.5	3315		40	38.2	36.5	330		79	50.7	47	865
2	83.2	80	4006		41	67.8	63.3	1675		80	77.5	73.2	3890
3	47	44.3	687.3		42	48.2	45.2	620		81	98	96	6987
4	58.5	55	1394.2		43	39.5	36.5	340		82	72	68.8	2431
5	56	52.5	1120		44	49	46.3	702		83	80.3	77.7	3000
6	82	77	3105		45	59	55	1240		84	73.8	70.2	3143
7	63	59.5	2410		46	62.2	59	1320		85	68.3	64.8	2054
8	59	55.5	1249		47	36.2	34.5	340		86	92.4	89.2	5055
9	54	50.1	1203		48	30.5	28.3	160		87	76.2	73.4	2943
10	62.5	59	1581		49	35.5	33.4	270		88	74	72.1	2611
11	75.8	70.4	3500		50	33.7	29.4	259		89	37.6	33.6	314
12	77.5	73.2	3518		51	56.2	53.1	1083		90	67.4	65.3	2023
13	53.4	49.8	1014.2		52	48.6	45.5	528		91	76.5	72.7	3098
14	28.3	25.9	168.3		53	44	40.9	395		92	68.9	63.8	2000
15	36.4	33.5	322.1		54	31.8	27	256		93	63	59.5	2386
16	36.8	33.9	320.5		55	78.5	74	3693		94	85.9	81.6	4784
17	33.8	31	278.3		56	55.3	51.8	1012		95	79.9	76.9	3371
18	51.7	48.5	1076.8		57	89	86.2	3949		96	98.6	96.5	7065
19	75	72	3280		58	90	85	4560		97	64	61.6	1937
20	63	59.5	3518		59	80	77	3060		98	86.2	83.6	3489
21	64	60	1576		60	70.3	66.5	2080		99	63.3	59.7	1156
22	55.7	50.3	1102		61	74.6	68.4	2940		100	66.4	63.2	2000
23	49.3	44.2	783		62	42.1	39.9	440		101	96	92.4	5379
24	49.8	45.8	830.3		63	76.6	73.7	3260		102	61.4	58	1483
25	69.5	65.2	2115		64	89.8	85.2	4300		103	48.8	46	958
26	82	77.7	3930		65	87	84.2	3930		104	77.8	74.4	3183
27	36	34	290		66	46.2	43.3	700		105	93.1	89.3	4360
28	82.8	75	3715		67	68	61.7	1950					
29	69.5	65.2	2115		68	75	68.4	3335					
30	82	77.7	3430		69	63	57.5	1955					
31	83	78.5	3198		70	58.5	53.8	2345					
32	82.4	78	3110		71	53.4	50.3	870					
33	75	69	3700		72	83	79	3500					
34	93	86	5045		73	93	85.7	6100					
35	34	31.5	200		74	88.4	81.4	4170					
36	46.8	44	560		75	87	80.6	3950					
37	34.5	32	250		76	78.8	70.8	3500					
38	37.2	35.5	315		77	81.1	76.9	3200					
39	53	50	770		78	85.3	81.2	3890					

PROGETTO FIUME PO
 Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
 e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Tabella 4.2.2f - Lunghezze (cm) e pesi (gr) delle anguille.

ANGUILLA (*Anguilla anguilla*)

N°.	L.T. (cm)	PESO (gr)		N°.	L.T. (cm)	PESO (gr)
1	91.5	1614		33	79.3	802.2
2	79.8	1012.7		34	77	1110
3	62.8	446.3		35	81.2	1224
4	51.2	216.4		36	66.5	485.7
5	64	524.7		37	67	554.2
6	55	337.5		38	61.4	403.4
7	74	945		39	69	575.8
8	72	684.9		40	55,3	326.3
9	80	904		41	71.6	795
10	56	417.9		42	70.5	605
11	65	504		43	83.5	1135
12	71	838.7		44	79	935
13	71	601.6		45	80	1140
14	67	667.9		46	75	810
15	54	280.9		47	89	1395
16	67	1091.4		48	66.4	640
17	63	459.4		49	100	1885
18	67	542		50	87.4	750
19	59	424.2		51	80	935
20	82	1096.9		52	84	1375
21	67	659.7		53	86.5	630
22	60	376		54	59.3	445
23	60	442.6		55	89	1325
24	51	265.6		56	82.8	1110
25	61	438.5		57	72.2	680
26	44	148.5		58	58.5	335
27	42	120.9		59	63	545
28	41	114		60	69	675
29	59	381.5		61	76.4	545
30	46	207.9		62	89.2	965
31	41	122.5		63	73.8	839
32	32	65.2		64	70.5	786

PROGETTO FIUME PO
 Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
 e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Tabella 4.2.2f (continua) - Lunghezze (cm) e pesi (gr) delle anguille.

ANGUILLA (*Anguilla anguilla*)

N°.	L.T.	PESO		N°.	L.T.	PESO
	(cm)	(gr)			(cm)	(gr)
65	62.1	507		99	57.3	448
66	67.9	717		100	73.3	843
67	55.5	424		101	81.5	1373
68	68.5	734		102	73.9	980
69	63	560		103	76.8	1370
70	52.5	300		104	77	1115
71	71	647		105	87.8	1504
72	68.4	611		106	80.9	1167
73	66.4	595		107	85.5	1135
74	72.6	979		108	79.5	1097
75	59.5	416		109	57.5	340
76	79.6	1042		110	60	320
77	65	424		111	44.6	151
78	65.7	513		112	64.5	530
79	73.8	819		113	67.8	542
80	72.3	748		114	62	438
81	65	555		115	42.1	141
82	63.6	504		116	60	460
83	56.6	413		117	61.8	496
84	66.8	653		118	68.5	648
85	86	1373		119	69.8	645
86	74.5	638		120	68.3	782
87	87	1302		121	73.3	838
88	86.6	1356		122	68.8	666
89	83.3	1170		123	89	1463
90	69	680		124	62.8	573
91	93	1879		125	60.1	425
92	77.2	938		126	72	824
93	77.8	1182		127	59	439
94	80.5	1133		128	72	822
95	73.5	929		129	55.8	337
96	80.8	1377		130	80	1170
97	76	966		131	67.8	507
98	57.4	347				

4.2.3 Scelta delle gabbie

Per l'esperimento sono state utilizzate 8 gabbie aventi le seguenti caratteristiche (Fig. 4.2.3):

- 2 gabbie metalliche sommerse, 2 x 2 m x 1 m h, costituite da un'intelaiatura con tubi in ferro 48 mm di \varnothing e spessore di 2.6 mm. Tutti i lati della gabbia sono stati delimitati da una rete di nylon ad alta tenacità con la maglia di 15 mm da nodo a nodo. Sul lato dorsale, circa al centro della rete, un'area di 70 x 70 cm è stata separata dal resto della rete, fungendo da sportello, per il carico e scarico dei pesci.
- 4 gabbie Float-laguna 2, con 2 m di \varnothing e 1h. La gabbia è composta da un collare di galleggiamento superiore composto da un singolo tubolare in HDPE PN6, di 110 mm \varnothing . La rete di nylon aveva una maglia di 15 mm da nodo a nodo.
- 2 gabbie Float-laguna 2, con 2 m di \varnothing e 2 h per lo stoccaggio.

PROGETTO FIUME PO
Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po



Fig. 4.2.3 - Vasche galleggianti e vasca di fondo

4.2.4 "Set up" dell'esperimento

Alcune ore prima dell'esperimento, tutti gli individui delle cinque specie sopra citate sono stati divisi per taglia (piccoli e grandi) e successivamente collocati in 8 gabbie (Fig. 4.2.4a). Per ogni specie di pesce sono stati isolati a caso 12 individui, rispettivamente 6 per ogni taglia, e messi nelle 2 gabbie di stoccaggio come lotto di controllo. Nelle restanti 6 gabbie (2 di fondo e 4 di superficie) le specie sono state suddivise in base alla taglia e successivamente trasportate nei rispettivi siti.

La situazione sperimentale è risultata quindi la seguente:

1. Gabbia di controllo	Taglie piccole	6 carassi, 6 carpe, 6 p.gatto, 6 siluri, 6 anguille
2. Gabbia di controllo	Taglie grandi	6 carassi, 6 carpe, 6 p.gatto, 6 siluri, 6 anguille
3. Gabbia di fondo (punto 0)	Taglie piccole	17 carassi, 8 carpe, 12 p.gatto, 7 siluri, 7 anguille
4. Gabbia di fondo (punto 0)	Taglie grandi	14 carassi, 9 carpe, 29 p.gatto, 24 siluri, 33 anguille
5. Gabbia (sup.) a 25 m	Taglie piccole	17 carassi, 8 carpe, 12 p.gatto, 7 siluri, 7 anguille
6. Gabbia (sup.) a 25 m	Taglie grandi	13 carassi, 9 carpe, 25 p.gatto, 24 siluri, 33 anguille
7. Gabbia (sup.) a 50 m	Taglie piccole	17 carassi, 8 carpe, 12 p.gatto, 7 siluri, 7 anguille
8. Gabbia (sup.) a 50 m	Taglie grandi	13 carassi, 9 carpe, 25 p.gatto, 24 siluri, 32 anguille

Le gabbie di controllo sono state collocate ben lontano dal punto dell'energizzazione. Due gabbie di fondo sono state posizionate con la gru sul letto del fiume ad una distanza di 15 m dalla riva (Fig. 4.2.4b e c). Le 4 gabbie galleggianti sono state trasportate con la barca a distanze rispettivamente di 25

PROGETTO FIUME PO
Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

e 50 metri dalle gabbie di fondo (sito dello sparo), e legate a coppie con la corda a due boe (Fig. 4.2.4d).



Fig. 4.2.4a - Immissione di pesci nelle gabbie galleggianti



Fig. 4.2.4b - Discesa in acqua delle gabbie di fondo

PROGETTO FIUME PO
Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po



Fig. 4.2.4c - Discesa in acqua delle gabbie di fondo



Fig. 4.2.4d - Posizionamento delle gabbie galleggianti

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Per effettuare l'esperimento, l'*air gun* tramite il braccio della gru è stato immerso in acqua, a circa 2 m sopra le 2 gabbie di fondo (Fig. 4.2.4e, f). Dopo la energizzazione (2000 psi), le 2 gabbie di fondo e quelle galleggianti sono state riportate a riva con gli stessi mezzi descritti precedentemente. Al termine dell'esperimento, tutti i pesci (lotto di controllo e quelli sottoposti al rilascio di energia) sono stati trasportati in appositi contenitori presso il Dipartimento, (Fig. 4.2.4g, h, i) dove sono stati collocati negli acquari preparati per il controllo a medio-lungo termine.

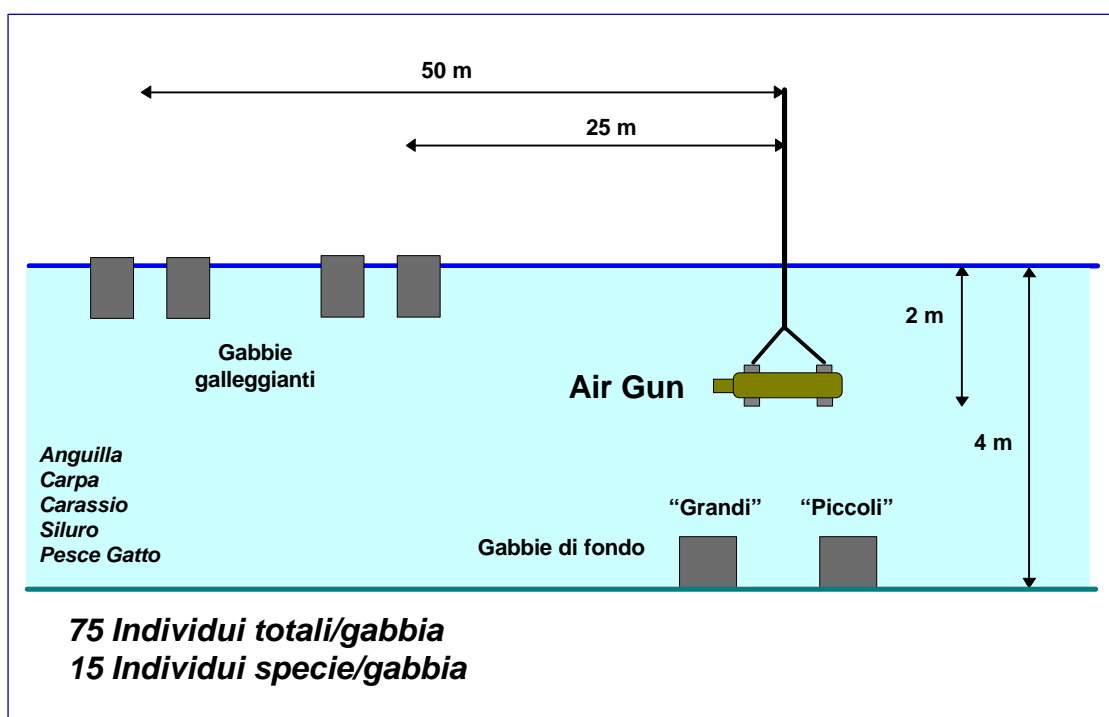
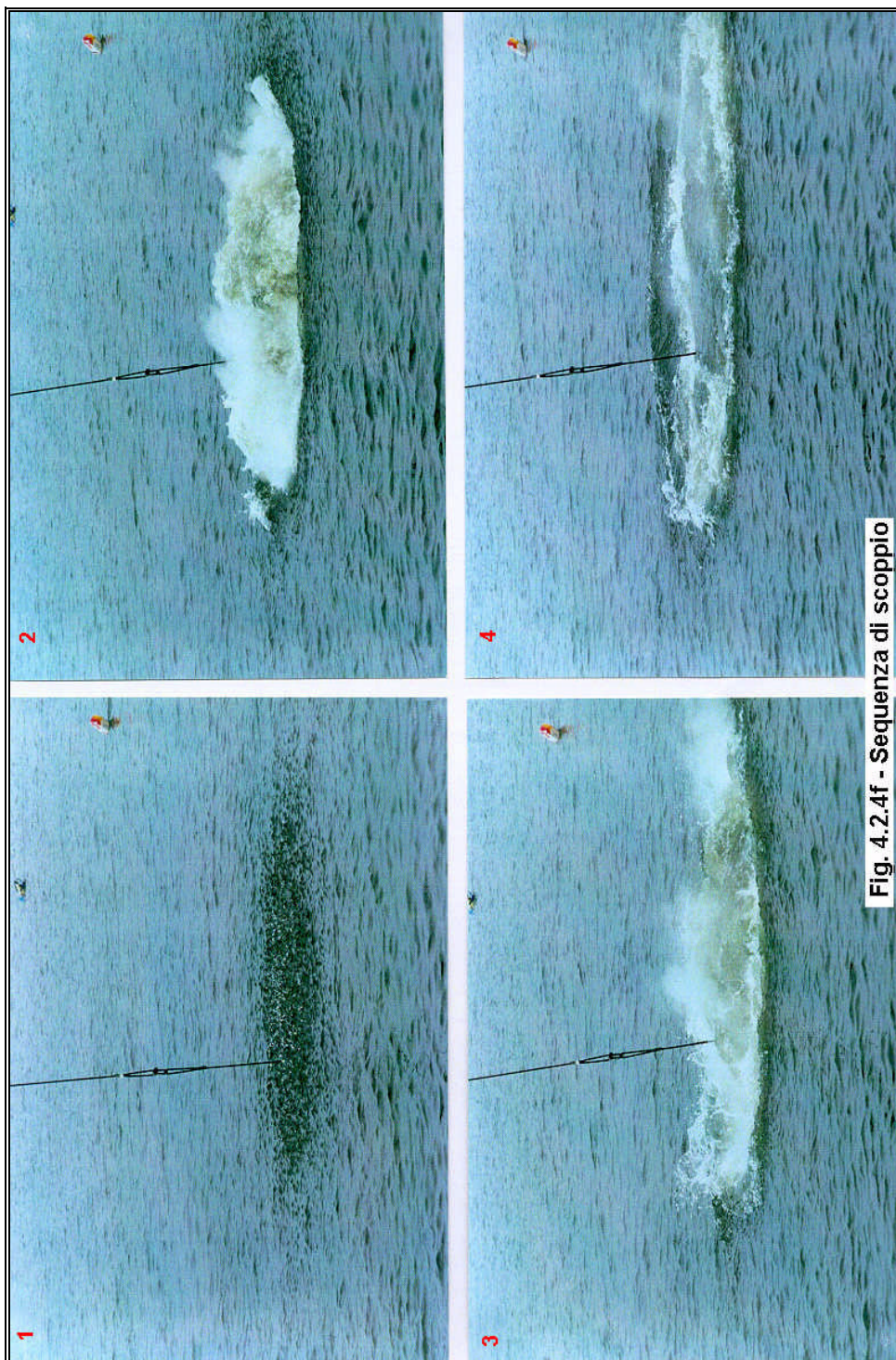


Fig. 3.2.4e - Allestimento dell'esperimento

PROGETTO FIUME PO
Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po



PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po



Fig. 4.2.4g e h - Prelievo dei pesci dalle gabbie dopo la prova

PROGETTO FIUME PO
Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po



Fig. 4.2.4i - Prelievo dei campioni per le analisi di laboratorio

4.2.5 Allestimento dei preparati per l'indagine istopatologica

Per l'indagine istopatologica, dal lotto di controllo, immediatamente prima dell'esperienza sono stati prelevati con criterio casuale, e successivamente dissezionati, 20 individui, 2 per taglia e quindi 4 per ognuna delle 5 specie.

Per quanto concerne il gruppo dei pesci sottoposti alla energizzazione, l'esame ha interessato un totale di 156 esemplari, secondo lo schema sotto riportato.

Specie	Taglia piccola	Taglia grande	Totale
Carassio	17	16	33
Carpa	13	14	27
Pesce gatto	15	16	31
Siluro	18	16	34
Anguilla	14	17	31
Totale	77	79	156

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Ogni esemplare destinato all'esame istopatologico è stato aperto ventralmente in senso postero-anteriore, dall'apertura anale fino a livello delle pinne pettorali, facendo attenzione a non danneggiare gli organi interni (Fig.4.2.5). Frammenti dei tessuti degli organi bersaglio sono stati fissati in Bouin. Dopo la disidratazione in serie ascendenti di alcool, i pezzi sono stati inclusi in paraffina e sezionati al microtomo. Le sezioni, di circa 7μ di spessore, sono state quindi colorate con il metodo di Azan-Mallory.



Fig. 4.2.5 - Dissezione di un esemplare per l'esame istopatologico

4.3 RISULTATI

4.3.1 Mortalità osservata

La tabella 4.3.1 riporta il numero assoluto dei pesci morti al momento della energizzazione e nel periodo successivo, ed il valore percentuale progressivo, calcolato sul numero totale dei pesci oggetto dell'esperimento, cioè 469 esemplari (dai 529 totali sono dedotti i 60 di controllo). Al termine della esperienza sono morti 17 pesci (3.62%), di cui il 2.99% nelle gabbie del punto 0, e lo 0.64% in quelle a 25 m. Nessun esemplare è morto nelle gabbie di controllo ed in quelle poste a 50 m di distanza dalla energizzazione.

MESSI IN ESPERIMENTO				
TEMPO 0 g	Controllo	0 m	25 m	50 m
	60	160	155	154
MORTI				
a 7 gg	0	7	0	0
Mortalità % da 0 a 7 gg	0	4.375	0	0
RESTANO				
a 7 gg	60	153	155	154
MORTI				
a 15 gg	0	7	3	0
Mortalità % sul periodo 7-15 gg	0	4.575163	1.935484	0
RESTANO				
a 15 gg	60	146	152	154
Mortalità totale %	0	8.75	1.935484	0

Tab. 4.3.1 - Mortalità osservata

Nel dettaglio, a 7 gg sono morti 7 pesci, di cui 3 carpe (1 piccola, 2 grandi); 2 carassi (grandi) e 2 pesci gatto (1 piccolo, uno grande). A 15 gg sono morti altri

10 pesci, di cui 5 carpe (2 piccole, 3 grandi), 2 carassi (grandi) e 3 pesci gatto (1 piccolo, 2 grandi). Il χ^2 di indipendenza, anche per la specie a più alta mortalità, la carpa, di cui sono morti 8 esemplari su 63 (51 esposti alla energizzazione, 12 di controllo) non risulta significativo: $\chi^2 = 1.83$, $P = 0.18\%$.

4.3.2 Aspetti comportamentali, clinici e necroscopici rilevati immediatamente dopo l'energizzazione

Al termine della prova, pochi minuti dopo l'emissione dell'aria compressa, i pesci sono stati osservati per diversi minuti in acqua, al fine di valutare gli effetti sul comportamento. Si è rilevata una depressione del sensorio (stordimento) da leggera a media, relazionata alla distanza dal punto di emissione dell'onda d'urto (*air gun*) e con una certa preferenza per i siluri di maggiore taglia. I pesci si sono comunque ripresi nel giro di pochi minuti (da 5 a 10), e non è stata registrata mortalità alcuna. Di seguito vengono riportati i dettagli clinico-necroscopici per le diverse gabbie.

4.3.2.1 Pesci di controllo

I pesci di controllo, così come gli altri utilizzati nel corso della sperimentazione, si sono mostrati generalmente in buone condizioni di salute (Fig. 4.3.2.1a). All'osservazione macro- e microscopica non sono emerse lesioni di rilievo, in grado di inficiare i risultati della prova. Le scarse e lievi lesioni rilevate sono imputabili esclusivamente allo stato di confinamento di soggetti selvatici, e sono da considerarsi perfettamente reversibili. Di seguito queste ultime verranno definite col termine di "lesioni di fondo", in modo da distinguerle chiaramente dalle lesioni più probanti di un danno da picco di sovrappressione. Per la descrizione macro- e microscopica delle 'lesioni di fondo' si riporta: alcune carpe hanno manifestato leggera iperemia e degenerazione branchiale, incipiente degenerazione epatica e modica congestione renale, mentre alcuni carassi mostravano prevalente degenerazione branchiale ed epatica; alcuni siluri presentavano risentimento epatico con aspetto marmorizzato, ed i pesci gatto leggera congestione renale. Le "lesioni di fondo" erano presenti anche

nei pesci oggetto della sperimentazione, senza differenze significative fra i diversi lotti (Fig. 4.3.2.1b e Fig. 4.3.3e).

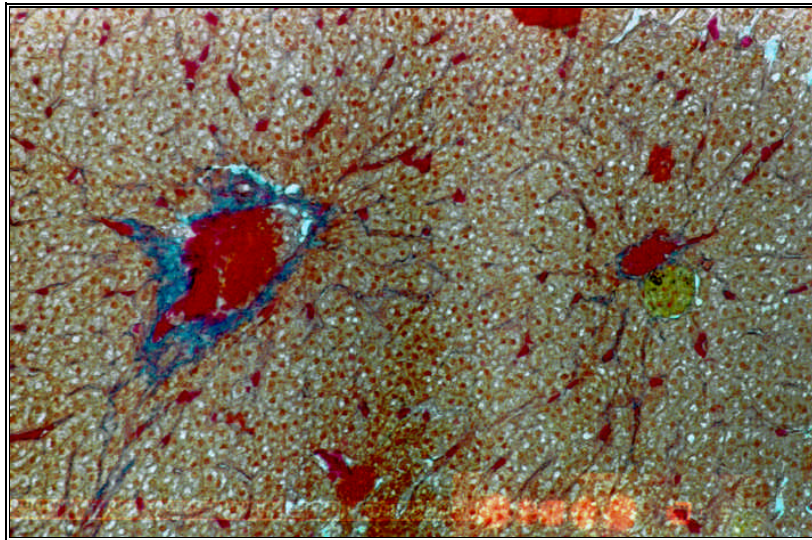


Fig. 4.3.2.1a - Anguilla di controllo. Fegato. Colorazione Mallory-Azan. Si nota la fisiologica infiltrazione di grasso degli epatociti tipica dei pesci ed un aggregato dei melano-macrofagi (giallo-bruno) nei pressi di un vaso

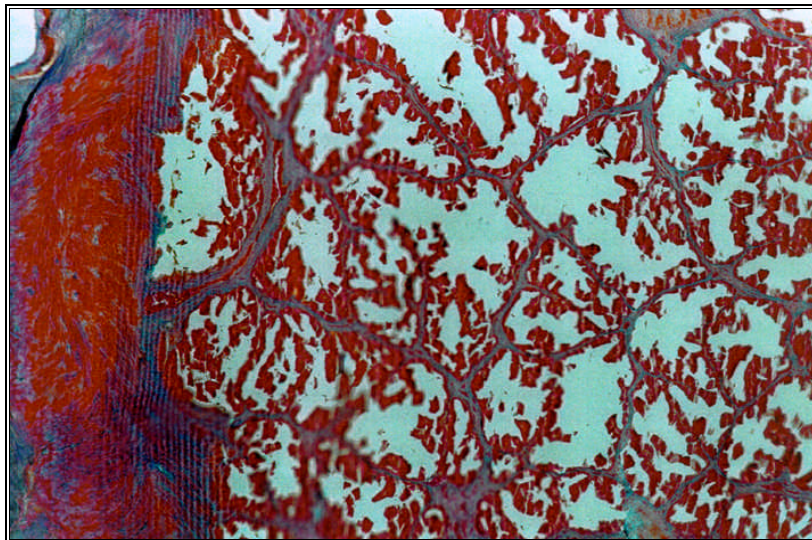


Fig. 4.3.2.1b - Anguilla. Gabbia superficie 50 m distanza. Vescica natatoria. Colorazione Azan-Mallory. Non si repertano lesioni

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

4.3.2.2 Gabbie di fondo

I pesci di questa gabbia sono stati i più esposti all'onda d'urto dell'*air gun*, ma hanno riportato danni lievissimi e reversibili, che hanno interessato un numero ridotto di esemplari.

In particolare in una carpa di lunghezza totale di 41 cm si è repertata una copiosa emorragia branchiale spontanea monolaterale appalesatasi nel corso della manipolazione. Sollevando l'opercolo branchiale ed esponendo le branchie in camera branchiale si notava una marcata degenerazione e congestione branchiale, sicuramente causa predisponente l'emorragia. Le rimanenti carpe manifestavano "lesioni di fondo", con quadri di moderata congestione branchiale, incipiente degenerazione epatica, leggera congestione renale.

In un carassio di 35 cm di lunghezza totale è stata repertata una soffiusione emorragica episclerale monolaterale (Fig. 4.3.2.2). Alcuni dei rimanenti carassi hanno presentato degenerazione branchiale ed un risentimento epatico di maggior grado, se rapportato alle carpe.

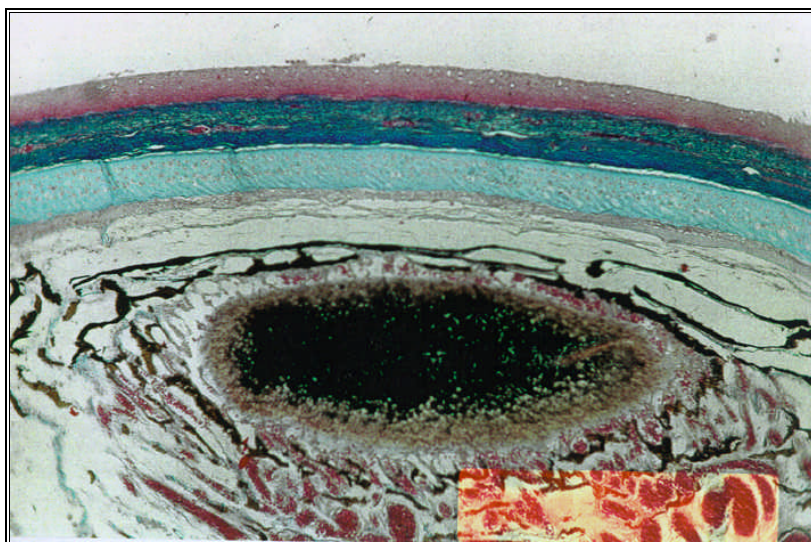


Fig. 4.3.2.2 - Carassio. Gabbia di fondo. Occhio. Colorazione Azan-Mallory. Sono evidenti soffiusioni emorragiche a carico della congiuntiva episclerale, in presenza di vasi coroidei integri

In un siluro di 79 cm di lunghezza totale si sono repertate minute petecchie emorragiche in posizione epicardica. Nei rimanenti siluri lievi degenerazioni branchiali si sono accompagnate ad un aspetto marmorizzato del parenchima epatico, segno di una epatosi incipiente.

I pesci gatto hanno manifestato “lesioni di fondo”, con modiche congestioni renali, e lievi degenerazioni branchiali.

Le anguille hanno mostrato una notevole refrattarietà all'onda d'urto, presentando solo modiche congestioni branchiali, e qualche lieve lesione alla vescica natatoria, ma imputabile alla presenza di occasionali parassiti (*Anguillicola* spp.).

In nessuno dei pesci si sono rilevati danni alle vesciche natatorie - ad eccezione di 3 anguille (per anguillicolosi, come già detto) - né danni alle superfici cutanee (emorragie) ed alla colonna vertebrale (fratture).

4.3.2.3 Gabbie di superficie a 25 m dall'air gun

L'entità dello stordimento dei pesci è stata nettamente inferiore a quella dei pesci della gabbia di fondo. In riferimento alla distribuzione interspecifica delle lesioni repertate si è osservata una parziale corrispondenza con quanto osservato nella gabbia di fondo, ad eccezione della indipendenza dalla mole dei soggetti. Non si sono repertate emorragie a livello di superficie cutanea, ed oculare - ad eccezione di una leggera soffiatura emorragica in un carassio - né a livello di organi interni. Le vesciche natatorie sono apparse integre ad eccezione di quelle di qualche anguilla risultata parassitata da nematodi del genere *Anguillicola*.

Anche in questa gabbia si sono repertate le “lesioni di fondo” riscontrate nei pesci delle gabbie di controllo ed in quelle di fondo.

4.3.2.4 Gabbie di superficie a 50 m dall'air gun

Ad eccezione del fatto che l'entità dello stordimento è stata di grado inferiore a quanto registrato nei pesci delle precedenti gabbie (di fondo e a 25 m dall'*air gun*), le lesioni riscontrate nei pesci sono identiche a quelle precedentemente

descritte per le altre gabbie galleggianti ed a quelle della gabbia di fondo, nonché nei controlli.

4.3.3 Aspetti microscopici rilevati sui pesci immediatamente dopo l'energizzazione

Di seguito verranno riportati per le singole specie oggetto della sperimentazione le lesioni precedentemente definite “di fondo” comuni ai diversi gruppi sperimentali, soffermandosi in modo particolare sulle lesioni riscontrate esclusivamente nei pesci delle gabbie di fondo, quindi più esposti all'onda d'urto, e maggiormente probanti di un danno indotto dall'*air gun*.

Nelle carpe, a livello branchiale, si è osservato un leggero stato degenerativo, accompagnato da moderata congestione lamellare. A livello epatico si è repertata una degenerazione idropico-vacuolare di modico grado. A livello renale è stata verificata una parziale congestione glomerulare, e blandi segni di nefrosi tubulare (Fig. 4.3.3a).

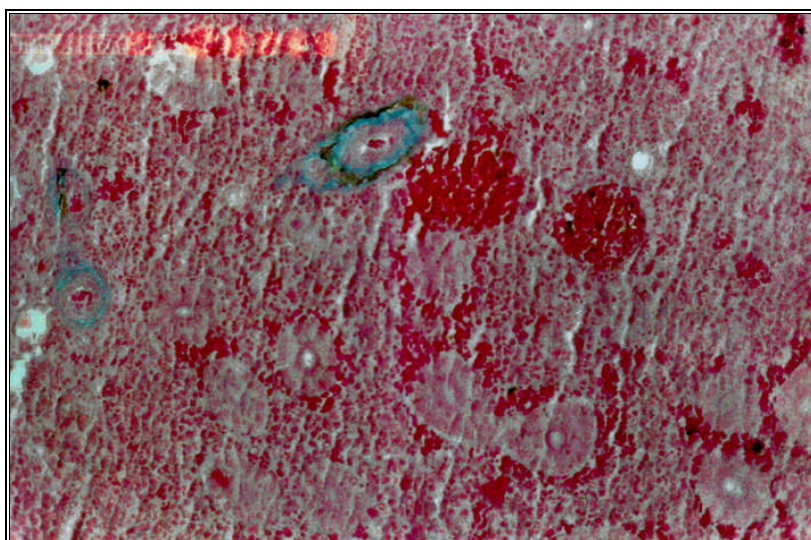


Fig. 4.3.3a - Carpa. Gabbia di fondo. Rene. Colorazione Azan-Mallory. Si repertano tubuli renali modicamente degenerati. La struttura è comunque integra

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Nei carassi, a livello branchiale, si è osservata un marcato stato edematoso delle lamelle secondarie, con un incipiente stato di degenerazione idropica delle cellule epiteliali (Fig. 4.3.3b e Fig. 4.3.3c).

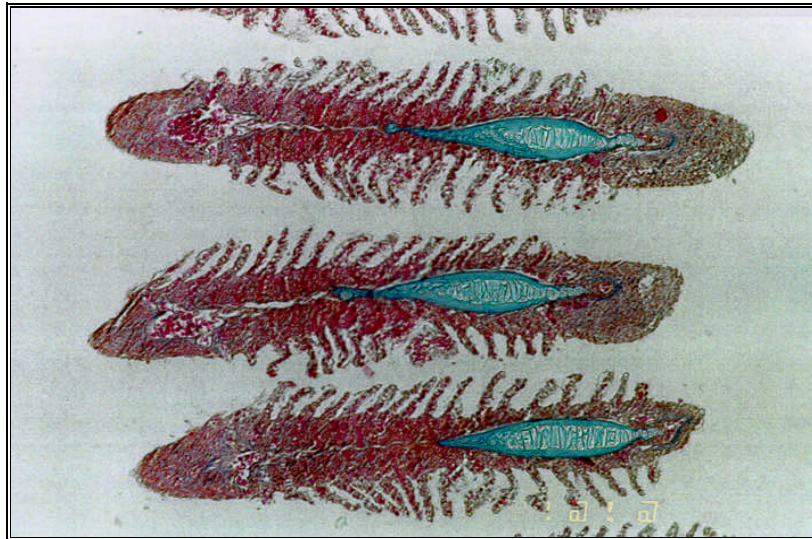


Fig. 4.3.3b - Carassio. Gabbia di superficie 25 m. Branchie. Colorazione Azan-Mallory. Si nota edema della lamella secondaria

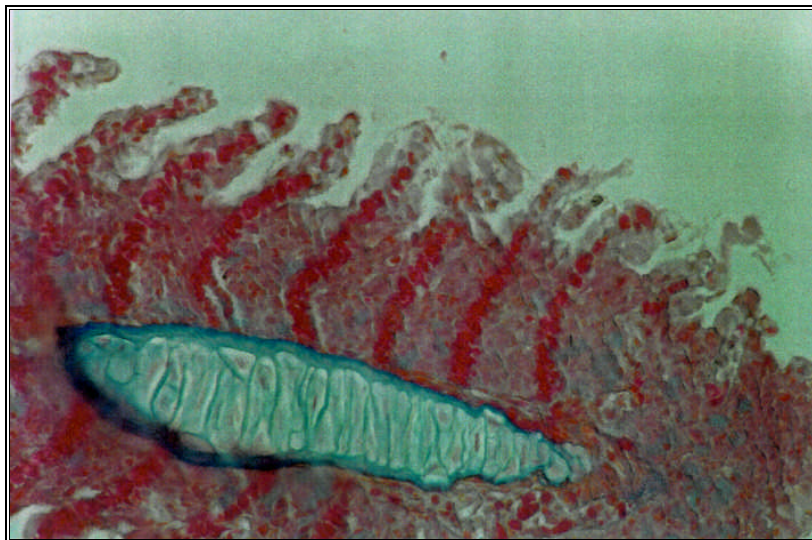


Fig. 4.3.3c - Carassio. Gabbia 25 m. Branchie. Colorazione Azan-Mallory. Particolare della precedente

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

A livello epatico si è osservato una notevole infiltrazione grassa del fegato, con focolai miliari di necrosi ed aspetto marcatamente vacuolizzato. A livello renale si sono notati i segni istologici di nefrosi tubulare, rappresentati da degenerazione e necrosi di alcuni elementi cellulari epiteliali e comparsa di detriti nel lume tubulare.

Nei siluri si è notato edema lamellare branchiale e l'aspetto marmorizzato epatico ha manifestato la sua controparte istologica in aree di degenerazione idropico-vacuolare inframezzate ad aree di parenchima integro, con modica congestione del sistema vasale portale.

Nei pesci gatto è stata registrata una degenerazione idropica delle lamelle branchiali con modica congestione lamellare. A livello epatico si è rilevata degenerazione idropica-vacuolare; a livello renale una discreta congestione dell'interstizio (Fig. 4.3.3d e Fig. 4.3.3e).

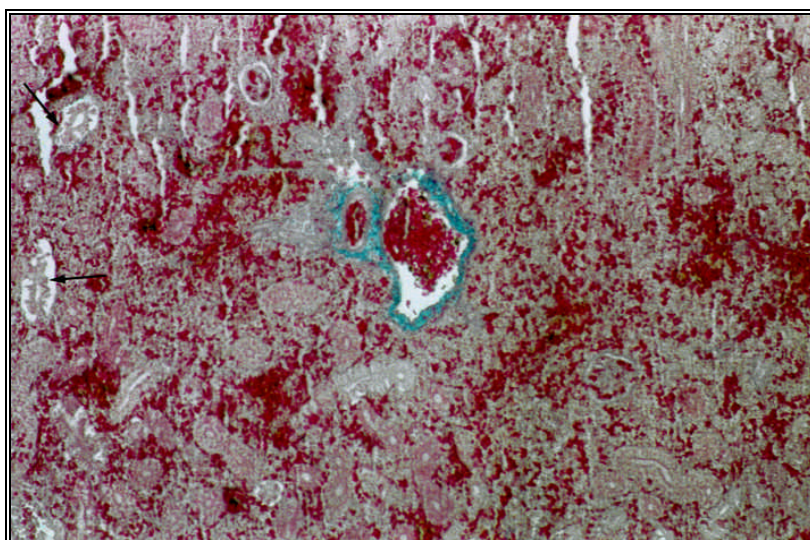


Fig. 4.3.3d - Pesci gatto. Gabbia di fondo. Rene. Colorazione Azan-Mallory. Si nota una modica congestione dell'interstizio renale con alcune soffiusioni emorragiche. Sono visibili anche aggregati destrutturati di melano-macrofagi. Spiccano alcuni tubuli renali degenerati (frecce) ed alcuni glomeruli iperemici

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

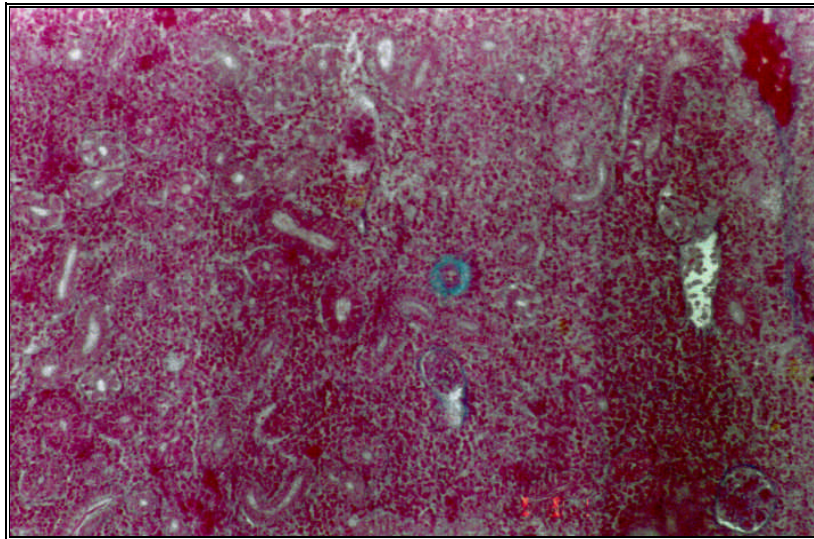


Fig. 4.3.3e - Pesci gatto. Gabbia di superficie 25 m. Rene. Colorazione Azan-Mallory. Non si evidenziano lesioni di rilievo

Le lesioni rilevate esclusivamente nei tessuti dei pesci maggiormente esposti agli effetti delle onde d'urto, (pesci della gabbia di fondo), spiccando sulle lesioni "di fondo" hanno mostrato una certa specificità per i siluri ed i pesci gatto, mentre risultano pressoché assenti nelle anguille.

Nei siluri della gabbia di fondo, con una maggiore frequenza per quelli di taglia maggiore, si sono notate petecchie e soffiusioni emorragiche a carico dei vasi che vascolarizzano l'epicardio (Fig. 4.3.3f e Fig. 4.3.3g), struttura molto sensibile nei pesci dal momento che la cavità pericardica ittica è inestensibile al fine di migliorare la meccanica circolatoria e, verosimilmente, offre una resistenza maggiore, rispetto ad un tessuto elastico, all'attraversamento delle onde d'urto.

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

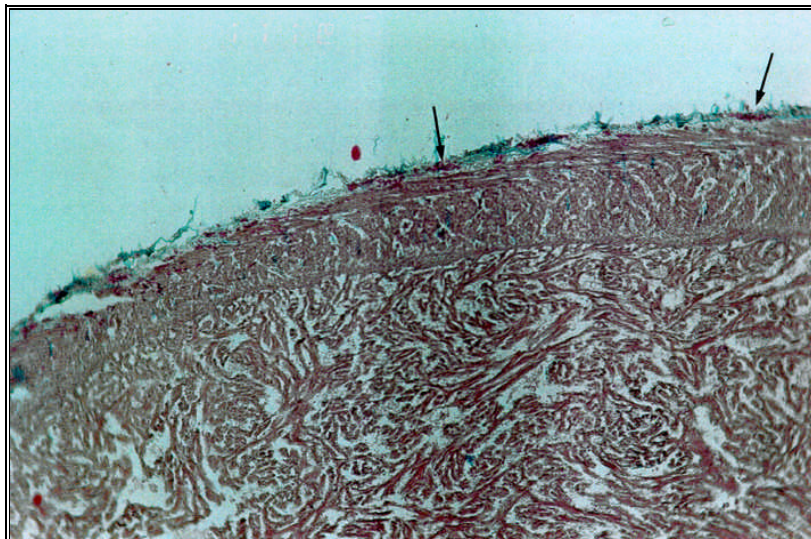


Fig. 4.3.3f - Siluro. Gabbia di fondo. Cuore. Colorazione Azan-Mallory. Si notano minute soffusioni emorragiche in sede epicardica (freccie)

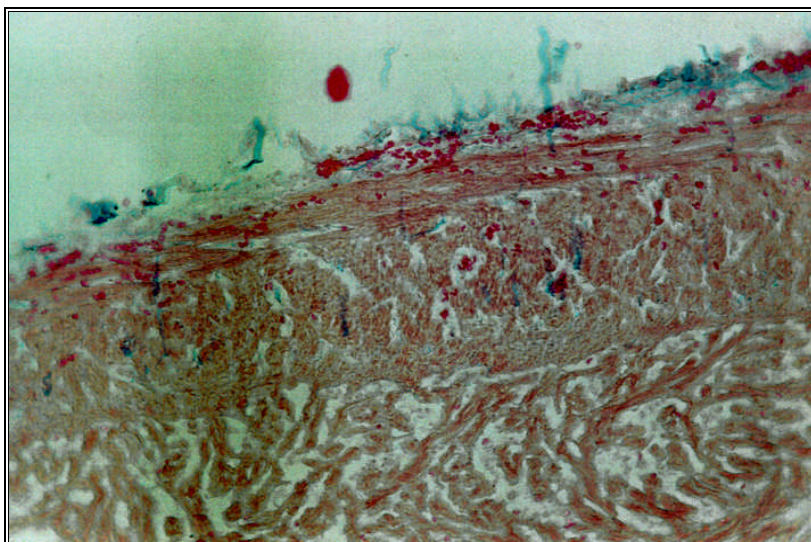


Fig. 4.3.3g - Siluro. Gabbia di fondo. Cuore. Colorazione Azan-Mallory. Particolare della precedente

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Nei pesci gatto la lesione più appariscente è stata rappresentata da congestione renale di fondo e soffusioni emorragiche dell'interstizio renale. A motivo del reperimento di queste marcate lesioni a livello renale sono da sottolineare i rapporti intercorrenti tra cavità corporea, vescica natatoria e rene, e di come il rene dei pesci disponga di un sistema portale che drena il sangue refluo dalla regione caudale. Non da ultima è da considerare la conformazione del dorso dei pesci che, se sufficientemente largo, potrebbe agire nel senso di concentrare l'energia delle onde d'urto in posizione sottovertebrale, in analogia a quanto avviene nella patogenesi del trauma cranico.

Le soffusioni oculari nei carassi sono state repertate esclusivamente a livello episclerale, cioè di congiuntiva episclerale. In sezione le strutture oculari hanno manifestato la loro integrità, in modo particolare la corioidea, che nei pesci assume particolari aspetti e funzioni ed è spesso sede di emorragie, è rimasta insensibile all'onda d'urto dell'*air gun*.

Le scarse emorragie branchiali osservate traevano origine dalla dilatazione (telangectasia) e dalla rottura dei capillari delle lamelle secondarie branchiali. A questo proposito è importante sottolineare come notevoli sbalzi pressori - spesso la stessa cattura od i movimenti respiratori sincopati ne possono essere causa - rappresentino, congiuntamente ad un indebolimento dell'impalcatura branchiale (cellule epiteliali e pillarcells) , le cause scatenanti la telangectasia branchiale.

4.3.4 Aspetti macro- e microscopici rilevati dopo 7 giorni dall'energizzazione

In termini di mortalità e di lesioni clinicamente e necroscopicamente rilevabili è stata notata una leggera prevalenza (7 individui totali) per i pesci maggiormente esposti alle onde d'urto (gabbie di fondo). I pesci maggiormente colpiti sono risultati i ciprinidi (carpa e carassio), ed i pesci gatto. I siluri non hanno manifestato postumi particolarmente evidenti, mentre le anguille hanno manifestato anche in questa occasione una certa refrattarietà (Fig. 4.3.4).

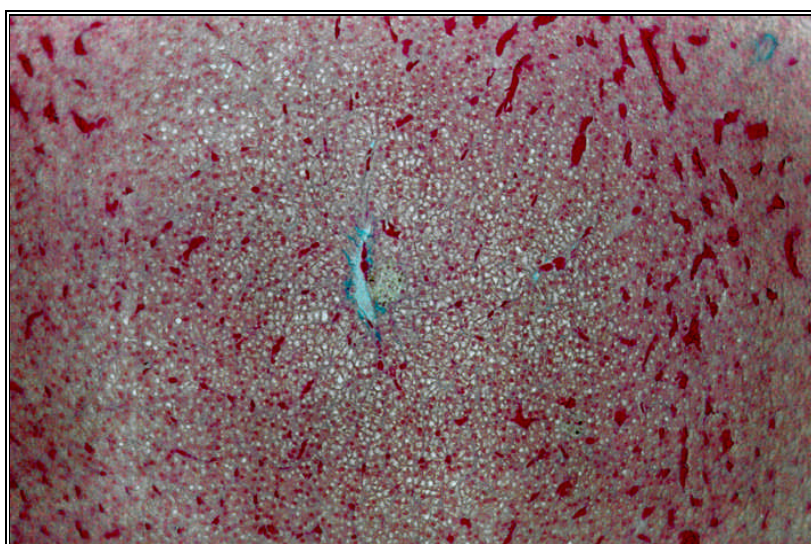


Fig. 4.3.4 - Anguilla. Gabbia di superficie 25 m. Fegato. Colorazione Azan-Mallory. Si nota una infiltrazione grassa centrolobulare e congestione perilobulare

Le lesioni rilevate sono da ascrivere a sovrainfezioni batteriche stress-indotte, e la loro gravità, e la loro distribuzione interspecifica - fatte salve le diversità tra le diverse specie - è risultato un buon indice dello stress “ambientale” subito dai pesci.

Quattro carassi sono risultati colpiti da forme blande di “malattia colonnare”, malattia sostenuta da batteri (Citophagaceae) opportunisti, in grado di colonizzare lesioni traumatiche, abrasioni e/o branchie e cute integre in soggetti particolarmente stressati con elevati tassi di catecolamine ematiche e forme di ulcersi cutanea, malattia batterica sostenuta da *Aeromonas*

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

salmonicida, anch'essa a forte componente opportunistica. A livello istologico le lesioni "di fondo" risultavano particolarmente accentuate per i pesci malati (Fig. 4.3.4), paragonabili a subito dopo l'energizzazione per quelli risultati sani e vitali. Non si è notata comparsa o progressione alcuna di lesioni sugli organi bersaglio, ad eccezione di uno scadimento organico generale nei soggetti malati o morti.

In riferimento alle carpe sono state repertate in una modica percentuale (2%) di soggetti ulcerazioni cutanee sovrapponibile a quelle osservate nei carassi. A livello istologico le lesioni "di fondo" risultavano particolarmente accentuate per i pesci malati, paragonabili a subito dopo l'energizzazione per quelli risultati sani e vitali. Non si sono notate lesioni sugli organi bersaglio.

In riferimento ai pesci gatto sono stati repertati in una modica percentuale (3%) emorragie ed ulcerazioni cutanee, massiva degenerazione epatica, gastroenterite catarrale e degenerazione-necrosi renale, ascrivibili ad una patologia batterica tipica dei pesci gatto sottoposti a stress, l'aeromonosi od aeromoniasi. A livello istologico le lesioni "di fondo" risultavano particolarmente accentuate per i pesci malati, paragonabili a subito dopo l'energizzazione per quelli risultati sani e vitali. Gli organi bersaglio sono risultati esenti da lesioni ad eccezione di tre soggetti malati.

In riferimento ai siluri sono state repertate rare e benigne lesioni cutanee ad eziologia batterica assimilabile a quelle rinvenute nei carassi. A livello istologico le lesioni "di fondo" risultavano particolarmente accentuate per i pesci malati, paragonabili a subito dopo l'energizzazione per quelli risultati sani e vitali. Non si è registrata comparsa o progressione alcuna di lesioni ad eccezione di danni al fegato e rene in 2 soggetti morti

In riferimento alle anguille, che insieme ai siluri hanno mostrato una maggior resistenza a lungo termine, registrando i postumi minori, sono stati repertati saltuari casi (1%) di peste rossa delle anguille, malattia batterica fortemente condizionata. Degno di nota è il fatto che non si sia registrata perdita alcuna tra le anguille. A livello istologico le lesioni "di fondo" risultavano particolarmente accentuate per i pesci malati, paragonabili a subito dopo l'energizzazione per quelli risultati sani e vitali. In 4 soggetti malati si sono riscontrate lesioni epatiche (Fig. 4.3.4).

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

4.3.5 Aspetti macro- e microscopici rilevati dopo 15 giorni dall'energizzazione

Il quadro clinico dei pesci non è mutato di molto rispetto a 7 giorni prima. Dal settimo al quindicesimo giorno dopo l'esperimento, si è registrato un lieve aumento della mortalità (10 individui). Gli individui morti erano: 5 carpe, 2 carassi e 3 pesci gatto, rispettivamente 7 appartenenti alle gabbie di fondo e 3 alle gabbie di superficie (25 m dall'*air gun*). Indubbiamente tale aumento dovrà essere attribuito al prolungarsi del tempo di confinamento dei pesci. Sia nei pesci morti che in quelli vivi a lungo termine (15 giorni) si è potuto constatare lo stesso quadro macro-microscopico riportato in dettaglio precedentemente (7 giorni).

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

4.4 CONCLUSIONI

Per una corretta interpretazione delle lesioni macro- e microscopicamente evidenziate nei pesci oggetto della sperimentazione è fondamentale fare alcune premesse, in primo luogo riguardo lesioni definite “di fondo”. Qualsiasi organismo è in grado di mantenere il proprio equilibrio organico (omeostasi) al variare dei parametri ambientali. Questo compatibilmente con la propria anatomia, fisiologia, biochimica e sfruttando le potenzialità di bilanciamento e recupero caratteristiche di ogni specie. Di frequente, lesioni istopatologiche, anche di un certo rilievo, non danno adito ad alcun risentimento clinico. Ciò è dovuto alla capacità di riserva dell'organismo del pesce, ma, soprattutto alla reversibilità delle stesse lesioni, venute meno le cause che le hanno determinate (Hibiya, 1982; Ferguson, 1989). La cosiddetta reazione da stress rientra nell'esempio citato, e rappresenta una aspecifica risposta di qualsiasi vertebrato a generiche noxae patogene (Ferguson, 1989; Roberts, 1989). L'organismo reagisce iperattivandosi ed esasperando il proprio metabolismo, spesso a livelli critici. Se lo stimolo stressante è spropositato o perdura eccessivamente nel tempo, l'organismo travalica il punto di non ritorno e subentra il c.d. esaurimento. Ancora prima che questo sopraggiunga, l'animale si trova in una condizione molto critica, di forzato adattamento (sindrome di adattamento). L'organismo, al limite delle possibilità di compensazione, diventa suscettibile a tutta una serie di patogeni (virus, batteri, protozoi, metazoi) riuniti sotto il generico termine di opportunisti, perché approfittano della momentanea debolezza dell'ospite per prendere il sopravvento sui suoi meccanismi difensivi.

Le lesioni definite “di fondo” riscontrate più o meno nella maggior parte dei soggetti esaminati, controlli compresi, sono da considerare iniziali lesioni, completamente reversibili, tipiche di una reazione da stress (manipolazione, ipossia, ecc.), inevitabilmente indotta da qualsiasi tipo di sperimentazione che coinvolga soggetti selvatici. Il termine “di fondo” è stato scelto per sottolineare il fatto che facciano da sfondo alle lesioni ritenute specificatamente provocate dalle onde d'urto e probanti di un effetto biologico delle stesse.

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

Il fatto che a distanza di 7 gg. la situazione sia parzialmente precipitata per un numero limitato di esemplari della gabbia di fondo, sta a significare che tutti i pesci sono stati ugualmente sottoposti al medesimo evento stressante (sperimentazione) reagendo a seconda delle proprie capacità specifiche. Inoltre, i pesci prossimi al punto zero hanno subito una dose ulteriore di evento stressante rappresentato dalle onde d'urto, che possono aver indotto livelli terminali di stress molto elevati per alcuni soggetti sensibili per caratteristiche specifiche o individuali.

In conclusione, le osservazioni comportamentali, macro- e microscopiche consentono di affermare che gli effetti a breve termine sono risultati pressoché trascurabili e reversibili. Hanno interessato prevalentemente gli individui di grande taglia del siluro (per i più si è trattato esclusivamente di un leggero stordimento). Gli effetti a lungo termine sono risultati perlopiù dovuti dallo stress secondario da attribuire alla esposizione e le specie più suscettibili allo stress sono state la carpa, il carassio e il pesce gatto. Le anguille probabilmente, per il corpo cilindroide o per caratteristiche di specie, sono risultate praticamente refrattarie sia agli effetti a breve che a lungo termine. Il fatto che siano state utilizzate pesci selvatici (non domesticati) ha senza dubbio esasperato l'aspetto dello stress. In merito alle capacità reattive e di recupero, è fuori discussione che i pesci, nel loro ambiente naturale, sono maggiormente in grado di fronteggiare situazioni di stress passeggero, più di quanto possono fare pesci selvatici tenuti in condizioni di confinamento, seppur con tutte le precauzioni del caso. Inoltre in natura i pesci fuggono istintivamente le situazioni di pericolo reali o potenziali, cosa che non è permesso a pesci confinati e posti artificialmente a distanze dall'*air gun* poco probabili nella pratica. Ciò significa che una estrapolazione dei dati emersi dalla presente sperimentazione, non può non considerare una modica sovrastima degli effetti, implicitamente connessa con il sistema sperimentale. In poche parole nelle condizioni pratiche di impiego ci si aspettano danni notevolmente inferiori a quelli già limitati e reversibili, osservati in questo esperimento.

PROGETTO FIUME PO

Acquisizione di dati, sperimentazione di metodologie geofisiche
e valutazione del loro impatto ambientale sul Fiume Po

La presente sperimentazioni ha quindi permesso di concludere che:

- 1- l'*air gun* non ha provocato alcuna mortalità e neppure gravi lesioni ai pesci;
- 2- gli effetti cronici manifestatisi a medio-lungo termine sono stati irrilevanti e dovuti allo stress secondario;
- 3- solo nei siluri di grande taglia è stata registrata una relazione diretta tra l'impatto dell'*air gun* (stordimento) e la taglia;
- 4- l'*air gun* ha indotto un leggero stordimento prevalentemente nei pesci (siluri) collocati nelle gabbie di fondo (2 metri sotto l'*air gun*);
- 5- i lievi danni verificatisi sono da porre in relazione alla distanza delle gabbie dalla sorgente d'emissione delle onde elastiche.