

GORTANIA - Atti Museo Friul. di Storia Nat.	19 (1997)	177-201	Udine, 31.X.1997	ISSN: 0391-5859
---	-----------	---------	------------------	-----------------

G. VALLI, M.M. GIOVANNELLI, M. FANTINI, E. RANCATI

CICLO RIPRODUTTIVO E ASPETTI DELLA BIOMETRIA IN *UNIO ELONGATULUS*
(PFEIFFER) IN UN CANALE PRESSO PALAZZOLO DELLA STELLA (UDINE)
(ITALIA NORD-ORIENTALE)

REPRODUCTIVE CYCLE AND BIOMETRY ASPECTS OF UNIO ELONGATULUS
(PFEIFFER) IN A CANAL NEAR PALAZZOLO DELLA STELLA (UDINE)
(NORTH-EASTERN ITALY)

Riassunto breve - Nel presente lavoro sono state studiate la riproduzione e la biometria di una popolazione di *Unio elongatulus* vivente in un canale dell'Italia nord-orientale allo scopo di conoscere le modalità del ciclo riproduttivo, in termini di durata, caratteristiche della gametogenesi e dell'emissione dei gameti, sia le relazioni fra ciclo riproduttivo e biometria.

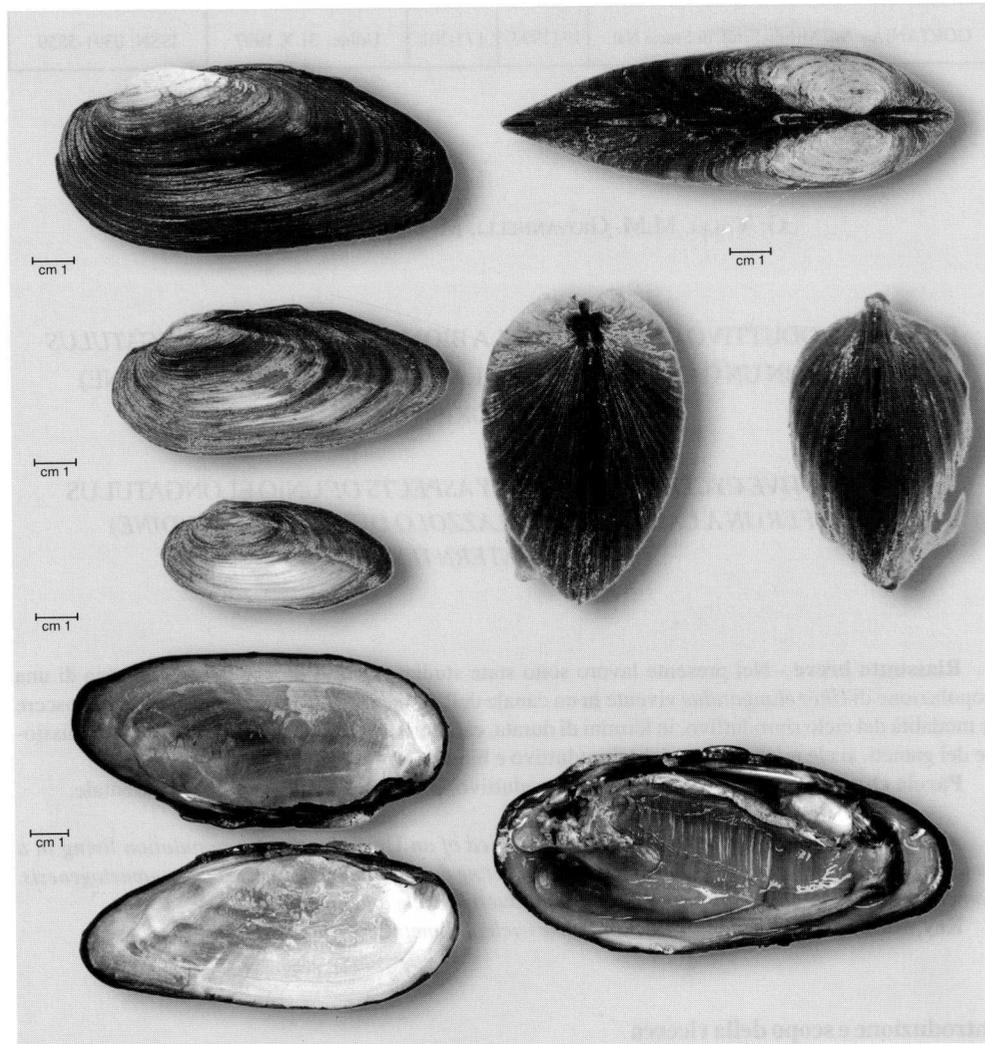
Parole chiave: *Unio elongatulus*, Ciclo riproduttivo, Biometria, Friuli, Italia nord-orientale.

Abstract - *Reproduction and biometry are studied of an Unio elongatulus population living in a canal in North-eastern Italy. The aim was that of collecting data on the reproductive cycle, gametogenesis, gamete emission and relationships between reproductive cycle and biometry.*

Key words: *Unio elongatulus, Reproductive cycle, Biometry, North-eastern Italy.*

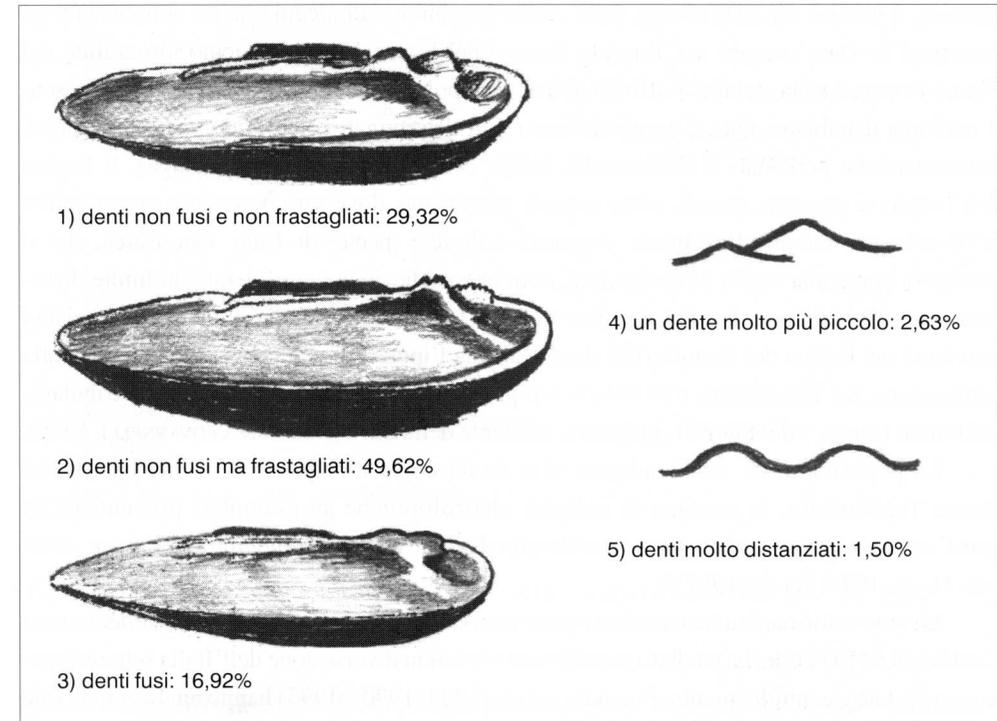
Introduzione e scopo della ricerca

Unio elongatulus (tav. I e II) è comune nelle acque dolci europee e in quelle del Friuli-Venezia Giulia. PFEIFFER (1825, citato da ALZONA, 1971) ha redatto la diagnosi e la revisione sistematica su esemplari provenienti da acque dell'Europa sud-orientale, in particolare delle province illiriche (bacino del F. Isonzo, Istria e Dalmazia). La plasticità della conchiglia ha indotto, soprattutto nel secolo scorso, a distinguere numerose entità (BRUMATI, 1838; STROBEL, 1853; DE BETTA & MARTINATI, 1855; PIRONA, 1865; ERJAVEC, 1877; ALZONA, 1971). CASTAGNOLO et al. (1977) riferiscono che da Linneo in poi furono descritte, per il solo genus *Unio*, oltre 150 species per l'Italia e circa 550 per l'Europa. Per contribuire a risolvere i problemi posti dalla sistematica e dalla distribuzione di *Unio* sono state effettuate, anche in Italia, diverse ricerche. Fra queste, oltre al lavoro di CASTAGNOLO et al. (1977), si citano quelle di BADINO & CELEBRANO (1978; 1981), BADINO (1982), BADINO et al. (1986), FONDI et al. (1984), BADINO et



Tav. I - Vari aspetti della conchiglia e dell'anatomia in *Unio elongatulus*.
- *Unio elongatulus*: shell and anatomy.

al. (1991) che si sono avvalsi di metodi di indagine biometrica e/o di analisi elettroforetica. Queste ricerche hanno evidenziato il fatto che *Unio pictorum* ed *Unio elongatulus* sono due entità molto vicine, sia per morfologia esterna ed interna, sia perchè presentano un ciclo riproduttivo simile. Esse deriverebbero da un ceppo comune esistente prima del sollevamento alpino (VON GALLENSTEIN, 1894) o nell'Eocene/Oligocene inferiore (MODELL, 1951; 1964) ed il grado di differenziazione sarebbe ancora basso. In base alle conoscenze attuali *Unio pictorum* è distribuita in Europa nelle regioni centro-settentrionali, mentre *Unio elongatulus* sarebbe presente nell'Europa meridionale, in tutta la Penisola italiana e Isole, nonché in quasi tutto il bacino del Mediterraneo (Castagnolo, comunicazione personale a Giovannelli, 1995). Recen-



Tav. II - *Unio elongatulus* particolari della cerniera. Variabilità e frequenza osservata nei denti della cerniera di n. 266 esemplari esaminati a caso.
- *Unio elongatulus* details of hinge. Variability and frequency observed in hinge teeth of 266 specimens chosen at random.

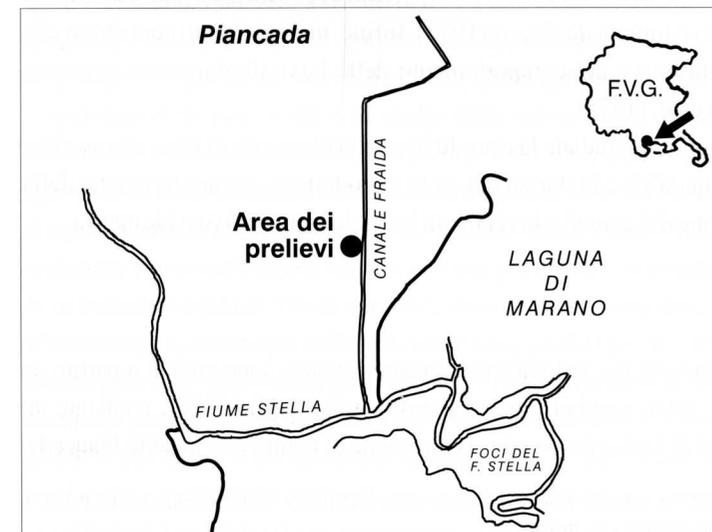


Fig. 1 - Area di studio.
- Studied area.

temente, è emerso un dato nuovo: dallo studio biochimico di alcuni enzimi appartenenti ad esemplari di *Unio* raccolti nel Torrente Versa e nel Fiume Vipacco, bacino idrografico del Fiume Isonzo, è stata stabilita l'affinità di queste popolazioni del goriziano con quelle presenti nell'area danubiana. Questi esemplari sono stati determinati come *Unio pictorum* (Nagel, comunicazione personale a Giovannelli, 1997; NAGEL et al., 1997, in stampa). Il bacino dell'Isonzo si presenta, quindi, come zona di transizione, dove sarà necessario approfondire le ricerche per stabilire l'eventuale simpatria delle due species di *Unio*. Quest'area, che si configura come una soglia biogeografica, potrebbe anche essere considerata un limite distributivo per ciascuna species di *Unio*. Per spiegare la presenza in Italia di elementi faunistici gravitanti nel bacino del Danubio era stata avanzata l'ipotesi di una penetrazione dovuta alla connessione, nel Pleistocene, tra i reticoli idrografici del Fiume Idrijca, attualmente tributario del Fiume Isonzo, e del Fiume Ljubljanica, affluente della Sava (BODON & GIOVANNELLI, 1995).

La popolazione di *Unio* indagata vive in un corso d'acqua inserito nel bacino del Fiume Tagliamento. In assenza di indagini elettroforetiche su esemplari provenienti da quest'area, si continua ad attribuire questa popolazione ad *Unio elongatulus* PFEIFFER, 1825 (cfr. HAAS, 1940; ZILCH, 1967)⁽¹⁾.

Le sole informazioni esistenti sul ciclo riproduttivo di *Unio elongatulus* si debbono a CASTAGNOLO (1977) che ha studiato popolazioni viventi in diverse zone dell'Italia settentrionale occidentale e centrale, mentre FOCARELLI et al. (1988; 1990 e 1993) hanno analizzato la fine struttura dell'uovo e dello spermio di *Unio elongatulus*. Per quanto concerne *Unio pictorum*, *Unio tumidus* ed *Unio crassus*, species più settentrionali, esse sono state oggetto di un considerevole numero di ricerche e, fra queste, si citano quelle di ARTER (1989), di MILDNER & TROYER-MILDNER (1992) e di PEKKARINEN (1991 e 1993). Mentre la struttura del glochidium di *Unio*, *Potomida* ed *Anodonta* è trattata da GIUSTI (1973). Infine, un importante contributo alla conoscenza del ciclo riproduttivo e del comportamento delle larve di *Anodonta cygnea* è presente nel lavoro di GIUSTI et al. (1975).

Nel presente lavoro sono state studiate la riproduzione e la biometria di *Unio elongatulus* allo scopo di conoscere le modalità e la durata del ciclo riproduttivo, le caratteristiche della gametogenesi e dell'emissione dei gameti e le relazioni fra ciclo riproduttivo e biometria.

Materiali e metodi

Dopo uno studio preliminare, per individuare la stazione adatta, sono iniziati a partire da marzo 1993 e fino a marzo 1994, regolari prelievi mensili (salvo luglio 1993), mediante un rastrello a mano, di esemplari di *Unio elongatulus* da un canale di bonifica in località Piancada,

(1) Nel lavoro di NAGEL et al. (1997, in stampa) *Unio mancus* (LAMARCK 1819) (= *Unio elongatulus* C. PFEIFFER 1825) viene considerata la specie presente in Italia.

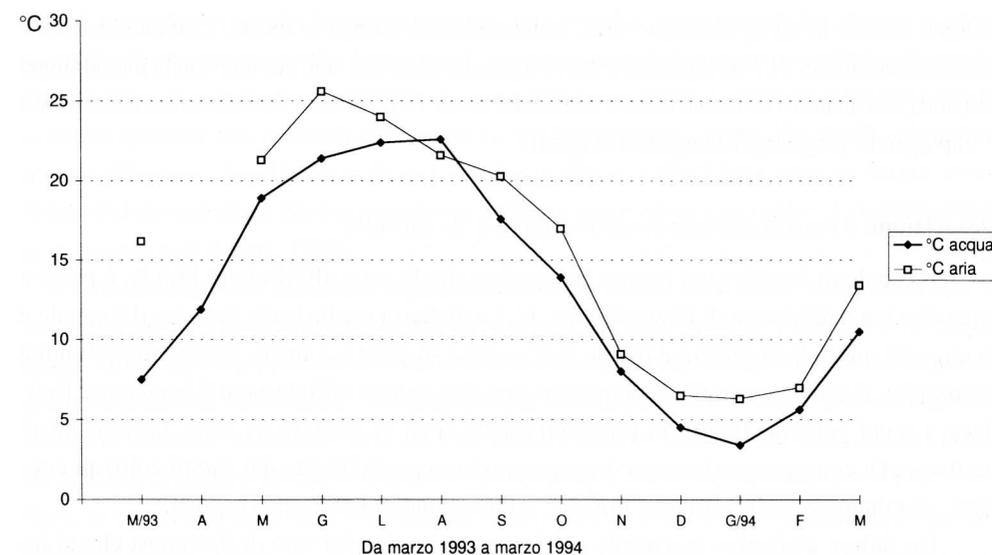


Fig. 2 - Temperature medie mensili dell'acqua del canale e dell'aria presso Piancada.
- Average monthly temperatures of canal water and air at Piancada.

presso Palazzolo dello Stella (bassa pianura friulana, fig. 1). Inoltre, con frequenza settimanale, sono state rilevate le temperature dell'acqua del canale e quella dell'aria (fig. 2). Ogni campione mensile era composto, in media, da una cinquantina di esemplari. Dopo aver ripulito le valve per liberarle di tutte le forme epibionti, è stata misurata, con un calibro decimale, la lunghezza della conchiglia, l'altezza, a livello dell'umbone e della cerniera, ed infine la larghezza di tutti gli animali del campione. Poi sono stati pesati, per ottenere il peso totale di ciascuno (al decimo di grammo) e, quindi, la conchiglia è stata aperta per procedere al rilevamento del peso umido sgocciolato delle parti molli e di quello delle valve. Infine, le parti molli di venti esemplari, estratti con i numeri casuali dai cinquanta, sono state poste in Bouin per lo studio del ciclo riproduttivo tramite l'analisi istologica delle gonadi. Dopo la fissazione le parti molli sono state progressivamente disidratate in alcool, diafanizzate in toluene, ed, infine, incluse in paraffina e sezionate. Le sezioni, spesse 6 µm, sono state poi colorate in emallume Carazzi-eosina e montate in balsamo sintetico. Per la classificazione della maturità delle gonadi è stata costruita una scala istologica, mentre per definire la condizione media mensile delle gonadi di *Unio elongatulus* è stato utilizzato (opportunamente adattato) l'indice gonadico di SEED (1980). Le parti molli dei rimanenti esemplari del campione sono state messe in capsule numerate, inserite in stufa a secco a 105 °C per 24 ore e poi incenerite in forno a 550 °C per 24 ore. In tal modo è stato ottenuto il peso secco e quello delle ceneri di ogni esemplare e, per sottrazione dei primi due, il peso secco senza ceneri. Questi pesi sono stati rilevati al millesimo di grammo. Infine è stato determinato il

volume interno in ml di ciascuna valva, utilizzando una siringa graduata. Complessivamente sono stati esaminati 717 esemplari di *Unio elongatulus* che sono stati studiati con la metodologia statistica, avvalendosi di alcune librerie statistiche (SPSS, 1988; SYSTAT, 1992; STATGRAPHICS, 1989) e impiegando programmi integrativi originali.

Descrizione e caratterizzazione dell'ambiente di raccolta

Il canale di bonifica del bacino idrografico che fa capo all'idrovora Fraida, è posto a circa due km dall'abitato di Piancada (fig. 1). La distanza media tra le due rive del canale è di circa 15 metri, la larghezza a livello dell'acqua è di circa 6.5 metri, mentre la profondità è variabile. Il canale raccoglie le acque piovane che cadono all'interno del bacino per l'utilizzo a scopi agricoli. Inoltre in prossimità della zona di prelievo vi sono allevamenti di bestiame. Di conseguenza le acque irrigue asportano parzialmente dai campi coltivati concimi, diserbanti, nonché sostanze umiche, convogliandoli nel corpo d'acqua.

Un fattore ecologico essenziale per la comprensione del tipo di biocenosi che si instaura in un qualsiasi corso d'acqua è poi rappresentato dalla corrente, in quanto essa influisce direttamente su altri fattori quali la quantità di ossigeno disciolto, la temperatura dell'acqua, la natura dell'alveo, il grado di inquinamento (MATASSI et al., 1990). La scala di Berg (citata da MATASSI et al., 1990) consente di stimare la velocità della corrente in funzione della natura dell'alveo e dell'habitat corrispondente:

Velocità	Natura dell'alveo	Habitat corrispondente
molto lenta (di 10 cm/s)	fango	tipo stagno
lenta (da 10 a 25 cm/s)	melma, sabbia	tipo melmoso
media (da 25 a 50 cm/s)	sabbia, ghiaia	tipo parzialmente melmoso
rapida (da 50 a 100 cm/s)	ghiaia, ciottoli	tipo torrenziale
molto rapida (oltre 100 cm/s)	grossi ciottoli	tipo torrenziale

La velocità della corrente del canale, secondo la scala di Berg, può essere valutata come molto lenta in quanto l'alveo risulta essere di composizione fangosa e ciò comporterebbe una bassa turbolenza d'acqua e conseguentemente un apporto di ossigeno limitato.

Per quanto riguarda la temperatura dell'acqua del canale e quella dell'aria, esse sono state misurate con frequenza settimanale ed i loro valori medi mensili sono riportati nella fig. 2. Si può osservare che le temperature dell'acqua variano in modo coerente con quelle dell'aria, anche se assumono valori più bassi. L'ampiezza dell'escursione termica annuale dell'acqua è di circa 22 °C e, riferendosi ad una considerazione di NARDI (1972) a proposito di una analoga circostanza, si ritiene di poter affermare che ciò comporti un certo grado di euritermia da parte degli Unionidae e la possibilità di resistere alle elevate temperature estive.

La copertura vegetale lungo i bordi del Canale Fraida è caratterizzata da: una fascia interna a sola *Phragmites australis*; una seconda fascia mista a *Calamagrostis epygetos*, *Clematis viticella*, *Convolvulus arvensis* (*Aristolochia clematidis* in maggiori quantità, *Aristolochia rotunda* in minori quantità, vari e stentati *Ulmus minor*); una fascia esterna, vicino alla strada, a *Trifolium repens*, *Plantago lanceolata* e *Avena* sp.. Le piante vascolari rinvenute in acqua sono: *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis* e *Potamogeton nodosus* (Nardini S., comunicazione personale agli Autori, 1995).

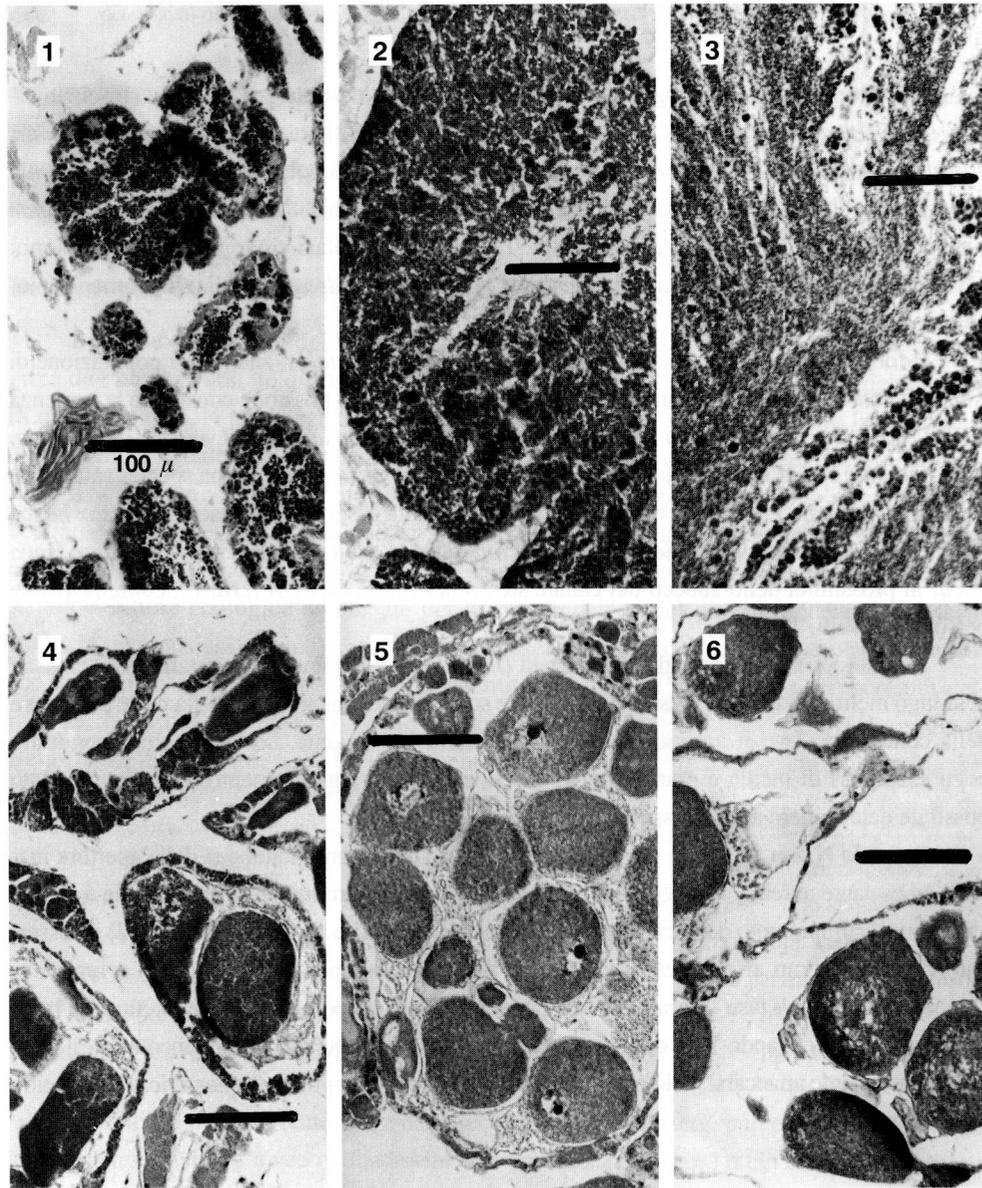
Il fondo melmoso del canale ospita, oltre ad *Unio elongatulus*, anche una popolazione di *Anodonta anatina*. Inoltre, da un prelievo del sedimento, è stato possibile constatare la presenza di altri Mollusca come *Pisidium* sp., *Bithynia tentaculata*, *Bithynia leachi*, *Lymnaea auricularia*, *Lymnaea palustris*, *Physa acuta*, *Anisus spirorbis*, *Valvata piscinalis* e di una species salmastra, *Hydrobia ventrosa*. Per quanto riguarda l'ittiofauna è stata osservata la presenza di *Esox lucius* nel canale e di *Rutilus rubilio*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Alburnus alburnus alborella* e *Tinca tinca*, in prossimità dello sbocco del canale stesso nel fiume Stella (Pizzul E., comunicazione personale a Valli, 1995).

Nel biotopo considerato gli esemplari di *Unio elongatulus* vivono, generalmente, infossati nel fango melmoso del fondo lasciando sporgere solo una piccola porzione della parte posteriore della conchiglia dove si aprono i corti sifoni inalante ed esalante. La conchiglia, soprattutto negli esemplari di media e grande taglia, è ricoperta da un'alga filamentosa, che non è stato possibile determinare a livello specifico.

Secondo NARDI (1972) la presenza di ciuffi di alghe in corrispondenza delle aperture inalante ed esalante avrebbe una notevole importanza, oltre al microambiente che si viene a creare, anche per il compimento del ciclo biologico di *Unio elongatulus*. Infatti, NARDI (1972) ha osservato che il massimo affollamento di glochidi si registra nel periodo tra maggio e luglio, in coincidenza con una fase di grande sviluppo delle alghe che possono offrire ricetto alle larve appena liberate, evitando loro di essere trascinate dalla corrente; successivamente queste potranno facilmente attaccarsi sulle pinne o sulle branchie dei pesci mentre questi ricercano il cibo tra le alghe.

Analisi dei dati istologici

La massa viscerale di *Unio elongatulus*, d'aspetto gelatinoso e di colorito marrone, presenta anche al tatto una consistenza inferiore a quella che si riscontra in *Bivalvia* marini. Poiché le gonadi si infiltrano nella massa viscerale da cui non si distinguono macroscopicamente neppure per il colore, si è reso necessario fissare porzioni voluminose delle parti molli per lo studio del ciclo riproduttivo. All'esame istologico, le gonadi risultano costituite da follicoli circondati da tessuto connettivo, più o meno sviluppato, formato da



Tav. III - Fotomicrografie da 1 a 6: sezioni delle gonadi maschili e femminili di *Unio elongatulus*. Fissazione in Bouin, colorazione in emallume Carazzi-eosina e stesso ingrandimento finale (il segmento indica 100 µm). Gonade maschile - 1: stadio 2 (gametogenesi); 2: stadio 3 (maturità); 3: stadio 4 (emissione). Gonade femminile - 4: stadio 2 (gametogenesi); 5: stadio 3 (maturità); 6: stadio 4 (emissione).

- Photomicrographs 1-6: sections of male and female gonads of *Unio elongatulus*. Bouin fixation, staining with haemalum Carazzi-eosin and same final enlargement (the segment indicates 100 µm). Male gonad - 1: stage 2 (gametogenesis); 2: stage 3 (maturity); 3: stage 4 (emission). Female gonad - 4: stage 2 (gametogenesis); 5: stage 3 (maturity); 6: stage 4 (emission).

cellule adipogranulose e da cellule di Leydig. I follicoli contengono, gameti di un solo sesso, salvo alcuni individui di cui si accennerà più avanti.

In assenza di precedenti scale di maturità per le gonadi di *Unio elongatulus*, lo studio del ciclo riproduttivo è stato affrontato facendo riferimento ad una scala istologica in 6 stadi (VALLI & PAROVEL, 1981) ed impiegata anche in lavori successivi per analizzare le gonadi di alcune specie di Bivalvia (VALLI et al., 1984; 1985; 1988; 1990; 1992; 1994). Ma ogni stadio della scala è stato ridefinito per rappresentare i diversi aspetti osservati nelle gonadi (tav. III) della popolazione adulta di *Unio elongatulus* vivente presso Piancada. Poiché lo stadio 0 (corrispondente ad animali immaturi o ad adulti in riposo sessuale), lo stadio 1 (inizio della gametogenesi) e lo stadio 5 (fine del ciclo e riassorbimento dei gameti) non sono stati osservati - almeno nel corso del presente studio - ne viene omessa la descrizione e pertanto si riporta di seguito la descrizione dei rimanenti stadi che si riferiscono ad entrambi i sessi:

- **Stadio 2.** Aspetto macroscopico: la gonade non si distingue dalla restante massa viscerale di colore, generalmente, marrone. Istologicamente si osservano follicoli più o meno grandi, contenenti cellule germinali in diverse fasi di sviluppo ivi comprese, a volte, quelle mature. Pertanto lo sviluppo dei follicoli non è uniforme e vi sono regioni di essa che richiamano l'aspetto di uno stadio 1. Il tessuto connettivo è molto abbondante ed i follicoli appaiono, spesso, alquanto distanziati.
- **Stadio 3.** Aspetto macroscopico: incidendo la massa viscerale, si può produrre la fuoriuscita di gameti (nei maschi il riconoscimento avviene con l'osservazione microscopica per schiacciamento). Istologicamente la gametogenesi è terminata (o quasi) ed i follicoli appaiono per lo più molto dilatati e contengono, soprattutto, gameti maturi ma non sono pochi quelli immaturi alla periferia dei follicoli. Il tessuto connettivo è più ridotto.
- **Stadio 4.** Aspetto macroscopico: la situazione è simile a quella dello stadio precedente. Istologicamente si nota una gonade ipertrofica contenente follicoli in diverse fasi di svuotamento con molte, o, talora, pochissime cellule germinali mature in emissione, mentre qualche elemento germinale immaturo permane lungo le pareti sottili dei follicoli. Il tessuto connettivo è ridotto.

Complessivamente sono state analizzate le sezioni delle gonadi di 240 animali adulti di *Unio elongatulus* ed in fig. 3 sono riportate le frequenze mensili degli stadi istologici dal cui esame emergono le seguenti considerazioni:

Marzo 1993 - Salvo singoli individui nello stadio 2 (gametogenesi) e nello stadio 3 (maturità), la grandissima maggioranza degli animali presenta le gonadi in fase di emissione (stadio 4).

Aprile - La maggioranza degli animali presenta le gonadi nello stadio 2 (gametogenesi) ed alcuni esemplari nello stadio 3 (maturità) o nello stadio 4 (emissione).

Maggio - La situazione è simile a quella del mese precedente, salvo l'assenza di esemplari nello stadio 3.

Giugno - Analogia con maggio.

Luglio - In luglio non è stato possibile effettuare alcun campionamento, a causa di lavori agricoli.

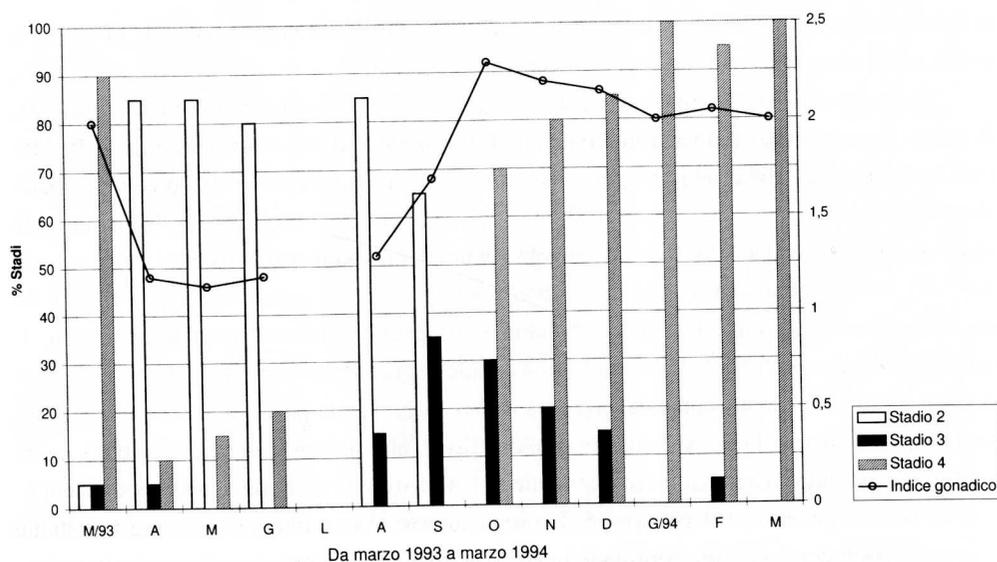


Fig. 3 - Frequenza degli stadi istologici ed indice gonadico in *Unio elongatulus* presso Piancada.
- Frequency of histological stages and gonadic index in *Unio elongatulus* near Piancada.

Agosto - La maggioranza degli individui esaminati presenta le gonadi in gametogenesi (Stadio 2), mentre una modesta aliquota ha le gonadi mature (Stadio 3).

Settembre - Diminuisce la percentuale di animali in gametogenesi (Stadio 2) a vantaggio di quelli già maturi (stadio 3).

Ottobre - La maggioranza presenta gonadi nelle fasi iniziali dell'emissione od in piena emissione (stadio 4), i rimanenti sono maturi (Stadio 3).

Novembre - Prosegue accentuata la situazione registrata nel mese precedente.

Dicembre - Situazione simile a quella di novembre.

Gennaio 1994 - La totalità degli animali risultano in emissione (Stadio 4).

Febbraio - Si ripete la situazione di gennaio, salvo qualche singolo esemplare nello stadio 3 (maturità).

Marzo - La totalità degli animali sono in emissione (stadio 4).

In sintesi si può affermare che la gametogenesi è preminente o rilevante nei mesi da aprile a settembre. Invece la maturità sessuale e l'emissione prevalgono da ottobre a marzo, benché aliquote più modeste di animali in emissione si notino anche in aprile-giugno.

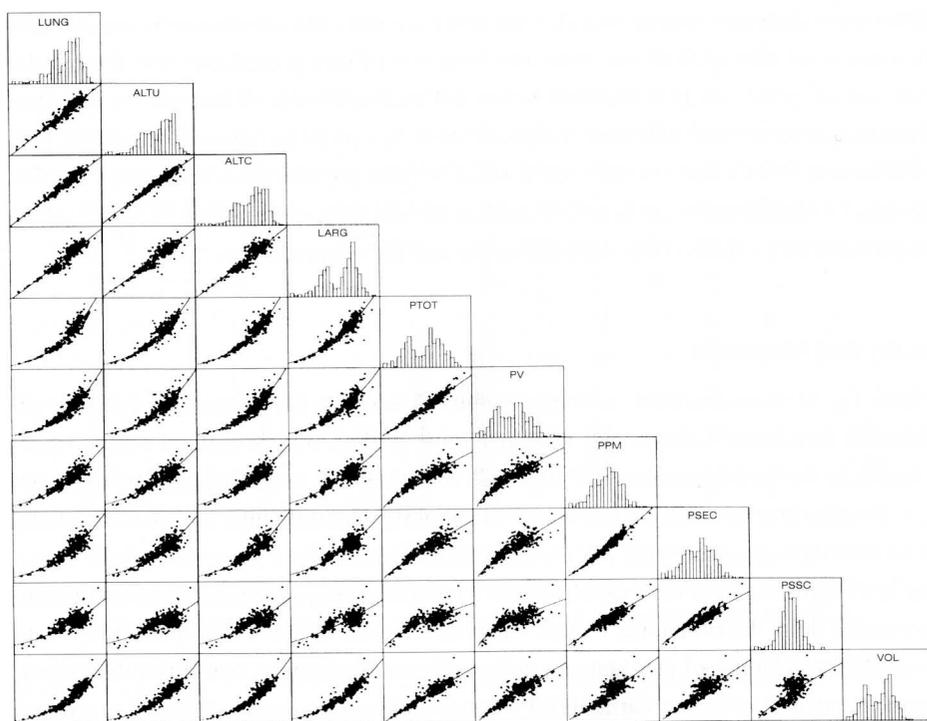
Nella fig. 3 sono riportati pure i valori dell'indice gonadico (gonad index) introdotto da SEED (1980) che sintetizza con un solo valore mensile la condizione delle gonadi ma, dato il diverso numero di stadi in *Unio elongatulus*, si è dovuto procedere ad una diversa attribuzione dei ranghi agli stadi e precisamente: allo stadio 2 è stato attribuito il rango 1, allo stadio 3 il rango 2 ed, infine, allo stadio 4 il rango 3. Pertanto l'intervallo di variazione dell'indice gonadico risulta compreso fra 1 e 3; si può notare che i valori mensili dell'indice gonadico sono minori (fig. 3) nei mesi da aprile a settembre e più elevati nei mesi successivi, con il raggiungimento della maturità sessuale e l'emissione dei gameti.

Il sesso era determinabile in tutti gli individui esaminati, ma uno di essi era ermafrodita contemporaneo ed altri quattro presentavano evidenze di una precedente fase femminile, ossia facevano rilevare ovociti in riassorbimento nell'ambito di follicoli maschili in sviluppo. Trascorrendo, quindi, questi 5 individui: il rapporto sessi (sex ratio) ha fatto registrare il 55,74% di maschi mentre le femmine costituivano il 44,26% della popolazione campionata. Conseguentemente l'intervallo entro cui la percentuale dei maschi può cadere risulta: $55,74 \pm 2 \times 3,24$ con una probabilità $p = 0,95$, il che deporrebbe per una prevalenza di maschi.

Analisi dei dati biometrici

Nella fig. 4 sono tracciati, a scopo esemplificativo e per l'insieme dei dati, gli istogrammi di frequenza, i diagrammi di dispersione, le funzioni interpolanti e sono riportate le medie, le deviazioni standard, gli intervalli di variazione, i coefficienti di asimmetria, curtosi e di variazione percentuale per ciascuna variabile. Naturalmente le stesse statistiche sono state calcolate separatamente per ciascun campione mensile e per ognuna delle variabili, ma le conclusioni non cambiano. Infatti, emergono sempre significative deviazioni dalla normalità della distribuzione, elevati valori dei coefficienti di CV% (particolarmente per le variabili ponderali) ed eterogeneità delle varianze (saggiando, con il test di Bartlett, le varianze mensili di ciascuna variabile). Pertanto, nelle successive analisi, si è proceduto o alla trasformazione dei dati oppure all'impiego di test non parametrici. Inoltre, sempre a fini esplorativi, è stato utilizzato il metodo della carta di probabilità. In fig. 5 viene riportata la distribuzione cumulativa della lunghezza che, come si può notare, non segue un andamento lineare e pertanto la lunghezza non presenta una distribuzione normale. Analoghe considerazioni valgono anche per le altre variabili. Vi è, però, un altro elemento che il metodo consente di ottenere e cioè una stima delle classi d'età presenti nella distribuzione, considerando i punti di flesso (da 6 a 8, a seconda della importanza che si ritiene di attribuire soprattutto a quelli marginali). Ovviamente questa stima dev'essere accolta con cautela, perchè il metodo è stato utilizzato su animali aventi un esteso periodo riproduttivo (sovrapposizione delle gaussiane), ma neppure altri metodi, come quello del conteggio degli anelli principali della conchiglia sono esenti da inconvenienti e riserve. Per quanto riguarda i volumi interni di ciascuna valva, essi sono stati assunti sia per usarli nel calcolo e successivo studio degli indici di condizione che per saggiare l'ipotesi di conchiglia equivalente in *Unio elongatulus*. Questa ipotesi non può essere respinta (utilizzando il test di Wilcoxon), per la quasi totalità dei campioni mensili: infatti l'eccezione è costituita dal campione del mese di marzo 1994 in cui due terzi degli animali raccolti avevano le valve sinistre più voluminose delle destre.

Per valutare la presenza di dimorfismo sessuale in *Unio elongatulus* è stato utilizza-



	N	Media	Dev. Std.	Minimo	Massimo	Asimmetria	Curtosi	C.V. %
Lunghezza	717	8.988	1.120	4.67	11.73	-0.962 **	1.366 **	12.5
Altezza umbone	717	4.005	0.543	2.09	6.06	-0.483 **	0.757 **	13.6
Altezza cerniera	716	4.143	0.524	2.23	6.25	-0.503 **	1.457 **	12.7
Larghezza	715	2.766	0.425	1.32	3.70	-0.662 **	-0.052 /	15.4
Peso totale	634	62.807	22.305	6.89	119.21	-0.196 *	-0.819 **	36.1
Peso valve	580	25.740	9.980	2.53	58.41	0.084 /	-0.399 /	29.3
Peso parti molli	581	21.105	6.186	3.08	42.75	-0.178 /	0.182 /	39.4
Peso secco	337	4.455	1.507	0.51	9.38	-0.070 /	-0.132 /	33.8
Peso ceneri	337	1.446	0.865	0.05	3.52	0.135 /	-1.135 **	60.1
Peso secco senza ceneri	336	3.002	0.840	0.09	6.93	-0.031 **	0.840 **	33.7
Volume	360	33.447	12.240	4.53	78.49	-0.099 /	-0.590 *	36.6

Fig. 4 - Istogrammi di frequenza, diagrammi di dispersione, funzioni interpolanti e statistiche generali per l'insieme degli animali pescati (/ = non significativo; * = significativo a livello del 5%; ** significativo a livello dell'1%).

- Frequency histograms, dispersion diagrams, interpolating functions and general statistics about the animals fished for.

to un metodo di analisi statistica multivariata, l'analisi discriminante stepwise, considerando sei variabili: lunghezza, altezza, larghezza, peso totale, peso parti molli, peso valve, relative ad animali il cui sesso è stato determinato con certezza, mediante lo studio

istologico delle gonadi. Tuttavia la discriminazione ottenuta, benché non trascurabile (essendo stati classificati correttamente circa il 70% dei casi) non è suscettibile di un impiego pratico perché la probabilità d'errore è troppo elevata e quindi nello studio di alcune regressioni (Modello II, regressione funzionale, GM), i maschi non vengono distinti dalle femmine. Perciò le regressioni si riferiscono a tutta la popolazione campionata. Inoltre, è stata effettuata la trasformazione logaritmica di entrambe le variabili anche per linearizzare le regressioni tra variabili ponderali e lineari. In tab. I sono riportate le regressioni calcolate per l'insieme degli animali, allo scopo di permettere semplici stime. Le stesse regressioni sono state calcolate per ciascun campione mensile ed in tal modo è stato affrontato il problema della allometria della crescita (TEISSIER, 1948; RICKER 1973;1975;1979; SOKAL & ROHLF, 1981) stimando gli intervalli fiduciali dei coefficienti di regressione b. Dal loro esame si rilevano i casi di isometria e di allometria. Ad esempio, nella regressione altezza cerniera su lunghezza, l'ipotesi di crescita isometrica può essere respinta solo in tre casi (giugno, agosto e settembre), mentre, per la regressione peso secco su peso parti molli, l'ipotesi di crescita isometrica viene sempre respinta.

Infine, per seguire le variazioni nella crescita fra due campioni (che riflette l'influenza sia di fattori esogeni che endogeni, come il ciclo riproduttivo), sono stati saggiate i coefficienti di regressione mensili. Ma i risultati di tali confronti debbono essere accolti con estrema cautela, perché le singole regressioni sono state calcolate su campioni mensili non omogenei. Anche il ricorso al metodo proposto da ANSELL (1972) dell'animale "standard" non ha permesso di superare l'ostacolo. Peraltro l'impiego dell'analisi della covarianza (in teoria, la tecnica statistica più adatta) risulta precluso perché, come sperimentato, i requisiti per un corretto uso del test non erano soddisfatti: di conseguenza sono stati sperimentati diversi indici di condizione.

Analisi degli indici di condizione

Gli indici considerati sono suddivisi e classificati in base al parametro che compare al numeratore (LUCAS & BENINGER, 1985) e sono stati confrontati in base alle proprietà che un buon indice deve possedere (BODOY, PROU & BERTHOME, 1986) e cioè: minore variabilità nell'ambito del campione e maggiore sensibilità, ossia esaltare le differenze fra un campione e l'altro. Mentre la procedura statistica seguita per la valutazione degli indici in *Unio elongatulus*, mutua, con qualche variante, quella di VALLI et al. (1988):

- PPM:
PPM/LUNG3; PPM/PV; PPM/PTOT; PPM/(PTOT-PV); PPM/VOL;
PPM/(LUNG*ALT*LARG); PPM/(LUNG+ALT+LARG)/3;
- PSECCO:
PSECCO/LUNG3; PSECCO/PV; PSECCO/PTOT; PSECCO/VOL;

	n	r ²	a	b	interv. b	95%
Altezza umbone su Lunghezza	717	0.90	-0.4065	1.0574	1.0329	1.0819
Altezza cerniera su Lunghezza	716	0.90	-0.3279	0.9873	0.9649	1.0097
Larghezza su Lunghezza	715	0.86	-0.7204	1.2215	1.1874	1.2555
Peso totale su Lunghezza	634	0.91	-1.3426	3.2658	3.1899	3.3418
Peso valve su Lunghezza	580	0.88	-1.9448	3.4892	3.3925	3.5860
P. parti molli su Lunghezza	581	0.85	-1.2284	2.6615	2.5765	2.7465
Peso secco su Lunghezza	337	0.93	-2.3453	3.1213	2.9985	3.2442
P. secco senza cen. su Lunghezza	336	0.63	-2.3223	2.9182	2.7275	3.1088
Volume su Lunghezza	360	0.91	-1.6426	3.2974	3.1938	3.4011
Peso valve su Peso totale	550	0.96	-0.5137	1.0703	1.0527	1.0879
Peso parti molli su Peso totale	551	0.88	-0.1312	0.8132	0.7896	0.8367
Peso secco su Peso totale	308	0.89	-1.0373	0.9417	0.9062	0.9771
Peso secco senza cen. su Peso totale	307	0.60	-1.1237	0.9417	0.8305	0.9577
Volume su Peso totale	320	0.91	-0.2454	0.9860	0.9533	1.0187
Peso parti molli su Peso valve	579	0.83	0.2565	0.7617	0.7360	0.7874
Peso secco su Peso valve	336	0.85	-0.6581	0.9329	0.8965	0.9694
Peso secco senza cen. su Peso valve	335	0.59	-0.6833	0.8272	0.7705	0.8840
Peso secco su Peso parti molli	337	0.97	-0.8629	1.1407	1.1179	1.1635
Peso parti molli su Volume	349	0.81	0.05774	0.8337	0.7954	0.8720

Tab. I - Regressioni funzionali GM in *Unio elongatulus* calcolate per l'intero periodo.
- Functional regressions GM in *Unio elongatulus* for the whole period.

PSECCO/(PTOT-PV); PSECCO/(LUNG*ALT*LARG);
PSECCO/(LUNG+ALT+LARG)/3; PSECCO*100/(LUNG+ALT+LARG)3;

c) PSSC:
PSSC/LUNG3; PSSC/PV; PSSC/(PTOT-PV);
PSSC/(LUNG*ALT*LARG); PSSC/(LUNG+ALT+LARG)/3;

d) diversi:
PV/PTOT; PTOT/LUNG3; (PTOT-PV)/(LUNG*ALT*LARG)

ove: LUNG=lunghezza, ALT=altezza, LARG=larghezza, PTOT=peso totale, PV=peso valve, PPM=peso parti molli, PSECCO=peso secco, PSSC=peso secco senza ceneri, VOL=volume valve

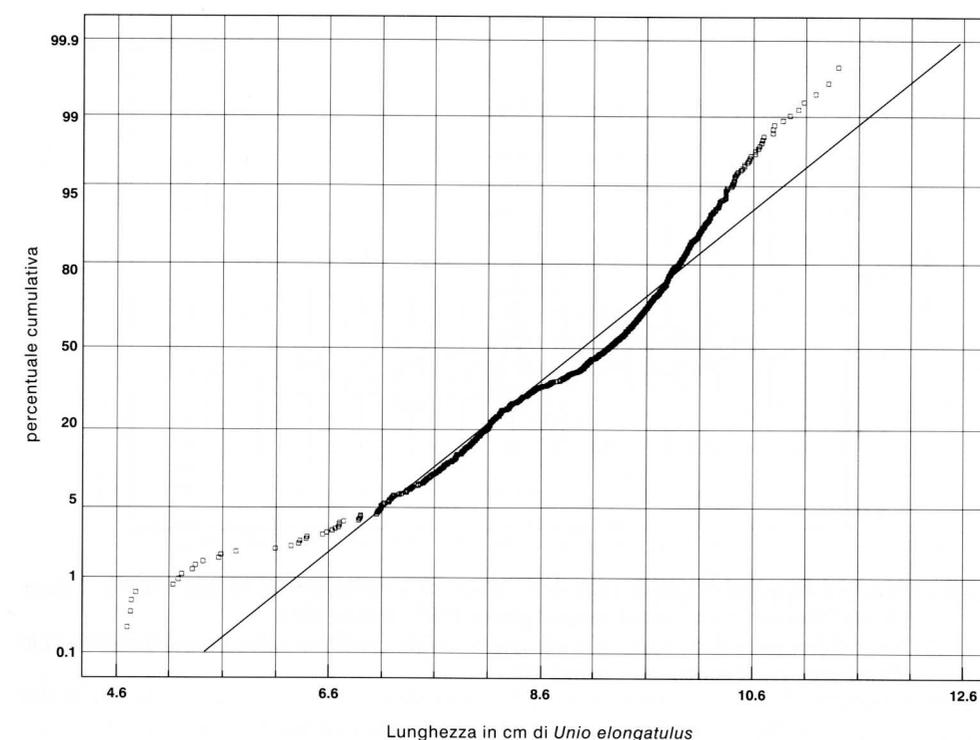


Fig. 5 - Distribuzione cumulativa espressa in % del totale in carta di probabilità.
- Cumulative distribution expressed as percentage of the total probability cart.

Per ciascun animale sono stati calcolati gli indici su riportati e calcolate le statistiche generali per ognuno dei 13 campioni mensili. Nelle figg. 6 e 7 sono presentati, a titolo d'esempio, i grafici di alcuni indici, al fine di permettere l'osservazione dell'andamento per mezzo del relativo Notched Box-and-Whisker Plot, ossia una rappresentazione grafica in cui sono rappresentate le mediane, gli intervalli fiduciali al 95%, il 50% della distribuzione campionaria, i limiti della distribuzione ed i valori molto al di fuori del campo di variabilità del resto dei dati (outliers).

Per analizzare la variabilità interna di ciascun indice sono stati calcolati i relativi CV% mensili. I valori dei CV% sono stati saggiati con un test non parametrico, il test di Friedman. Poiché il valore di χ^2 calcolato (163.8221) è maggiore del valore tabulare per $p < 0.0001$ si conclude che la variabilità interna degli indici differisce significativamente e, nella tab. II, gli indici sono disposti in ordine crescente di variabilità. Con il test di Wilcoxon la variabilità degli indici è stata oggetto di confronti a due a due per individuare quelli responsabili della significatività evidenziata dal test di Friedman. Il risultato di questi confronti ha permesso di suddividere gli indici in due gruppi: il primo (dall'ordine di variabi-

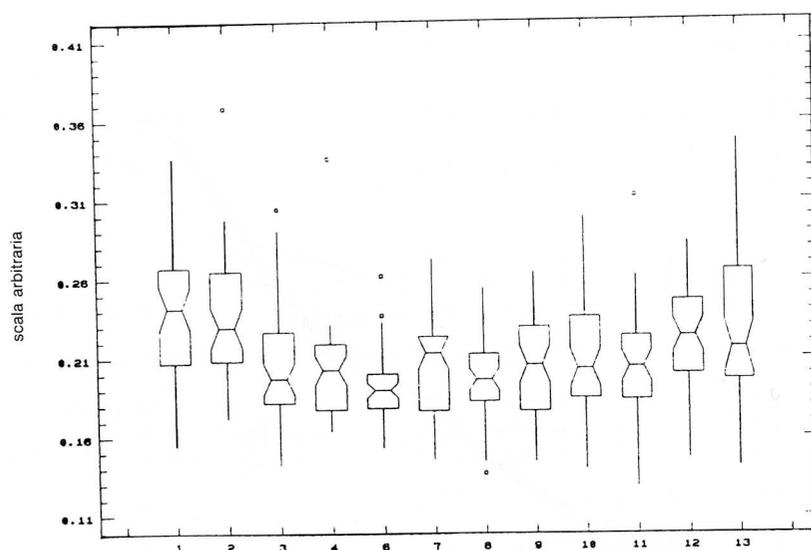


Fig. 6 - Noched box-and-whisker plot dell'indice di condizione peso parti molli / (lunghezza*altezza*larghezza) nel periodo marzo 1993 - marzo 1994.
- Noched box-and-whisker plot of tender parts weight condition index (length*height*width) during the period march '93 - march '94.

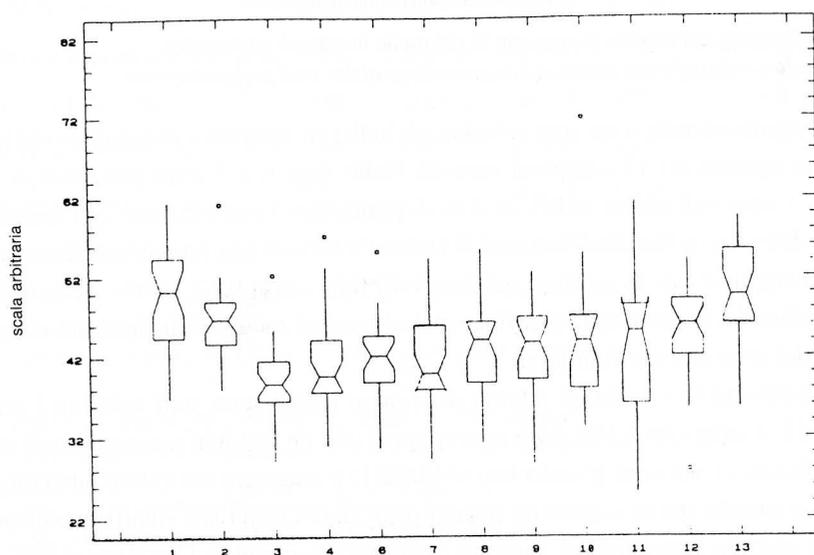


Fig. 7 - Noched box-and-whisker plot dell'indice di condizione peso secco*1000 / (lunghezza*altezza*larghezza) nel periodo marzo 1993 - marzo 1994.
- Noched box-and-whisker plot of dry weight condition index (length*height*width) during the period march '93 - march '94.

Ordine di variabilità	Indici di condizione
1	PV/PTOT
2	(PTOT-PV)/(LUNG*ALTU*LARG)
3	PTOT*1000/LUNG3
4	PSEC*1000/PTOT
5	PPM*1000/LUNG3
6	PSEC*1000/LUNG3
7	PSEC*10000/(LUNG+ALTU+LARG)3
8	PSEC/(PTOT-PV)
9	PPM/PTOT
10	PPM/(PTOT-PV)
11	PSEC*1000/(LUNG*ALTU*LARG)
12	PPM/(LUNG*ALTU*LARG)
13	PSEC/PV
14	PSEC/VOL
15	PSSC*1000/(LUNG+ALTU+LARG)/3
16	PPM/VOL
17	PPM/(LUNG+ALTU+LARG)/3
18	PPM/PV
19	PSSC*1000/LUNG3
20	PSEC/(LUNG+ALTU+LARG)/3
21	PSSC*1000/(LUNG*ALTU*LARG)
22	PSSC/(PTOT-PV)
23	PSSC/PV

Tab. II - Indici di condizione in *Unio elongatulus* disposti in ordine crescente di variabilità in base al test di Friedman, mentre per la significatività dei confronti, a due a due, è stato usato il test di Wilcoxon.

- Condition indices in *Unio elongatulus*, in increasing order of variability according to Friedman's test, for the significans of the comparisions in pairs Wilcoxon's test was used.

lità 1 al 14) in cui nessuno degli indici differisce ed il secondo (dal 15 al 23) in cui gli indici differiscono sia dal primo gruppo che fra di loro.

Per studiare la sensibilità degli indici è stato impiegato il test di Wilcoxon-Mann-Whitney, mediante il quale sono analizzate le mediane, per inferire sulle medie dei campioni. In tal modo è stato possibile mettere in evidenza, per ciascun indice, differenze significative fra un campione e l'altro.

A questo punto si è posto il problema di valutare (da un punto di vista strettamente quantitativo) le risposte, in termini di significatività, dei diversi indici al test di Wilcoxon-Mann-Whitney. È stato usato il test di Cochran codificando, rispettivamente come 0 ed 1, assenza o presenza di significatività. Tuttavia il test suddetto non ha evidenziato alcuna differenza significativa e, di conseguenza, nessun indice risulterebbe preferibile, sotto questo aspetto, ad un altro. Infine, per saggiare il comportamento degli indici in rapporto al ciclo riproduttivo di *Unio elongatulus*, ciascun indice di condizione è stato correlato con l'indice gonadico di SEED (1980) mediante il test ρ di Spearman ma nessuno di essi è risultato significativamen-

te correlato con l'indice gonadico. Pertanto, anche alla luce dei precedenti risultati, si possono soltanto suggerire alcune raccomandazioni, come quella di utilizzare gli indici che occupano la seconda, quinta, sesta, settima, undicesima e dodicesima posizione in tab. IV, perché sono caratterizzati da una minore variabilità ed offrono una maggiore quantità d'informazione.

Discussione e conclusioni

Secondo ZHADIN (1965) varie species di *Unio*, fra cui *Unio pictorum* ed *Unio tumidus*, delle acque dolci russe, raggiungono la maturità sessuale nel corso del secondo o terzo anno di vita ed il ciclo riproduttivo annuale si distingue sia fra species diverse che nell'ambito di popolazioni della stessa species provenienti da aree geografiche differenti. PEKKARINEN (1993) in un'ampia sintesi dei lavori precedenti riferisce che secondo HARMS (1909) in Germania il ciclo incomincia in marzo (ma, nelle stagioni fredde, non prima di maggio) e fino a luglio possono essere trovati tutti gli stadi di sviluppo. *Unio pictorum* ed *Unio tumidus* si ritiene seguano un andamento simile in Finlandia; in Gran Bretagna (NEGUS, 1966) ed in Russia (ZHADIN, 1965) il loro periodo di fecondazione inizia, in ogni caso, in aprile - maggio ed ha termine a luglio od agosto. Secondo DUDGEON & MORTON (1983), è possibile che nelle species di *Unio* viventi in zone temperate si verifichi più di un periodo di incubazione per anno.

Per quanto riguarda *Unio elongatulus* del Po di Tolle, CASTAGNOLO (1977) riferisce che il ciclo riproduttivo inizia tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno, con la produzione di un numero enorme di uova e spermatozoi; la fecondazione ed il successivo sviluppo embrionale avvengono in inverno, e l'espulsione dei glochidi si verifica tra la primavera e l'inizio dell'estate. Sia dallo studio di CASTAGNOLO (1977), che nel corso della presente ricerca, si evidenzia l'assenza di un periodo di stasi nel ciclo riproduttivo. Le gonadi di *Unio elongatulus*, nel Canale Fraida, sono mature od in emissione soprattutto nei mesi autunnali ed invernali (da ottobre a marzo), allorché la temperatura dell'acqua del canale tende a scendere (le temperature medie da circa 15 °C scendono fino a circa 10 °C, ma sono state registrate punte minime intorno a 2 °C e sono del tutto plausibili valori ancora più bassi). Comunque, quando la temperatura raggiunge i valori minimi stagionali, l'emissione rallenta e riparte la gametogenesi che prosegue, nei mesi successivi, mentre risale la temperatura (la temperatura media più elevata è stata registrata in agosto con circa 22,5 °C). Il fatto che non si osservino animali in riposo sessuale potrebbe essere una peculiarità di *Unio elongatulus* e/o essere imputabile a favorevoli condizioni ambientali. Ma si potrebbe anche ipotizzare la presenza di un breve o brevissimo periodo di riposo sessuale, tale da sfuggire ad una rilevazione con frequenza mensile; inoltre va rilevato che non è stato possibile prelevare, per motivi contingenti, alcun campione in luglio. Gioca a favore di entrambe queste ipotesi, l'osservazione che esemplari alla fine dell'emissione presentavano una certa quantità di tessuto connettivo, a differenza di altre species, quali *Mytilus*

galloprovincialis, *Ensis minor*, ecc., che, anche per la carenza di sostanze di riserva per sostenere la gametogenesi, sono costrette ad entrare in riposo sessuale per un periodo più o meno lungo (VALLI, 1971; VALLI et al., 1975; 1985). Comunque, data la lunghezza del periodo riproduttivo, la strategia riproduttiva adottata da *Unio elongatulus* si configura fra quelle che LUCAS et al. (1978) definiscono strategia "r", cioè caratterizzata da un notevole sforzo riproduttivo.

Fra i fattori esogeni, la temperatura è considerata, da lungo tempo, uno dei più importanti: per citare solo alcuni esempi, ZHADIN (1965) rileva che la maggior parte delle species d'acqua dolce risente delle variazioni annuali di temperatura, sia per quanto riguarda lo sviluppo e l'emissione dei gameti, che per quanto concerne la crescita. Inoltre, anche in molte species marine la maturazione dei gameti avviene sotto lo stimolo delle fluttuazioni annuali di temperatura e l'emissione dei gameti inizia quando la temperatura dell'acqua raggiunge e supera un livello critico, valore soglia caratteristico per ogni species (MACKIE, 1984).

Anche la disponibilità di nutrienti gioca un ruolo considerevole perché lo sviluppo gonadico implica una richiesta energetica molto alta che può essere soddisfatta o dall'utilizzazione metabolica del cibo ingerito, o dalle riserve accumulate nell'organismo, o da entrambi (MACKIE, 1984). In genere i periodi in cui il nutrimento è abbondante coincidono con quelli di sviluppo delle gonadi; in alcune species, invece, lo sviluppo della gonade è legato allo sfruttamento di riserve immagazzinate nell'organismo durante il periodo in cui massima è la concentrazione di nutrienti (MACKIE, 1984). Comunque OSTROVSKY et al. (1993) sostengono che in *Unio terminalis* solo l'8% dell'energia assimilata viene spesa per le attività di riproduzione, essendo utilizzata la restante parte in attività metaboliche.

Fra i fattori che incidono negativamente sul ciclo riproduttivo, indubbiamente i parassiti hanno un ruolo perché possono insidiarsi nelle gonadi e distruggerle gradualmente. ZHADIN (1965) riferisce che la gonade di *Unio* può essere infestata da *Bucephalus polymorphus* (Trematoda), e tale circostanza è confermata, in particolare in *Unio pictorum*, anche da VON BAER (1827) e CHERNOGORENKO (1983). TASKINEN et al. (1994), invece, riscontrano nelle gonadi di *Unio pictorum* ed *Anodonta piscinalis* la presenza di *Rhipidocotyle campanula* (Trematoda), che ritengono correlata con l'andamento delle temperature: i parassiti compaiono solo quando la temperatura raggiunge 22-24 °C e l'infestazione cessa quando vengono raggiunti 8 °C (IVANTSIV & CHERNOGORENKO, 1984). Tuttavia, nel corso della presente ricerca, non sono stati osservati parassiti nelle gonadi degli animali esaminati.

Infine, dato il particolare ciclo vitale degli Unionidae, l'inquinamento rende gli stadi riproduttivi particolarmente vulnerabili (INGRAM, 1957; STEIN, 1971; FULLER, 1974; GARDNER et al., 1976). In particolare, gli spermatozoi emessi sono pienamente esposti agli agenti tossici, analogamente alle larve glochidiali rilasciate dalle femmine. Secondo GOUDREAU et al. (1993), l'espo-

sizione ad agenti inquinanti dei glochidi, oltre ad avere un immediato effetto letale su parte di essi, provoca, in ogni caso, la chiusura delle loro valve e ciò per un periodo tale da impedire l'attacco di essi ad un ospite e quindi il completamento del loro sviluppo. Inoltre, in coincidenza con l'immissione di acque particolarmente inquinate, è possibile che si verifichi una proliferazione di Bacteria e Protozoa, e, conseguentemente, un danneggiamento degli stadi riproduttivi degli Unionidae. Sono infatti esposti a tale tipo di infezione sia le uova fecondate (FULLER, 1974), sia i glochidi (VAN DER SCHALIE, 1938). Tuttavia, l'acqua reflua dai campi, ricca di fertilizzanti, che si riversa nel Canale Fraida, appare favorire lo sviluppo di diverse forme vegetali ed animali che costituiscono un ottimo pabulum per *Unio elongatulus*. Inoltre gli esemplari, oggetto di questo studio, presentavano una conchiglia interamente ricoperta da un'alga filamentosa che certamente contribuisce all'ossigenazione delle acque.

Fra i fattori endogeni, l'attività neurosecretoria (DURCHON, 1967) assume un andamento ciclico che si sovrappone al ciclo gonadico e FÄHRMANN (1961) rileva un'intensa attività neurosecretoria in *Unio tumidus*, in primavera ed al momento della riproduzione. In *Anodonta cygnea*, secondo SALANKI & BARANYI (1965) l'accumulo di prodotti di secrezione, tra maggio e giugno, possono essere messi in relazione con l'attività delle gonadi. Infine, ANTHEUNISSE (1963) registra in *Dreissena polymorpha* una relazione diretta tra il ciclo secretorio ed il ciclo sessuale. Il massimo dell'attività dei gangli cerebrali si riscontra in inverno; lo svuotamento delle cellule interviene in primavera e corrisponde all'inizio di una fase di riposo estivo.

Per quanto riguarda la biometria, la modalità di prelievo con un rastrello ed una certa difficoltà di accesso alle rive del Canale Fraida hanno consentito di pescare solo esemplari con una lunghezza compresa tra cm 4.7 e 11.7: queste dimensioni corrispondono ad esemplari adulti che si erano già riprodotti ed appartenevano a diverse classi d'età. La disponibilità di dati relativi anche agli individui più giovani avrebbe permesso di effettuare interessanti confronti con le osservazioni di NARDI (1972) che rileva in una popolazione del Preappennino pavese, una notevole longevità ed una struttura di popolazione con probabili sintomi di declino (imputabile ad una grave crisi ambientale verificatasi nel 1968 nella zona), per la preponderante presenza degli individui più vecchi. NARDI (1972), inoltre, ha analizzato le conchiglie con il metodo proposto da Wellmann (NARDI, 1972) e riproposto da HENDELBERG (1960) che consiste nel disseccare il legamento e nel contare le sue strie al binoculare.

La superiorità di questo metodo su quello delle linee o anelli di crescita della conchiglia, consisterebbe nel fatto che anche nel legamento esistono, oltre a quelli invernali, strie "secondarie", ma queste, a differenza degli anelli della conchiglia, sono più facilmente riconoscibili in quanto più chiare e meno marcate. In tal modo NARDI (1972) riporta, nella fig. 6 del suo lavoro, delle lunghezze del legamento comprese fra cm 0,75 e 3,75, cui viene

attribuita un'età compresa fra 1 e 15 anni e, nella fig. 7, riporta l'istogramma di frequenza di classi d'età comprese fra 1 e 19 anni.

L'analisi discriminante stepwise, utilizzata per saggiare il dimorfismo sessuale, non permette di separare in modo soddisfacente i maschi dalle femmine (almeno con le variabili considerate) e una possibile causa di questo insuccesso potrebbe essere ricercata nella presenza di individui ermafroditi contemporanei od in condizione di inversione sessuale (sebbene in percentuale modesta: ma ciò potrebbe essere imputabile ad un'insufficiente frequenza di campionamento). Pertanto *Unio elongatulus* potrebbe rientrare in quella condizione che MORTON (1960) ha definito come sessualità ritmica consecutiva. Ricerche precedenti, condotte su *Ensis minor*, *Arca noae*, *Chamelea gallina* (VALLI & GIGLIO, 1980; VALLI & PAROVEL, 1981; VALLI et al., 1981/82), avevano dato esito negativo, salvo per *Lithophaga lithophaga* (VALLI et al., 1988): ma in tutti questi casi si trattava di Bivalvia marini. Infatti i pochi esempi di dimorfismo, riportati in letteratura, riguardano, soprattutto, Bivalvia larvipari d'acqua dolce della Superfamiglia Unionoidea e, fra questi: *Dysmonia capsaeformis* e *Dysmonia brevidens*, in cui la conchiglia delle femmine risulta deformata in lunghezza ed in altezza in relazione all'incubazione dei glochidi (BURCH, 1975). HEARD (1975) riferisce che le femmine di alcune species di *Anodonta* sono più larghe dei maschi, mentre, per le species marine, SALEUDDIN (1965) segnala solo piccole differenze nelle conchiglie di alcune species di *Astarte*.

Lo studio di numerose regressioni semplici ha evidenziato che, almeno negli intervalli dimensionali considerati, la crescita è sia di tipo isometrico, che allometrico e le funzioni di regressione calcolate (salvo alcune) offrono stime sufficientemente attendibili, in quanto presentano elevati valori dei coefficienti di determinazione. Tuttavia, né le regressioni e neppure gli indici di condizione sono risultati significativamente correlati con l'indice gonadico. Questo risultato contrasta con quelli di precedenti ricerche del nostro laboratorio condotte, però, su altre species quali: *Ensis minor*, *Chamelea gallina*, *Venus verrucosa*, *Callista chione* (VALLI et al., 1985; 1988; 1990; 1992; 1994; VALLI, 1995). Le spiegazioni vanno ricercate, oltre che nel comportamento e nelle caratteristiche degli indici, nel peculiare ciclo riproduttivo di *Unio elongatulus* che risulta poco differenziato, se confrontato con quello di altre species di Bivalvia: infatti, sono presenti un limitato numero di stadi: solo 3, contro 6 stadi negli altri casi. PEKKARINEN (1993) ha invece evidenziato una correlazione fra temperatura ed un indice di condizione in due species più settentrionali: *Unio pictorum* e *Unio tumidus*.

In conclusione, sono auspicabili ulteriori studi da condurre in altri canali e/o corsi d'acqua per disporre di conoscenze più complete sulla biologia di *Unio elongatulus* e sulla sua distribuzione nelle acque dolci regionali.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare gli operatori dell'Ente Tutela Pesca che hanno permesso i prelievi mensili, la dott.ssa Elisabetta Pizzul per la determinazione della fauna ittica e la dott.ssa Stefania Nardini per il riconoscimento della flora. Gli Autori sono, inoltre, particolarmente grati al prof. Folco Giusti, dell'Università di Siena, ed al prof. Mario Specchi, dell'Università di Trieste, per la revisione critica del dattiloscritto e per i preziosi suggerimenti.

Bibliografia

- ALZONA C., 1971 - Malacofauna Italica. Catalogo e biografia dei Molluschi viventi, terrestri e d'acqua dolce. *Atti Soc. It. Sc. Nat. e Museo Civ. St. Nat. Milano*, 111: 223-237.
- ANSELL A.D., 1972 - Distribution, growth and seasonal changes in biochemical composition for the Bivalve *Donax vittatus* (DA COSTA) from Kames Bay, Milliport. *Jour. Exp. Mar. Biol.*, 10: 137-150.
- ANTHEUNISSE L.J., 1963 - Neurosecretory phenomena in the zebra mussel *Dreissena polymorpha* Pallas. *Arch. Néerl. Zool.*, 15: 237-314.
- ARTER H.E., 1989 - Effect of eutrophication on species composition and growth of freshwater mussels (Mollusca, Unionidae) in Lake Hallwil (Aargau, Switzerland). *Aquat. Sc.*, 51(2): 87-99.
- BADINO G., 1982 - *Unio elongatulus* PFEIFFER (Bivalvia): variabilité biométrique et génétique des populations du Piémont (Italie du nord). *Malacol.*, 22(1-2): 673-677.
- BADINO G. & CELEBRANO G., 1978 - Leucine aminopeptidase variation in two species of the freshwater clam *Unio* (Bivalvia Eulamellibranchia). *Monit. Zool. Ital.*, n.s., 12: 219-228.
- BADINO G. & CELEBRANO G., 1981 - Variabilità genetica nei Bivalvi d'acqua dolce. 3) Polimorfismi enzimatici e loro impiego nella definizione sistemica delle *Unio* nord-italiane. *Boll. Mus. Zool. Univ. Torino*, 3: 25-48.
- BADINO G., CELEBRANO G. & NAGEL K.O., 1991 - *Unio elongatulus* and *Unio pictorum* (Bivalvia: Unionidae): Molecular genetics and relationships of Italian and central European populations. *Boll. Mus. Reg. Sc. Nat.*, 9(2): 261-274, Torino.
- BADINO G., SELLA G. & CELEBRANO G., 1986 - Sistemi gene-enzima nello studio della differenziazione genetica di popolazioni naturali di molluschi a diversa vagilità. *Lavori Soc. It. Mal.*, 22: 241-258.
- BAER K.E. von, 1827 - Beiträge zur Kenntnis der niedern Tiere. *Nova Acta Acad. Caesarea Leopoldino-Carolinae Germanicum Naturae Curiosorum*, 13: 523-562.
- BIANUCCI G. & RIBALDONE BIANUCCI E., 1973 - Il trattamento delle acque residue industriali ed agricole. *Ed. Hoepli*, pp. 502.
- BODON M. & GIOVANNELLI M.M., 1995 - Sulla sistematica e distribuzione di *Theodoxus danubialis* (Pfeiffer, 1828) in Italia. *Boll. Mus. Reg. Sc. Nat. Torino*, 13(2): 493-544.
- BODOY A., PROU J. & BERTHOME J-P., 1986 - Etude comparative de differents indices de condition chez l'huite creuse (*Crassostrea gigas*). *Haliotis*, 15: 173-182.
- BRUMATI L., 1838 - Catalogo sistematico delle conchiglie terrestri e fluviatili osservate nel territorio di Monfalcone. *Tip. Paternolli*: 53-54.
- BURCH J.B., 1975 - Freshwater unionacean clams (Mollusca: Pelecypoda) of North America. *Malacological publications*.
- CASTAGNOLO L., 1977 - Ciclo biologico riproduttivo di *Anodonta cygnea* e *Unio elongatulus* Pfeiff. nel Po di Tolle. *Riv. Idrobiol.*, 16(1-2): 3-14.
- CASTAGNOLO L., FEDERICO A. & MINERVINI R., 1977 - Indagine sistematica su alcune popolazioni del genere *Unio*: considerazioni statistiche sulla biometria della conchiglia. *Atti Soc. It. Sc. Nat., Museo Civ. St. Nat. Milano*, 118(2): 237-24.
- CHERNOGORENKO M.I., 1983 - [Trematoda larvae in molluscs of the Dnieper and its inland waters. Fauna and biology of its formation.] Kiev, "Naukova Dumka", pp. 210 (in russo).
- DE BETTA E. & MARTINATI P., 1855 - Catalogo dei molluschi terrestri e fluviatili viventi nelle provincie venete. *Ed. G. Antonelli*: 97-101, Venezia.
- DUDGEON D. & MORTON B., 1983 - The population dynamics and sexual strategy of *Anodonta woodiana* (Bivalvia: Unionacea) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong. *J. Zool., Land.*, 201: 161-183.
- DURCHON M., 1967 - L'Endocrinologie des Vers et des Mollusques. *Ed. Masson et Cie*, pp. 241.
- ERJAVEC F., 1877 - Die malakogischen Verhältnisse der gefürsteten Grafschaft Görz im österreichischen Küstenlande. Görz: 64-65.
- FÄHRMANN W., 1961 - Licht und elektronenmikroskopische Untersuchungen des Nervensystems von *Unio tumidus* (Philipsson) unter besonderer Berücksichtigung der Neurosekretion. *Z. f. Zellforsch.*, 54: 689-716.
- FOCARELLI R., RENIERI T. & ROSATI T., 1988 - Polarized size of sperm entrance in the egg of a freshwater bivalve, *Unio elongatulus*. *Develop. Biol.*, 127: 443-451.
- FOCARELLI R., ROSA D. & ROSATI F., 1990 - Differentiation of the vitelline coat and the polarized site of sperm entrance in the egg of *Unio elongatulus* (Mollusca, Bivalvia). *J. Exp. Zool.*, 254: 88-96.
- FOCARELLI R. & ROSATI F., 1993 - Vitelline coat of *Unio elongatulus* egg: isolation and biochemical characterization. *Molec. Repr. Dev.*, 35(1): 44-51.
- FONDI R., SCALA C. & CASTAGNOLO L., 1984 - The Genus *Unio* Philipsson 1788, (Mollusca, Bivalvia) in Italy. Biometrical study of six populations, on the basis of their conchological characters. *Boll. Malacol.*, 20: (35-52).
- FULLER S.L.H., 1974 - Clams and mussels (Mollusca: Bivalvia). Pollution ecology of freshwater invertebrates. *Academic Press*: 215-273, New York.
- GARDNER J.A., WOODALL W.R.JR, STAATS A.A. & NAPOLI J.F., 1976 - The invasion of the asiatic clam in the Ahamaha River, Georgia. *Nautilus*, 90: 117-125.
- GOUDREAU S.E., NEVES R.J. & SHEEHAN N.R., 1993 - Effects on wastewater treatment plant effluents on freshwater mollusks in the upper Clinch River, Virginia, U.S.A. *Hydrobiologia*, 252: 211-230.
- GIUSTI F., 1973 - The minute shell structure of the glochidium of some species of the genera *Unio*, *Potomida* and *Anodonta* (Bivalvia, Unionacea). *Malacologia*, 14: 291-301.
- GIUSTI F., CASTAGNOLO L., MORETTI FARINA L. & RENZONI A., 1975 - The reproductive cycle and glochidium of *Anodonta cygnea* L. from Lago Trasimeno (Central Italy). *Monitore Zool. Ital.*, n.s., 9: 99-118.
- HAAS F., 1940 - A tentative classification of palearctic Unionids. *Publ. Field Nat. Hist., Zool. Series*, 24: 115-141, Chicago.
- HARMS W., 1909 - Postembryonale Entwicklungsgeschichte der Unioniden. *Zool. Jb. Anat. Ontog. Tiere*, 28: 325-386.
- HEARD W.H., 1975 - Sexuality and other aspects of reproduction in *Anodonta* (Pelecypoda: Unionidae). *Malacologia*, 15: 81-103.
- HENDELBERG J., 1960 - The fresh-water pearl mussel, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottning*, 41: 149-171.
- INGRAM W.M., 1957 - Use and value of biological indicators of pollution: freshwater clams and snails. Biological problems in water pollution. *R.A. Taft Sanitary Eng. Cr.*: 94-135, Cincinnati, Ohio.
- IVANTZIV V.V. & CHERNOGORENKO M.I., 1984 - [The life-cycle of *Rhipidocotyle illense* (Trematoda, Bucephalidae).] *Vestnik Zoologii*, 1984 (2): 66-69 (in russo).
- LUCAS A. & BENINGER P.G., 1985 - The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. *Aquaculture*, 44: 187-200.
- LUCAS A., CALVO J. & TRANCART M., 1978 - L'effort de reproduction dans la strategie demographique de six Bivalves de l'Atlantique. *Haliotis*, 9 (2): 107-116.
- MACKIE G.L., 1984 - Bivalves. In: The Mollusca. Reproduction. Vol.7. *Ed. Wilbur*: 351-418.
- MATASSI G., FRANCHI M. & COCCIN P., 1990 - La qualità delle acque superficiali della bassa friulana. Mappatura biologica (1988-1989). *USL 8-Bassa Friul., Sett. Ig. Pubbl., Serv. Ambiente*, pp. 139.

- MILDNER P. & TROYER-MIDNER J., 1992 - Zum Bestand der gemeinen Flussmuschel *Unio crassus* Philipsson, 1788 (Mollusca: Bivalvia) in Kärnten. *Carinthia II*: 101-112.
- MODELL H., 1951 - Die Najaden Vorderasiens. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul*, ser. B, 16: 351-366.
- MODELL H., 1964 - Das natürliche System der Najaden. 3. *Arch. Molluskenkunde*, 93: 71-126.
- MORTON J.E., 1960 - Molluscs. An introduction to their form and functions. *Ed. Harper Torchbooks*, pp. 232.
- NAGEL K.-O., BADINO G. & CELEBRANO G., 1997 (in stampa) - Systematic of european Naiades (Bivalvia: Margaritiferidae and Unionidae): a review and some new aspects. *Mal. Rev.*, suppl. 7.
- NARDI P.A., 1972 - Ricerche su un ecosistema ad *Unio* del preappennino pavese. I. Aspetti demografici. II. Aspetti ecologici. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 27(1): 159-174; 27(2): 317-359.
- NEGUS C., 1966 - A quantitative study of growth and production of unionid mussels in the river Thames at Reading. *J. Anim. Ecol.*, 35: 513-532.
- OSTROVSKY I., GOPHEN M. & KALIKHMAN I., 1993 - Distribution, growth, production and ecological significance of the clam *Unio terminalis* in Lake Kinneret, Israel. *Hydrobiologia*, 271(1): 49-63.
- PEKKARINEN M., 1991 - Annual ring formation in some unionacean shells in the River Vantaanjoki (Southern Finland). *Bivalve Studies in Finland*, 1: 10-19.
- PEKKARINEN M., 1993 - Reproduction and condition of Unionid Mussels in the Vantaa River, South Finland. *Archiv für Hydrobiologie*, 127(3): 357-375.
- PFEIFFER C., 1825 - Naturgeschichte deutscher Land- und Süßwasser-Mollusken. *Weimer und Cassel*, 2: 35, t. 8, figg. 5-6.
- PIRONA A., 1865 - Prospetto dei Molluschi terrestri e fluviali finora raccolti in Friuli. *Atti Ist. Veneto di Sc., Lett. ed Arti*, 10(3): 32-33.
- RICKER W.E., 1973 - Linear regression in fishery research. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30: 409-434.
- RICKER W.E., 1975 - Computation and interpretation of biological statistics of Fish. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 191, pp. 389.
- RICKER W.E., 1979 - Fish Physiology. Vol. VIII. Bioenergetics and growth. *Academic Press*: 677-744.
- SALANKI J. & BARANYI I., 1965 - Studies on the relationship between periodic activity and neurosecretion in fresh-water mussel *Anodonta cygnea* L.. *Ann. Biol. Tihany*, 32: 77-82.
- SALEUDDIN A.S.M., 1965 - The gonads and reproductive cycle of *Astarte sulcata* (DA COSTA) and sexuality in *A. elliptica* (BROWN). *Proc. Malacol. Soc.*, 36: 229-257, London.
- SEED R., 1980 - Reproduction and growth in *Anomia ephippium* (L.) (Bivalvia: Anomiidae). In: Strangford Lough, Northern Ireland. *J. Conch.*, 30: 239-245.
- SOKAL R.R. & ROHLF F.J., 1981 - Biometry. *Ed. Freeman W.H. & C.*, pp. 859.
- SPSS, 1988 - SPSS/PC+ for the IBM PC/XT/AT and PS/2.
- STATGRAPHICS, 1989 - Statistical graphics system by Statistical Graphics Corporation. *STSC, Inc.*
- STEIN C.B., 1971 - Naiad life cycles: their significance in the conservation of the fauna. Proceedings of a symposium on rare and endangered mollusks (naiads) of the United States. *U.S. Dep. Interior Fish Wildl. Serv. Bur. Sport Fish Wildl.*: 19-25.
- STROBEL P., 1853 - Delle lumache ed ostriche dell'agro pavese. *Tipografia degli Eredi Bizzoni*: 29-32.
- SYSTAT, 1992 - Systat for Window, version 5.
- TASKINEN J., VALTONEN E.T. & MAKELA T., 1994 - Quantity of sporocysts and seasonality of two rhipidocotyle species (Digenea: Bucephalidae) in *Anodonta piscinalis* (Mollusca: Bivalvia). *Internat. Journal for Parasitology*, 24(6): 877-886.
- TEISSIER G., 1948 - La relation d'allometrie sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4: 14-48.
- VALLI G., 1971 - Ciclo di maturità sessuale in *Mytilus galloprovincialis* Lmk. di Duino (Trieste). *Boll. Pesca Pisc. Idrobiol.*, 26(1,2): 259-265.
- VALLI G., 1995 - Considérations sur deux années d'étude de la reproduction et de la biométrie chez *Proteopecten glaber* (L.) du Golfe de Trieste. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 34: 47.

- VALLI G. & GIGLIO I., 1980 - Periodo riproduttivo ed alcuni aspetti della biometria di *Ensis minor* (CHENU) nel Golfo di Trieste. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, 2(5): 285-306.
- VALLI G. & PAROVEL C., 1981 - Aspects de la reproduction et de la biometrie chez *Arca noae* L. (Mollusca, Bivalvia). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 27(2): 135-136.
- VALLI G. & VERONICO E., 1992 - Cycle reproductif et aspects de la biométrie chez *Laevicardium oblongum* (CHEMNIZ) du Golfe de Trieste. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 33: 356.
- VALLI G., BIDOLI E. & MARUSSI C., 1984 - Osservazioni preliminari sulla riproduzione e sulla biometria di *Callista chione* (L.) (Mollusca, Bivalvia) del Golfo di Trieste. *Nova Thalassia*, 6: 97-103, 1983-84.
- VALLI G., CERINO A. & NODARI P., 1990 - Aspects de la reproduction chez *Acanthocardia aculeata* (L.) (Mollusca, Bivalvia) du Golfe de Trieste. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 32, 1.
- VALLI G., CERNECA F. & FERRANTINELLI N., 1975 - Caratteristiche dell'accrescimento e del periodo riproduttivo in un allevamento sperimentale di *Mytilus galloprovincialis* Lmk. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiologia*, 30(2): 299-310.
- VALLI G., MARSICH N. & MARSICH M., 1994 - Riproduzione, biometria e contenuto di metalli pesanti in *Callista chione* del Golfo di Trieste nel corso di un ciclo annuale. *Boll. Soc. Adriatica Scienze*, 75(2): 441-464.
- VALLI G., NODARI P. & CASTENETTO D., 1988 - Reproduction, biometrie et indices de condition chez *Venus verrucosa* L. (Mollusca, Bivalvia) du Golfe de Trieste. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 1(2): 15.
- VALLI G., NODARI P. & ZECCHINI-PINESICH G., 1981/82 - Osservazioni statistiche sulla pesca di *Camelea gallina* (L.) e di altri Mollusca Bivalvia e Gastropoda nel Golfo di Trieste. *Nova Thalassia*, 5(1981/82): 75-96.
- VALLI G., MANSOTTI L., CERESI R. & NODARI P., 1985 - Considerazioni sul ciclo riproduttivo e sulla biometria di *Ensis minor* (CHENU) (Mollusca, Bivalvia) del Golfo di Trieste (Alto Adriatico) dopo un triennio di studio. *Nova Thalassia*, 7: 5-38.
- VAN DER SCHALIE H., 1938 - Contributing factors in the depletion of naiades in Eastern United States. *Basteria*, 3: 51-57.
- VON GALLENSTEIN R., 1894 - Studien aus der Najadenfauna des Isonzogebietes. *Jahresbericht der Staatlichen Oberrealschule in Görz*: 1-25.
- ZHADIN V.T., 1952 - Mollusks of fresh and brackish waters of U.S.S.R. *Ed. Pavlovskii E.N.*, pp. 368.
- ZHADIN V.T., 1965 - Mollusks of fresh and brackish waters of the USSR. *Israel Program for Scientific Translations*, Jerusalem, pp. 368.
- ZILCH A., 1967 - Die Typen und Typoiden des Natur Museums Senckenberg, 39: Mollusca Unionacea. *Arch. Moll.*, 97: 45-153.

Indirizzi degli Autori - Authors' addresses:

- Giorgio VALLI
 - Monica FANTINI
 - Erica RANCATI
- Dipartimento di Biologia
dell'Università degli Studi
Via E. Weiss, Pal. Q, n.2, I-34127 TRIESTE
- Maria Manuela GIOVANNELLI
- Museo Friulano di Storia Naturale
Via Grazzano 1, I-33100 UDINE