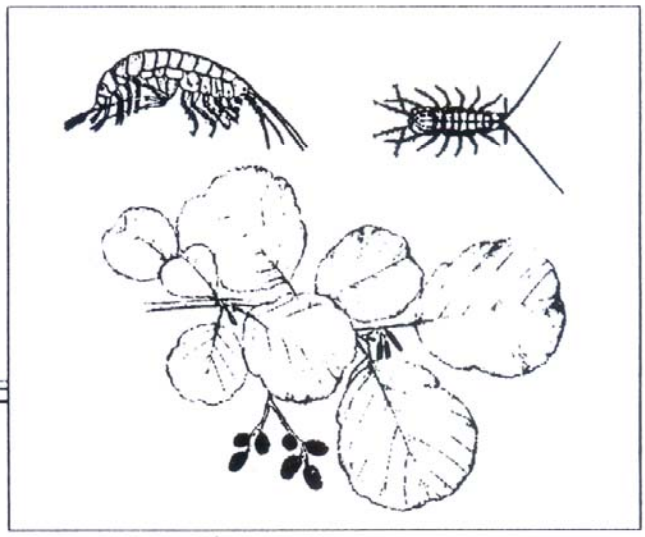
# ECOLOGIA FLUVIALE



# INDAGINE SULLA CAPACITÀ DEMOLITIVA DELLA SOSTANZA ORGANICA DEL FIUME ADIGE ATTRAVERSO L'USO DI LEAFPACK

**Maurizio Siligardi[1], Maria Cadonna[2], Francesca Ciutti[1]**

**Introduzione**

Il fiume Adige raccoglie le acque di gran parte del Trentino: tramite il fiume Noce quelle provenienti dalle valli di Sole e Non e, tramite il fiume Avisio, quelle delle valli di Fassa, Fiemme e Cembra; inoltre accetta la quasi totalità delle acque dell'Alto Adige. Le acque del tratto trentino di fiume –oltre al carico organico proveniente da zone con rilevante peso antropico come Merano, Bolzano e gli agglomerati della Valdadige atesina– sono soggette a loro volta alle pressioni degli insediamenti umani, sia residenziali che produttivi, della Valdadige trentina.

L'inquinamento da scarichi fognari ha impegnato notevolmente l'amministrazione provinciale nello sforzo di realizzazione di impianti di depurazione disseminati su tutto il territorio provinciale, che raccolgono circa l'80% dei reflui del trentino. Tali impianti sono stati realizzati, nell'ottica di una visione ingegneristica del problema, sempre vicino a qualche corso d'acqua. A Trento sono in funzione da parecchi anni due impianti, a nord e a sud della città, che –dopo gli ultimi collettamenti anche delle frazioni più lontane– risultano sottodimensionati e perciò non più in grado di garantire una efficiente depurazione. Per tale motivo è in fase di progettazione un terzo impianto di depurazione della potenzialità di 300.000 abitanti equivalenti che dovrebbe soddisfare le esigenze anche a livello comprensoriale.

La collocazione del nuovo impianto, data la esigua disponibilità di territorio in fondovalle, è comunque prevista vicino al fiume Adige in un punto tra Trento e Rovereto; tuttavia è stato possibile conciliare le esigenze di spesa e di progettazione con l'ipotesi di recapitare i reflui depurati in punti anche lontani dal sito di ubicazione, dove le caratteristiche del fiume fossero state giudicate più idonee ad accettarli.

È stato quindi avviato uno studio multidisciplinare sul tratto di fiume di circa 25 km tra Trento e Rovereto, con l'obiettivo di individuare il sito più idoneo dove

[1] Istituto Agrario di S.Michele - S.Michele a/Adige - TN
[2] Servizio Opere Igienico Sanitarie - Prov. Aut. di Trento

ubicare lo scarico del futuro depuratore.

In questo articolo viene descritta solo la parte riguardante la valutazione della capacità demolitiva della sostanza organica del corso d'acqua, utilizzando un'indagine biologica che prevede l'uso di "Leaf-pack" (LP), ovvero pacchetti di foglie posti a dimora nell'acqua per sottoporli all'azione di decomposizione biologica.

In sede di progettazione del lavoro sono stati individuati 5 punti d'indagine, pressoché equidistanti, che rispondono a caratteristiche di rappresentatività per ogni subtratto di fiume. Essi sono:

punto 1: presso il ponte di San Lorenzo a Trento
punto 2: presso il ponte di Mattarello a sud di Trento
punto 3: presso il ponte di Besenello, a 15 km da Trento
punto 4: presso il ponte di Villalagarina, alle porte di Rovereto
punto 5: presso il ponte di Borgo Sacco, nei pressi di Rovereto

La localizzazione vicino ai ponti è stata dettata anche dalla comodità di accesso e i punti sono stati scelti discretamente lontani da essi per le suddette ragioni di rappresentatività.

**Materiali e metodi**

Lo studio è stato avviato ai primi di agosto 1993 e si è protratto per 35 giorni con campionamenti settimanali dei LP posizionati nei cinque punti prescelti.

Per formare i LP sono state utilizzate foglie di ontano nero (*Alnus glutinosa*) soprattutto per due motivi: risulta essere dominante nella copertura ripariа pioniera del fiume Adige ed inoltre è un'essenza di tipo "fast" cioè a demolizione veloce (Petersen e Cummins, 1974). Le foglie sono state raccolte dalle piante poco prima della caduta e disidratate completamente in ambiente secco.

Per l'indagine sono state selezionate foglie secche integre con le quali sono stati composti 125 gruppi del peso di 5.0 ± 0.1 grammi i quali, successivamente, sono stati posti ad ammorbidire per 30 minuti in acqua di fiume prelevata in ognuno dei cinque punti d'indagine. Le foglie ammorbidite di ogni gruppo sono state riunite una sopra l'altra ponendo a contatto le pagine superiori con le pagine superiori e le inferiori con le inferiori di ogni coppia di foglie.

I pacchetti sono stati poi fissati su una corda con punti in plastica alla distanza di 50 cm circa uno dall'altro e questa è stata posizionata in acqua ancorandola a solidi picchetti di ferro conficcati in alveo.

In ogni punto d'indagine, per sopperire ad eventuali danneggiamenti casuali, sono state posizionate 4 corde con 5 pacchetti di foglie per ogni corda, per un totale i 20 pacchetti per punto. Complessivamente sono stati posizionati 100 pacchetti, mentre i rimanenti 25 pacchetti sono serviti per il calcolo del dilavamento delle sostanze solubili (leaching): questi ultimi sono stati lasciati ad ammorbidire in laboratorio per 24-48 ore, dopodiché le foglie sono state seccate in forno a 50 °C e pesate.

Ogni settimana in ogni punto sono stati prelevati 4 LP, uno per corda, mediante recisione del fermo di plastica, raccogliendo il tutto in un retino a maglie strette; nello stesso momento è stata rilevata la temperatura dell'acqua. In laboratorio si è proceduto al lavaggio delle foglie ed alla raccolta e fissaggio dei macroinvertebrati tra esse contenuti; le foglie pulite sono state successivamente poste in forno a 50 °C e poi pesate, mentre gli individui macrobenthonici sono stati separati, classificati al microscopio e poi posti in forno a 60 °C, onde evitare la volatilizzazione dei lipidi, per il calcolo del peso secco (PS).

Poiché la temperatura può influenzare i processi di demolizione batterica, i valori della temperatura dell'acqua sono stati rilevati al momento del campionamento e trasformati in gradi-giorno, moltiplicando la temperatura rilevata per i giorni trascorsi.

I dati ponderali delle foglie sono stati elaborati come indicato da Petersen e Cummins (1974) esprimendo la demolizione attraverso una relazione esponenziale: il peso misurato al tempo t è funzione del peso iniziale, del tempo e di un fattore K di demolizione, cioè:

$$W_t = W_0 \cdot e^{-Kt}$$

dove:

$W_0$ = peso iniziale in grammi
$W_t$ = peso al tempo t
t = tempo in giorni
K = costante di demolizione.

Dalla relazione precedente si ricava il valore di K:

$$K = - t^{-1} \cdot \ln (W_t/W_0)$$

ed il valore della perdita giornaliera di sostanza organica in percentuale:

$$\text{perdita } \% = (1 - e^{-K}) \cdot 100$$

I dati ottenuti sono stati trattati statisticamente utilizzando i metodi classici di analisi univariata (ANOVA) e di correlazione lineare, considerando il limite di significatività p= 0.05.

**Risultati**

Le temperature medie del fiume Adige si sono mantenute costanti durante tutto il periodo dell'indagine con 16 °C medi in ogni data di prelievo: di conseguenza, anche la trasformazione in gradi-giorno risulta essere progressivamente costante giustificando la scelta di fare i prelievi con scansione settimanale anziché come previsto in letteratura dopo 150, 300, 450 °C-giorno (GAZZERA, 1990).

Osservando la tabella 1, riportante i pesi medi dei singoli leafpack, si nota che la perdita dovuta al leaching (prime 48 ore) varia mediamente dai 0.97 g del punto 3 ai 0.87 g del punto 1 rispetto al peso iniziale di 5.0 g.

La demolizione prosegue con una certa regolarità in tutti i punti, mostrando una maggiore efficacia nei punti 1 e 2 dove il residuo di foglie dopo 28 giorni è inferiore al grammo. Vengono a mancare i dati riferiti ai 35 giorni per quasi tutti i punti, escluso il punto 3, in quanto le corde che supportavano i leafpack risultavano prive di ogni residuo fogliare, lasciando presumere che la demolizione fosse stata totale o che il minimo residuo rimasto fosse stato asportato dalla azione meccanica dell'acqua.

La tabella 2 riporta le stesse informazioni precedenti ma in forma percentuale rispetto al peso secco iniziale di foglie. Si osserva infatti che il dilavamento incide per il 18.1 % medio sui cinque punti, cioé dopo 48 ore è stato registrato un residuo di foglie pari al 81.9 % medio; questo risultato appare concorde con quanto già osservato in altri lavori (PETERSEN e CUMMINS, 1974).

Successivamente la demolizione procede fino all'esaurimento quasi completo della sostanza organica fogliare con residui minimi, dopo 28 giorni, che variano dal 15.4 % nel punto 2 al 30.8 % nel punto 4, con una media sui cinque punti pari al 22.9 %. La tabella riporta anche l'unico dato riferito ai 35 giorni, che è pari all'11.2 % rispetto al peso iniziale.

Dai dati ponderali dei LP si sono ricavati i valori dei tassi K di demolizione e della perdita percentuale giornaliera applicando le relazioni matematiche esposte nella metodologia.

La tabella 3 illustra i valori di K per ogni punto d'indagine nei diversi momenti di prelievo, ottenuti non considerando il dilavamento, ponendo cioè i dati di post leaching come valore $W_0$ di riferimento. Tale

**Tab. 1** - Valori in grammi dei residui di foglie nei cinque punti d'indagine. Sono riportati anche i giorni di permanenza nell'acqua dei leafpacks e i valori dei gradi-giorno in funzione della temperatura dell'acqua (16 °C costanti).

| giorni | °C-giorno | punto 1 | punto 2 | punto 3 | punto 4 | punto 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 32 | 4.13 | 4.11 | 4.03 | 4.10 | 4.11 |
| 7 | 112 | 3.92 | 3.70 | 3.57 | 3.68 | 3.60 |
| 14 | 224 | 2.30 | 2.76 | 2.13 | 2.72 | 1.82 |
| 21 | 336 | 1.53 | 1.46 | 1.54 | 1.88 | 1.37 |
| 28 | 448 | 0.83 | 0.77 | 1.18 | 1.54 | 1.41 |
| 35 | 560 | | | 0.56 | | |

**Tab. 2** - Valori percentuali dei residui fogliari nei cinque punti di indagine riferiti ai 5 grammi iniziali.

| giorni | °C-giorno | punto 1 | punto 2 | punto 3 | punto 4 | punto 5 | media | dev.st. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 32 | 82.6 | 82.2 | 80.6 | 82.0 | 82.2 | 81.9 | 0.77 |
| 7 | 112 | 78.4 | 74.0 | 71.4 | 73.6 | 72.0 | 73.9 | 2.75 |
| 14 | 224 | 46.0 | 55.2 | 42.6 | 54.4 | 36.4 | 46.9 | 7.98 |
| 21 | 336 | 30.6 | 29.2 | 30.8 | 37.6 | 27.4 | 31.1 | 3.87 |
| 28 | 448 | 16.6 | 15.4 | 23.6 | 30.8 | 28.2 | 22.9 | 6.84 |
| 35 | 560 | | | 11.2 | | | | |

assunto trova giustificazione nel fatto che le sostanze solubili dilavate entrano nell'ecosistema acquatico come sostanza organica disciolta (DOM), perciò vengono trasportate e metabolizzate lontano dal punto d'indagine. Mettendo a confronto tra loro i dati riferiti ai vari punti, si osserva che il sito con il coefficiente di demolizione più alto a fine periodo di osservazione è il punto 2 con K=0.0598 $d^{-1}$, mentre il punto 4 mostra il coefficiente minore con K=0.0350 $d^{-1}$.

La successiva tabella (tab. 4) illustra le perdite percentuali giornaliere ricavate dai coefficienti K: si nota chiaramente che, in tutte le stazioni d'indagine, il tasso di demolizione è piuttosto scadente nella prima settimana e va aumentando nelle settimane successive.

I risultati esposti nella tabella 5 indicano le presenze macrobenthoniche medie raggruppate in base alla loro modalità nutrizionale. L'analisi dei dati mostra che il processo di colonizzazione nella prima settimana, in tutte le stazioni d'indagine, è operato essenzialmente dai trituratori come Gammaridi, Asellidi ed *Ephemerella* spp., con presenze minori di raccoglitori, *Baëtis* spp. e Chironomidi, e di altri individui con ruoli alimentari diversi.

Successivamente, nella seconda settimana, si osserva un leggero accentuarsi dei trituratori in tutti i punti, che raggiungono o superano il 90% delle presenze, eccetto per il punto 4 dove i raccoglitori, nel caso specifico i Chironomidi, dominano col 67% le presenze benthoniche.

Alla fine della terza settimana, i primi tre punti mostrano modeste variazioni percentuali rispetto alle due settimane precedenti, mentre si osserva un ritorno della dominanza dei trituratori nel punto 4 ed un notevole incremento dei raccoglitori (45%) nel punto 5.

Al termine della quarta settimana la presenza dei tagliuzzatori appare sensibilmente ridotta in tutti i punti, a vantaggio dei raccoglitori; questo può essere messo in relazione con la diminuita quantità di materiale vegetale ed alla presenza di colonie batteriche che hanno colonizzato il residuo fogliare.

Oltre alla analisi qualitativa e di presenza numerica, si è proceduto alla misura del peso secco del materiale macrobenthonico raccolto: la tabella 6 riporta tali valori del PS per ogni punto per le quattro settimane di indagine.

Come prevedibile, la biomassa presenta un calo nell'ultima settimana, a conferma dei dati numerici espressi nella tabella 5. Tuttavia non tutti i siti si comportano analogamente: nei siti numero 3 e 4 il massimo della biomassa macrobenthonica si osserva alla fine della prima settimana e nei siti 1, 2 e 5 alla fine della seconda settimana; anche i valori medi di

**Tab. 3** - Valori del coefficiente di demolizione K, espressi in $d^{-1}$. $[K = - t^{-1} \cdot \ln (W_t/W_0)]$

| giorni | °C-giorno | punto 1 | punto 2 | punto 3 | punto 4 | punto 5 | media | dev.st. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 112 | 0.0075 | 0.0150 | 0.0173 | 0.0154 | 0.0189 | 0.0148 | 0.0044 |
| 14 | 224 | 0.0418 | 0.0284 | 0.0455 | 0.0293 | 0.0582 | 0.0407 | 0.0124 |
| 21 | 336 | 0.0473 | 0.0493 | 0.0458 | 0.0371 | 0.0523 | 0.0464 | 0.0057 |
| 28 | 448 | 0.0573 | 0.0598 | 0.0439 | 0.0350 | 0.0382 | 0.0468 | 0.0112 |
| 35 | 560 | | | 0.0564 | | | | |

**Tab. 4** - Valori della perdita percentuale giornaliera ricavati dai valori del coefficiente di demolizione K in $d^{-1}$. [perdita % = $(1-e^{-K}) \cdot 100$]

| giorni | °C-giorno | punto 1 | punto 2 | punto 3 | punto 4 | punto 5 | media | dev.st. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 112 | 0.74 | 1.49 | 1.72 | 1.53 | 1.87 | 1.47 | 0.44 |
| 14 | 224 | 4.09 | 2.80 | 4.45 | 2.89 | 5.65 | 3.98 | 1.18 |
| 21 | 336 | 4.62 | 4.81 | 4.48 | 3.64 | 5.10 | 4.53 | 0.55 |
| 28 | 448 | 5.57 | 5.81 | 4.29 | 3.44 | 3.75 | 4.57 | 1.07 |
| 35 | 560 | | | 5.53 | | | | |

ogni settimana presentano il massimo dopo 14 giorni, con 219.4 mg. Le medie dei valori di ogni singolo punto, calcolate nell'arco delle quattro settimane, mostrano il massimo nel punto 2 con 293.4 mg medi, contro un minimo nel punto 4 con 62.3 mg medi.

Al fine di ottenere maggiori informazioni sono state messe in relazione la densità numerica degli individui e la loro biomassa rapportandole alla percentuale di foglie residue, ottenendo i valori contenuti nelle tabelle 7 e 8.

Sebbene tra i diversi punti emergano sensibili differenze di densità di individui per grammo di residuo fogliare, all'analisi della varianza tali differenze non risultano statisticamente significative.

Analogamente le differenze tra i dati della tabella 8 non appaiono significative; tuttavia è comunque interessante far notare che, pur senza il conforto della statistica, il sito numero 2 sembra favorire più di altri il processo di colonizzazione, mostrando la biomassa media più elevata (141.7 mg/g LP), contro il valore minimo di 21.4 mg/g LP del punto 4.

## Discussione

La valutazione del processo di demolizione delle foglie di ontano nero si è basata sulla misura della perdita di peso dei leafpack, posti a dimora nelle acque del fiume, nell'arco di quattro o più settimane; tuttavia è necessario, prima di avviare la discussione dei dati, esprimere qualche riserva sulla sensibilità del dato quando il residuo è minimo.

I pacchetti di foglie, fissati sulle corde con punti in plastica come descritto nella metodologia, producono la loro efficacia soprattutto quando le foglie sono sostanzialmente intere; man mano che la demolizione procede, si ha una perdita di particelle piccole di foglie, che vengono asportate dalla corrente dell'ac-

**Tab. 5** - Media di individui macrobentonici per pacchetto di foglie. I dati sono riferiti ai 5 punti di prelievo ed ai 4 tempi di prelievo diversi.

| Gradi-giorno | 112 | | | | | 224 | | | | | 336 | | | | | 448 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stazioni | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Filtratori | 0,3 | | | | | | 0,3 | | | 7,0 | 0,7 | | | | | 1,3 | 0,3 | | 1,0 | |
| Predatori | 1,8 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,8 | 1,0 | 0,3 | | 2,0 | 1,0 | 1,7 | 2,0 | 1,5 | 1,3 | 0,8 | 1,8 | 0,5 | 1,0 | 4,0 | 0,8 |
| Raccoglitori | 1,8 | 1,7 | 0,8 | 12,3 | 15,5 | 11,1 | 5,0 | | 16,0 | 9,0 | 14,3 | 5,5 | 5,5 | 26,0 | 7,8 | 18,5 | 13,3 | 5,5 | 14,8 | 6,5 |
| Raschiatori | 0,8 | 0,8 | 5,3 | 0,5 | | 1,7 | 0,5 | 4,0 | 1,0 | | 0,3 | 1,5 | 11,2 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 1,5 | 10,8 | 1,5 | |
| Trituratori | 74,0 | 64,5 | 73,3 | 109,7 | 75,8 | 246,3 | 80,5 | 251,0 | 5,0 | 132,0 | 110,7 | 133,7 | 376,7 | 115,8 | 13,5 | 28,5 | 28,0 | 24,0 | 71,3 | 13,8 |
| Tot. org. | 78,7 | 67,2 | 79,5 | 122,8 | 92,1 | 260,1 | 86,6 | 255,0 | 24,0 | 149,0 | 127,7 | 142,7 | 394,9 | 143,6 | 22,4 | 50,4 | 43,6 | 41,3 | 92,6 | 21,1 |

Elenco dei taxa macrobentonici rinvenuti nei pacchetti di foglie con relativo ruolo trofico:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Filtratori: | Hydropsychidae | Raccoglitori: | *Baëtis* | Trituratori: | *Leuctra* |
| Predatori: | *Dina* | | Chironomidae | | Limnephilidae |
| | *Glossiphonia* | | Tubificidae | | *Ephemerella* |
| | Gordiacei | Raschiatori: | *Lymnaea* | | Elminthidae |
| | | | | | Asellidae |
| | | | | | Gammaridae |

**Tab. 6** - Valori del peso secco della biomassa macrobenthonica rinvenuta sui leafpack, espressa in mg.

| giorni | °C-giorno | punto 1 | punto 2 | punto 3 | punto 4 | punto 5 | media | dev.st. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 112 | 87.1 | 239.0 | 195.0 | 153.3 | 170.5 | 169.0 | 56.0 |
| 14 | 224 | 288.6 | 504.9 | 45.6 | 53.3 | 204.5 | 219.4 | 189.9 |
| 21 | 336 | 100.7 | 389.1 | 122.0 | 27.7 | 156.7 | 159.2 | 136.9 |
| 28 | 448 | 38.7 | 40.6 | 57.9 | 14.9 | 35.0 | 37.4 | 15.4 |
| 35 | 560 | | | | | | | |
| | media | 128.8 | 293.4 | 105.1 | 62.3 | 141.7 | | |
| | dev st | 109.8 | 200.6 | 68.6 | 62.7 | 73.9 | | |

**Tab. 7** - Espressione delle densità numeriche di individui macrobenthonici per grammo di residuo fogliare.

| giorni | °C-giorno | punto 1 | punto 2 | punto 3 | punto 4 | punto 5 | media | dev.st. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 112 | 20.1 | 18.2 | 22.3 | 33.6 | 25.6 | 23.9 | 6.0 |
| 14 | 224 | 113.2 | 31.3 | 119.7 | 8.8 | 81.9 | 71.0 | 49.3 |
| 21 | 336 | 83.5 | 97.7 | 256.5 | 76.3 | 16.3 | 106.1 | 89.7 |
| 28 | 448 | 60.7 | 56.5 | 35.0 | 60.1 | 14.9 | 45.4 | 20.1 |
| 35 | 560 | | | | | | | |
| | media | 69.4 | 50.9 | 108.4 | 44.7 | 34.6 | | |
| | dev st | 39.3 | 35.0 | 107.8 | 29.7 | 31.8 | | |

**Tab. 8** - Valori in mg di biomasssa macrobenthonica per grammo di residuo fogliare.

| giorni | °C-giorno | punto 1 | punto 2 | punto 3 | punto 4 | punto 5 | media | dev.st. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 112 | 22.2 | 64.6 | 54.6 | 41.7 | 47.4 | 46.1 | 15.9 |
| 14 | 224 | 125.5 | 182.9 | 21.4 | 19.6 | 112.4 | 92.4 | 70.8 |
| 21 | 336 | 65.8 | 266.5 | 79.2 | 14.7 | 114.4 | 108.1 | 95.5 |
| 28 | 448 | 46.6 | 52.7 | 49.1 | 9.7 | 24.8 | 36.6 | 18.6 |
| 35 | 560 | | | | | | | |
| | media | 65.0 | 141.7 | 51.1 | 21.4 | 74.7 | | |
| | dev st | 44.1 | 101.9 | 23.7 | 14.1 | 45.6 | | |

qua, rendendo la parte fogliare fissata alla corda sempre più esigua fino al punto da non poter opporre resistenza alla forza dell'acqua; è quindi probabile che le ultime particelle, circa il 10% del peso iniziale, siano asportate dalla corrente e non demolite biologicamente in sito. Alcuni autori riportano che la demolizione è un processo dominato solo da fattori biotici (REICE, 1977), infatti ciò è giusto se si ragiona pensando ad un livello più alto di organizzazione ecosistemica, considerando tutto il corso d'acqua secondo il concetto del "river continuum", mentre non regge se si va ad analizzare il processo di demolizione di una determinata quantità di sostanza organica posta nell'acqua, come i leafpack, in un ambito discreto di fiume, senza tenere conto dell'attività abrasiva della corrente.

I dati dei residui vegetali percentuali mostrano un andamento demolitivo molto simile da punto a punto. Una verifica statistica mostra che esiste una forte correlazione tra i diversi punti con una alta significatività, con $p < 0.01$ per nove correlazioni su dieci, mentre una (tra i punti 2 e 5) è risultata significativa per $p < 0.03$, come illustrato nella seguente tabella dei coefficienti di correlazione.

| punti | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| punti | | | | | |
| 1 | -- | 0.984 | 0.992 | 0.993 | 0.962 |
| 2 | | -- | 0.969 | 0.991 | 0.919 |
| 3 | | | -- | 0.992 | 0.987 |
| 4 | | | | -- | 0.962 |
| 5 | | | | | -- |

per $p<0.01$ $r=0.959$; per $p<0.03$ $r=0.896$; GL=3

Nella figura 1 è riportato l'andamento della relazione tra i °C-giorno e i residui fogliari percentuali nelle 5 stazioni: è possibile notare che, al termine della 4ª settimana, i punti 1 e 2 offrono una efficiente demolizione mentre i punti 4 e 5 risultano i meno efficienti.

Tracciando una retta parallela all'asse x in corrispondenza della demolizione del 50% della materia fogliare, è possibile individuare i gradi-giorno necessari per tale processo. Essi corrispondono a 209 °C-giorno per il punto 1, a 249 °C-giorno per il punto 2, a 193 °C-giorno per il punto 3, a 255 °C-giorno per il punto 4 e a 181 °C-giorno per il punto 5. Il 50% di

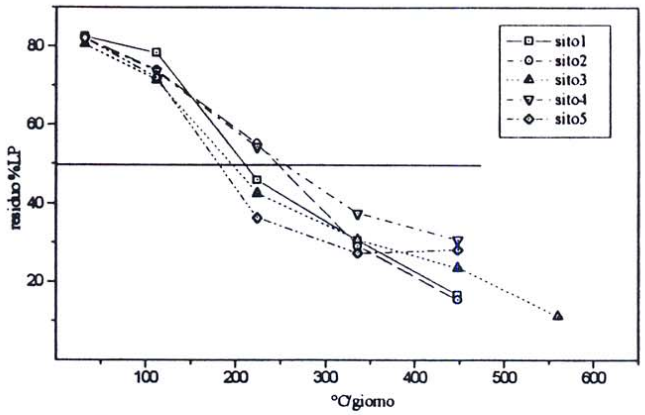



**Fig. 1** - Demolizione percentuale dei Leafpack in relazione ai °C-giorno.

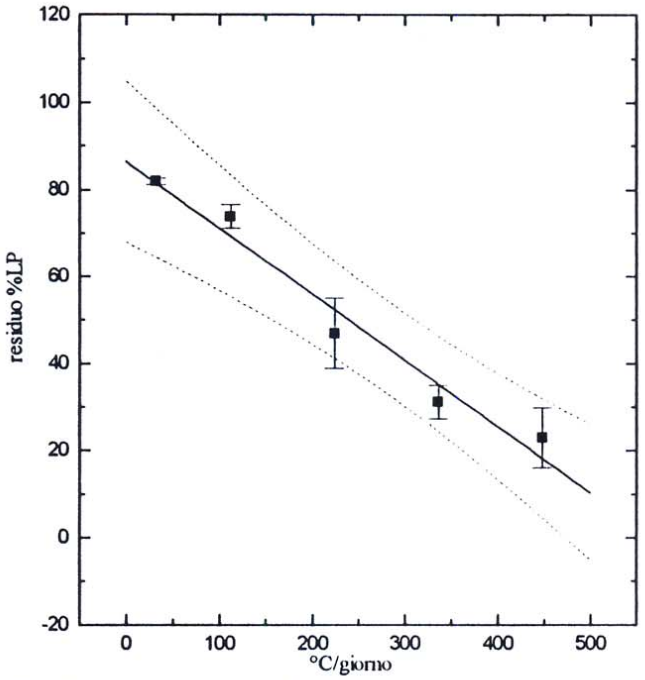



**Fig. 2** - Relazione tra °C-giorno e residui percentuali di LP. Sono evidenziate le deviazioni standard, i limiti di confidenza (0.95) e la retta di regressione (y= 86.4 - 0.15 x).

demolizione viene quindi raggiunto prima nel punto 5 (181 °C-giorno) e poi nei punti 3, 1, 2 e 4; in seguito, tuttavia, la velocità di demolizione subisce un rallentamento nei punti 4 e 5 e una accelerazione nei punti 1 e 2.

Nella figura 2 è riportata la relazione grafica ed algebrica fra °C-giorno e i residui fogliari percentuali medi. Si nota che esiste una discreta aderenza dei punti alla retta di regressione, dalla quale si può ricavare che al fiume Adige sono necessari 242 °C-giorno per la demolizione del 50% dei LP. La differenza tra quest'ultimo valore e quello medio ricavato dalla figura precedente è da imputare alla variabilità dei dati del punto 3 e 5 che si discostano sensibilmente dalla retta di regressione.

L'analisi della varianza è stata applicata per determinare se le differenze tra la medie dei valori di K fossero statisticamente significative.

I risultati hanno evidenziato che i dati espressi in tabella non presentano significative differenze a livello di $p< 0.05$, perciò non può essere rigettata l'ipotesi che i valori di K appartengano alla stessa popolazione statistica. Ovviamente, analogo discorso vale per la perdite percentuali giornaliere, le quali derivano matematicamente dai valori di K.

Invece l'analisi della varianza effettuata sul confronto dei valori di K settimanali dei cinque punti ha mostrato che esiste una differenza significativa molto elevata ($p< 0.002$) tra le medie dei dati della prima settimana rispetto ai dati delle altre tre settimane; non esiste viceversa significatività statisticamente apprezzabile tra le medie della seconda, terza e quarta settimana.

Tale comportamento è da mettere in relazione con il modello di demolizione che prevede, dopo un primo dilavamento delle sostanze solubili, l'aggressione da parte della componente microbica, soprattutto funghi ifomiceti che colonizzano per primi le foglie (Barlocher & Kendrick, 1974; Suberkrop & Klug, 1976), e da parte dei macroinvertebrati (Heynes, 1963; Minshall, 1967; Triska, 1970; Winterbourn, 1978). La componente fungina è in grado di degradare le macromolecole vegetali mediante enzimi specifici (pectinasi e cellulasi) rendendo le foglie più morbide e cariche di azoto e ATP: questa azione, indicata con il termine "conditioning" (Cummins, 1973; Grafius and Anderson, 1979), rende le foglie aggredibili dai batteri (Suberkropp and Klug, 1974; 1976; 1980) e dai macroinvertebrati che completano il processo di demolizione della materia grossolana (CPOM) in materia fine (FPOM).

Come ricordato, la colonizzazione da parte della frazione macrobenthonica dei pacchetti di foglie avviene dopo che il materiale vegetale ha subito il processo di *conditioning* operato dai funghi e dai batteri. Questa sembra essere una condizione quasi indispen-

sabile e non è un caso che la frazione di macroinvertebrati percentualmente più presente sui leafpack sia quella dei tagliuzzatori (shredders).

Statisticamente, mediante l'analisi della varianza, è stato osservato che esiste una differenza significativa tra le medie dei valori delle presenze percentuali di shredders della prima settimana e dell'ultima ($p<0.001$), mentre non esistono differenze significative, per $p<0.05$, tra i dati di tutte le altre combinazioni.

Mettendo in relazione i dati dei contenuti fogliari residui della tab. 1 con le presenze di tagliuzzatori non si notano correlazioni significative, fatto peraltro già riportato da altri autori (Petersen and Cummins, 1974); il contenuto vegetale dei leafpacks perciò subisce una graduale diminuzione in funzione dei giorni di permanenza in acqua, mentre la percentuale di individui sminuzzatori rimane pressoché costante fino alla terza settimana e cala solo dopo 28 giorni, alla fine della quarta settimana.

L'applicazione di una analisi ANOVA sui dati della tabella 5 evidenzia che non ci sono differenze significative ($p<0.05$) tra i dati dei vari punti, soprattutto per effetto di alti valori dello scarto quadratico medio, a conferma che le differenze della distribuzione della biomassa macrobenthonica nei 5 punti è dovuta al caso.

L'alveo e le rive dell'Adige nel tratto studiato, tra Trento e Rovereto, hanno una conformazione non naturale, essendo il fiume stato regolarizzato eliminando i meandri e conformando gli argini senza casse di espansione e con una sezione trapezoidale. Il lavoro è stato eseguito alla fine del secolo scorso sotto l'amministrazione austro-ungarica, e la vita nel fiume ha avuto modo di adeguarsi alla nuova situazione cercando il migliore equilibrio possibile. Tuttavia oggi, sebbene siano stati rinvenuti individui pregiati come *Dinocras*, il fiume presenta una III classe di qualità lungo tutto il tratto considerato; ciò è dovuto, oltre che alle vecchie manomissioni, anche all'attuale politica di regolazione delle portate, influenzate dall'utilizzo degli impianti delle numerose dighe presenti nel bacino secondo le necessità di punta di energia elettrica. Questo fatto risulta essere ancor più dannoso della artificializzazione in quanto produce brusche variazioni della portata istantanea, variazioni settimanali in concomitanza dei week-end e durante il periodo di ferie agostano quando l'attività industriale nazionale si ferma.

In questa situazione i pacchetti di foglie, posti a meno di un metro dalla riva per ragioni di sicurezza data la profondità e velocità della corrente, hanno spesso rischiato di essere esposti all'aria e per questo motivo alcuni sono stati eliminati durante l'indagine. Inoltre gli incrementi di portata hanno favorito un maggior trasporto solido con conseguente processo di abrasione sui leafpack, mentre le diminuzioni di portata hanno indotto il deposito del materiale fine in sospensione, producendo una copertura dei pacchetti che certo non ne ha esaltato il processo di colonizzazione, sia microbico che macrobenthonico.

È probabile che in condizioni di scarsità di cibo grossolano (CPOM), come succede per l'Adige per la ridotta presenza di vegetazione riparia, i leafpack abbiano rappresentato una riserva di alimento e perciò siano stati velocemente colonizzati da individui macrobenthonici. In letteratura vi sono alcuni lavori che riportano interpretazioni simili a questa (Meyer and Johnson, 1983; Benfield and Webster, 1985).

Inoltre bisogna ricordare che la scarsità di materiale grossolano è determinata anche dalla scarsità di strutture di ritenzione, in grado di catturare e trattenere le foglie che possono giungere al fiume dai tributari laterali.

## Conclusioni

Il lavoro si poneva due obiettivi: a) evidenziare la definizione della capacità demolitiva di sostanza organica del fiume Adige; b) evidenziare eventuali differenze delle suddette capacità tra diversi siti di un tratto di fiume lungo circa 25 Km.

Il tasso di demolizione del tratto di Adige dopo 4 settimane è risultato compreso tra $K= 0.0350\ d^{-1}$ e $K= 0.0598\ d^{-1}$, valori che denotano una notevole velocità di demolizione, pari a un perdita giornaliera dal 3.44 % (punto 4) al 5.81% (punto 2), sicuramente molto più veloce di quanto riportato da Triska, il quale, per foglie di *Alnus glutinosa*, aveva misurato un coefficiente $K= 0.0075\ d^{-1}$ pari ad una perdita giornaliera dello 0.75% (Triska in Petersen and Cummins, 1974).

Per quanto riguarda i diversi siti, sia i dati della velocità di demolizione che del processo di colonizzazione macrobentonica non evidenziano differenze statisticamente significative; è possibile che, data la variabilità espressa dai risultati, si renda necessario un

numero di campioni più elevato di quello utilizzato nel presente studio.

Questi dati mettono in luce che la demolizione delle foglie nell'acqua dell'Adige è indipendente dal sito di posizionamento dei leafpack. I cinque punti, anche se apparentemente sembrano funzionare in modo leggermente diverso, evidenziano una capacità demolitiva sostanzialmente identica. Inoltre, il processo di decomposizione risulta essere più efficace dalla seconda settimana in poi, mentre durante la prima settimana, escludendo il momento di dilavamento, si osserva una attività ridotta e statisticamente differente.

**Bibliografia**


BARLOCHER F. & KENDRICK B. - 1974. Dynamics of the fungal population on leaves in a stream. *Jour. Ecol.*, **62**: 76-791

CHERGUI H. & PATTEE E. - 1988. The impact of benthic invertebrates on the breakdown of poplar leaves in the network of a large european river. *Arch. Hydrobiol.*, **113** (1): 15-25.

CUMMINS K.W. - 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Ann. Rev. Entomol.*, **18**: 183-206.

GAZZERA S. - 1990. Alcuni aspetti della decomposizione di foglie in ambienti lotici: confronto fra un corso d'acqua americano ed uno italiano. Rel. Dottorato di Ricerca - Dip. Biol. Evoluz. Sper. - Univ. di Bologna.

GRAFIUS E. & ANDERSON N.H. - 1979. Populations dynamics, bioenergetics, and role of *Lepidostoma quercina* Ross (Trichoptera: Lepidostomatidae) in a Oregon woodland stream. *Ecology*, **60**: 433-441

HEYNES H.B.N. - 1963. Imported organic matter and secondary production in stream. *Proc. 16th Int. Congr. Zool.*, **4**: 324-329.

MINSHALL C.S. - 1967. Role of allochtonus detritus in the trophic structure of a woodland stream. *Ecology*, **48**: 139-149.

PETERSEN R.C. & CUMMINS K.W. - 1974. Leaf processing in a woodland stream. *Freshwater Biol.*, **4**: 345-368.

REICE S.R. - 1977. The role of animal association and current velocity in sediment-specific leaf litter decomposition. *Oikos*, **29**: 357-365.

ROGERS L.E., BUSHBOM R.L. and WASTON C.V. - 1977. Lenght-weigth relationships of shrub-steppe invertebrates. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **70** (1): 51-53.

SUBERKROP K.F. & KLUG M.J. - 1974. Decomposition of decidous leaf litter in woodland stream. I. A scanning electron microscopic study. *Microbiol. Ecol.*, **1**: 96-103.

SUBERKROP K.F. & KLUG M.J. - 1976. Fungi and bacteria associated with leaves during processing in a wooland stream. *Ecology*, **57**: 707-719.

SUBERKROP K.F. & KLUG M.J. - 1980. The maceration of decidous leaf litter by aquatic hyphomycetes. *Can. Jour. Bot.*, **58**: 1025-1031.

TRISKA F.J. - 1970. Seasonal distribution of aquatic hyphomycetes in relation to the disapparance of leaf litter from a woodland stream. Ph.D Thesis. University of Pittsburg, 189 pp.