

Miglioramento della qualità di un corso d'acqua del Trentino mediante lagunaggio

Introduzione e scopo del lavoro

Negli ultimi vent'anni si è verificata un inversione di tendenza nella considerazione degli ambienti umidi, con il riconoscimento della loro valenza ecologica non solo per finalità di tutela naturalistica, ma anche per salvaguardare gli usi antropici dell'acqua, come evidenziato con grande risalto anche dai mass media (4). Si è così passati da posizioni volte alla bonifica integrale a convenzioni finalizzate alla conservazione (11) e a progetti di ripristino. La constatazione delle potenzialità di tali ambienti ai fini dell'autodepurazione dell'acqua e della conservazione - a basso costo - della qualità degli ecosistemi acquatici, ha stimolato numerose esperienze relative alla fitodepurazione a livello internazionale (14), (15), (9), (10), (5), (3) e nazionale (1), (6), (12), (2), (7), sia pure con caratteristiche ed efficacia degli impianti estremamente variabili da zona a zona. In tale ambito si colloca anche la laguna realizzata nel Trentino, presso il Biotopo "La Rupe", con il compito di depurare l'acqua del Rio di Valle, della quale si riferisce in questo lavoro.

Il Rio di Valle nasce presso Fai della Paganella, attraversa Mezzolombardo e, dopo aver raccolto numerosi scarichi civili e industriali, confluisce nel fiume Noce in corrispondenza del biotopo "La Rupe". Dalla sorgente alla confluenza col Noce, questo torrentello è lungo circa 7 km, il bacino idrografico sotteso ha una superficie di una decina di chilometri quadrati e la portata d'acqua alla foce varia durante l'anno da meno di 20 l/s nei periodi di massima magra a oltre 100 l/s durante le punte di piena.

Poiché il Noce, che di notte è privato del 95% della sua portata per motivi idroelettrici, non è in grado di diluire a sufficienza le acque fortemente inquinate del piccolo tributario, si sono più volte verificate nel fiume ingenti morie di pesci. L'esistenza in destra Noce di un ettaro di superficie pianeggiante, un tempo adibita a cava di ghiaia e deposito di inerti e ora compresa nel biotopo, ha consentito di affrontare il problema realizzando una laguna con un sufficiente tempo di ricambio, nella quale immettere le acque inquinate del Rio di Valle migliorandone in maniera naturale la qualità prima di farle defluire nel Noce.

Lo scopo di questa laguna è duplice: restituire sembianze naturali - integrandola nel biotopo - a un'area degradata e resa inospitale dai precedenti interventi antropici e sfruttare le ben note capacità autodepuranti di questo tipo di ambienti, soprattutto l'effetto tampone consentito dal notevole volume d'acqua, necessario per neutralizzare gli inquinamenti acuti ed improvvisi, responsabili delle morie di pesci.

Lo scopo di questo lavoro è verificare l'efficacia depurante della laguna durante i primi venti mesi di funzionamento, tramite il rilevamento, sull'immissario e sull'emissario, dei principali parametri chimico-fisici e delle presenze macrozoobentoniche.

La Laguna della Rupe è frutto della collaborazione fra l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige che ha fornito gli elementi progettuali e si occupa dei controlli della qualità dell'acqua, e l'Ufficio Biotopi della Provincia Autonoma di Trento che ha realizzato l'opera con il finanziamento della Comunità Europea.

Materiali e metodi

Realizzata totalmente in terra, la Laguna della Rupe (fig. 1) ha una superficie complessiva di circa un ettaro ed è costituita, procedendo da monte verso valle, da un bacino stabilizzatore con una superficie di 4000 mq, profondità di 1,80 m, volume di 6000 mc, che riceve l'acqua del Rio di Valle. Dopo un salto di 110 cm, il bacino co-

munica con una laguna a macrofite formata da 8 vasche in successione, che occupano una superficie complessiva di 5300 mq per un volume di 1300 mc.

Ogni vasca, di forma ovale, ha una profondità massima di 70 cm (profondità media di 40 cm) e sezione trasversale asimmetrica, con sponda a minor pendenza esposta a sud (fig. 2). Le prime 4 vasche sono separate dalle altre da un salto di 50 cm. Al ter-

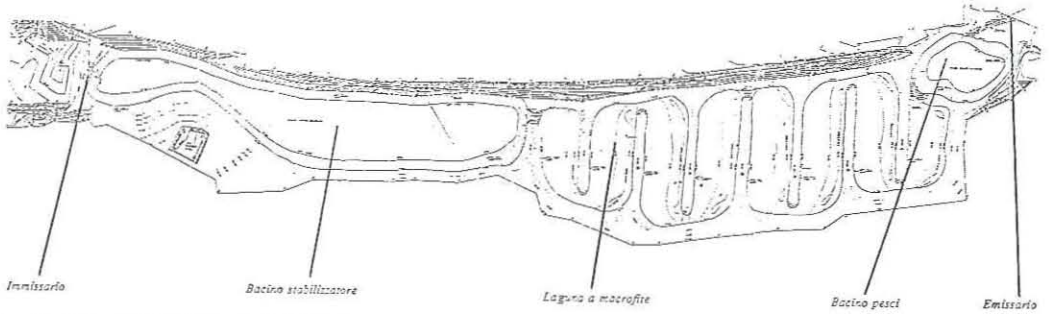
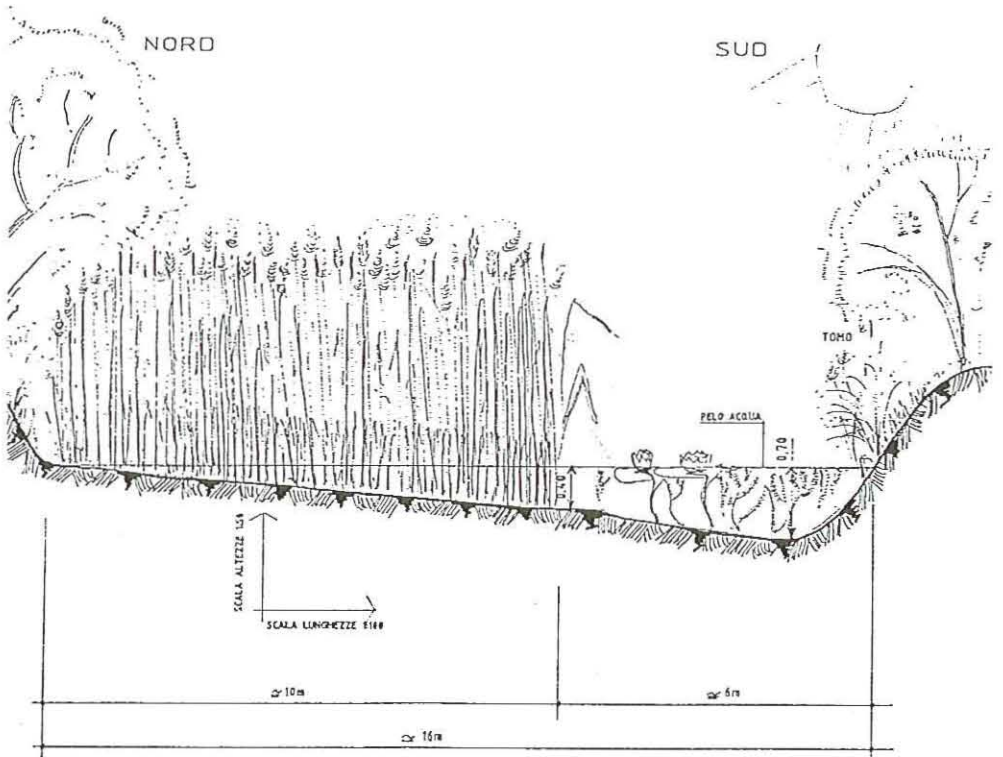


Fig. 1 - Schema della Laguna della Rupe.



38 Fig. 2 - Sezione trasversale di una vasca della Laguna a Macrofite.

mine della laguna a macrofite, dopo un breve raschio (dislivello di 10 cm), si trova un piccolo bacino per i pesci (superficie 750 mq, profondità massima 190 cm, volume di 1100 mc).

Infine, un ultimo raschio (dislivello di 190 cm) mette in comunicazione il sistema con il fiume Noce. Il volume complessivo degli invasi ammonta a 8400 mc circa.

Il tempo di ricambio della laguna, è compreso tra 1 e 6 giorni a seconda della portata dell'immissario, che viene comunque limitata a un massimo di 100 l/s. La portata media in periodo idrologico normale è poco inferiore ai 50 l/s in entrata nella laguna, riducendosi alla metà in uscita, a causa dell'evapo-traspirazione e di qualche perdita.

Per rendere agevoli le operazioni di manutenzione, sono presenti una pista d'accesso alla laguna e un sentiero attorno ai bacini e fra le vasche. Al fine di contenere il processo di interrimento del bacino stabilizzatore, l'opera di captazione sul Rio di Valle è munita di griglia.

Per ottenere una più rapida colonizzazione delle vasche della laguna a macrofite, si è provveduto alla piantagione di elementi di *Phragmites* e *Tipha* reperiti nelle zone circostanti. Le piante sono state raccolte con il loro rizoma e la messa a dimora è stata eseguita prima dell'allagamento delle vasche, secondo le modalità consuete per questo tipo di interventi (16). Sugli argini e nella zona circostante i bacini sono state piantate talee di salici e ontani.

A partire dal primo mese di funzionamento e per venti mesi consecutivi, una volta ogni trenta giorni, al mattino verso le ore 10.00, sono stati rilevati in entrata (sull'immissario) e in uscita (sull'emissario) della laguna i seguenti parametri: temperatura, ossigeno disciolto, BOD₅, conducibilità, azoto ammoniacale, azoto nitroso, azoto nitrico, fosforo reattivo, cloruri, solfati, Indice Biotico Estesio (7).

Le analisi chimiche sono state effettuate con spettrofotometro HACH DR/2000; temperatura, ossigeno disciolto e BOD₅ sono stati rilevati con ossimetro WTW OXI 91; la conducibilità è stata rilevata con conduttivimetro AMEL 133.

Risultati

A venti mesi dalla sua entrata in funzione, procedendo in sopralluogo sulla laguna da monte verso valle, si notano immediatamente la diminuzione della torbidità dell'acqua, la scomparsa dell'odore di fogna, l'aumento delle presenze vegetali (*Phragmites* sp., *Tipha* sp., idrofite), l'insediamento di uccelli (anatre), anfibi (*Rana* spp, *Bombina* sp., soprattutto nel periodo primaverile) e pesci (cavedani, barbi e carpe); non vi è alcun problema di sviluppo di insetti molesti.

In una precedente esperienza in zona (12) si è constatato che una soddisfacente propagazione del canneto richiede almeno tre anni; tuttavia, se la piantumazione è ben eseguita, già all'inizio del secondo anno il canneto può raggiungere un'estensione tale da contribuire in maniera rilevante all'efficienza della laguna (fig. 3).

La temperatura dell'acqua dell'immissario varia, durante l'anno, fra 3,1 e 18,5° C; quella dell'emissario, fra 2,2 e 22,4° C. In inverno, passando nella laguna l'acqua si raffredda di 4,8° C (dicembre); in estate, si riscalda di 4,1° C (giugno).

L'ossigeno disciolto è risultato inferiore ai 2 mg/l in quattro campionamenti in entrata, mentre in uscita si è sempre trovato un valore superiore ai 5 mg/l. L'ossigeno tende a diminuire nel bacino stabilizzatore, per poi aumentare nella laguna a macrofite; nei mesi estivi sono state fatte anche alcune misurazioni nel pomeriggio, ma non si sono verificate situazioni di significativa sovrassaturazione. La concentrazione media di ossigeno rilevata in entrata è 5,76 mg/l, mentre è di 8,07 mg/l in uscita (+ 40%).

Il BOD₅ presenta un andamento altalenante fra i 10 e i 50 mg/l, ed è sovente più alto nell'emissario; in entrata, il valore medio è 25 mg/l, in uscita è 23 mg/l (-8%).

La conducibilità diminuisce da monte a valle: in entrata, il valore medio è 517 µS/cm; in uscita è 460 µS/cm (-11%).

Anche per l'azoto ammoniacale si rilevano valori inferiori in uscita: la concentrazione media è 0,33 mg/l, contro una media di 0,51 mg/l in entrata (-35%). Durante i mesi invernali, si trovano valori maggiori

rispetto a quelli delle altre stagioni.

L'azoto nitroso, invece, risulta maggiore in uscita: mentre il valore medio nell'immissario è 0,036 mg/l, nell'emissario è 0,052 mg/l (+44%).

I valori di azoto nitrico diminuiscono da monte a valle: in entrata il valore medio è 2,00 mg/l, in uscita è 1,37 mg/l (-31%). L'abbattimento è più accentuato in estate.

Risulta in calo anche il fosforo reattivo, con un buon abbattimento anche invernale: nell'immissario si sono trovati in media 0,705 mg/l, nell'emissario 0,235 mg/l (-66%).

Le concentrazioni dei cloruri e dei solfati appaiono anch'esse in diminuzione in uscita: per i cloruri si passa da un valore medio pari a 12,0 mg/l in entrata a 9,5 mg/l in uscita (-20%); il tenore in solfati passa da una media di 45,8 mg/l in entrata a 35,1 mg/l in uscita (-23%).

Durante il primo mese di funzionamento (giugno 1997) lo zoobentos trovato in uscita è rappresentato soltanto da ditteri chiro-

nomidi, oligocheti naididi e, soprattutto, da crostacei ostracodi i quali, nei mesi successivi, si riducono fortemente di numero. La colonizzazione bentonica è spontanea: prosegue nel secondo mese con la comparsa degli efemerotteri del genere *Baetis*; si completa nel terzo con l'aggiunta dei tricoteri idropsichidi, dei coleotteri ditiscidi, idrofilidi ed elmintidi, dei ditteri simulidi, degli eterotteri corixidi, dei gasteropodi limneidi e degli ologocheti lumbriculidi. Per questo motivo, le nostre considerazioni sull'efficienza biologica della laguna si riferiscono al periodo successivo al secondo mese di funzionamento. Altri taxa che sono stati trovati in seguito - sempre in uscita - con una certa costanza nei campionamenti, sono i ditteri tipulidi e antomidi, i gasteropodi del genere *Physa* e gli irudinei del genere *Dina*.

Nell'immissario prevalgono, sia nella frequenza di campionamento che nell'abbondanza numerica, *Baetis*, ditteri chironomidi, irudinei del genere *Dina* e oligocheti



40 Fig. 3a - Laguna della Rupe subito dopo la realizzazione (giugno 1997).



Fig. 3b - Propagazione della vegetazione alla fine dell'estate (settembre 1997).



Fig. 3c - Situazione all'inizio del secondo anno di funzionamento (luglio 1998).

lumbriculidi. Nell'emissario risultano arricchiti, in particolare, l'ordine dei coleotteri (cinque taxa trovati contro i due dell'immissario) e dei ditteri (sei taxa contro uno); sono presenti, nel periodo estivo-autunnale, crostacei e tricoteri; ben insetti risultano gli eterotteri corixidi e i gasteropodi limneidi.

Si nota come la situazione sia migliore in uscita rispetto che in entrata, sia per il numero complessivo di taxa trovati, quasi doppio nell'emissario (36 taxa trovati in uscita, contro 19 trovati in entrata), sia per il numero medio di taxa per campionamento (11,2 in uscita, contro 4,5 in entrata), sia per il valore medio di qualità dell'IBE (IBE medio = 6,1 in uscita, contro 3,7 in entrata). Mentre in entrata la situazione di qualità si attesta, durante l'anno, attorno alla IV^a Classe di Qualità dell'IBE per via della sola presenza di pochi taxa detritivori o carnivori molto tolleranti nei confronti dell'inquinamento, in uscita si riscontra una maggiore diversità ed una più equilibrata distribuzione dei ruoli trofici, con una buona presenza anche dei taxa erbivori, per una situazione di qualità corrispondente alla III^a Classe di Qualità dell'IBE.

Riguardo al numero di taxa e al valore dell'IBE trovati mensilmente in entrata e in uscita, a parte i primi due mesi di funzionamento della laguna, corrispondenti al tempo necessario per la colonizzazione spontanea da parte del bentos, si nota un calo sia del numero di taxa sia dell'IBE nel periodo invernale 1997-1998, sia in entrata (si passa dalla IV^a alla V^a Classe di Qualità) che in uscita (si passa dalla III^a alla IV^a-V^a Classe); tuttavia, rispetto all'immissario, nell'emissario è sempre rilevabile un miglioramento. Nel periodo estivo-autunnale del 1998 si verifica un aumento del numero di taxa presenti nell'emissario rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente, con valori dell'IBE che passano dalla IV^a Classe in entrata alla III^a-II^a in uscita. Nel successivo inverno, al peggioramento della situazione dell'immissario (dalla IV^a alla V^a Classe) non corrisponde più un equivalente peggioramento della qualità biologica dell'emissario, che si mantiene in III^a Classe di Qualità.

Discussione

L'efficacia depurante della laguna è facilmente percepibile da chiunque abbia l'uso della vista e dell'olfatto, sia nel periodo invernale, sia - con eclatante evidenza - nel periodo vegetativo. I dati analitici confermano e completano il giudizio positivo sulla laguna della Rupe. L'assenza di insetti molesti è riconducibile sia alla forma del bacino equalizzatore, priva di zone di ristagno, finalizzata a favorire un ricambio dell'acqua omogeneo (con l'asportazione delle larve di zanzara natanti in essa), sia al tempo di ricambio, relativamente basso, sia all'instaurarsi di una biocenosi nella quale l'eccessiva proliferazione delle zanzare è limitata dai predatori naturali.

Il raffreddamento invernale e il riscaldamento estivo dell'acqua risultano piuttosto contenuti e non sembrano condizionare biologicamente la laguna in senso negativo. Al contrario, il riscaldamento estivo dell'acqua di circa 4°C (da 18,5 a 22,4°C), mentre risulta certamente ininfluenza sul popolamento a salmonidi del fiume Noce data l'enorme differenza di portata, favorisce il processo di nitrificazione dell'azoto nella laguna e accelera i cicli biologici consentendo una migliore efficacia depurante e una maggiore produzione macrozoobentonica.

I valori di ossigeno disciolto inferiori a 2 mg/l trovati in entrata della laguna in quattro campionamenti su venti, sono incompatibili con la sopravvivenza dei pesci, mentre i valori sempre superiori ai 5 mg/l trovati in uscita, oltre a rientrare nei limiti previsti dalla Legge 319/76 (Legge Merli), consentono la permanenza nell'emissario di una gran quantità di pesci ciprinidi. Alla riossigenazione dell'acqua contribuiscono i dislivelli (salti) realizzati nella laguna a macrofite: ciò è di particolare importanza nelle ore notturne, quando viene meno l'apporto fotosintetico.

L'andamento irregolare dei valori del BOD₅ (che peraltro non risultano mai particolarmente elevati) si può mettere in relazione con il tipo di scarichi che confluiscono nella Roggia di Valle, estremamente eterogeneo.

rogenci, che comprendono acque contenenti sostanze inibenti.

La diminuzione della concentrazione di azoto ammoniacale è dovuta in parte all'attività batterica (soprattutto nel periodo estivo), in parte alla superficie di contatto acqua-aria e ai salti d'acqua che favoriscono il passaggio dell'ammoniaca dall'acqua all'aria. L'aumento in uscita dell'azoto nitroso, che è prodotto in ambiente aerobio in seguito all'ossidazione batterica dell'ammoniaca e rappresenta una fase intermedia del ciclo dell'azoto che conduce - per ulteriore ossidazione - all'azoto nitrico, si può mettere in relazione con il basso tempo di ricambio della laguna, che non consente di completare la trasformazione dei nitriti in nitrati. Si tratta comunque di valori di azoto nitroso piuttosto bassi, compatibili con il buon stato fisiologico dei pesci. La diminuzione in uscita dell'azoto nitrico, più marcata nei mesi estivi, è legata alla presenza e alla propagazione nella laguna di alghe e piante, che assorbono attivamente i nitrati incorporandoli negli apparati vegetativi.

Molto interessante è l'abbattimento del fosforo reattivo, anche nel periodo invernale nel quale il diminuito assorbimento del fosforo da parte dei vegetali è compensato da una maggiore sedimentazione.

L'effetto tampone garantito dal volume d'acqua, l'ampia superficie di contatto acqua-substrato, la varietà di nicchie costituite soprattutto dalle diverse condizioni di profondità e velocità di corrente e la propagazione spontanea delle macrofite sommerse ed emergenti ha consentito il buon insediamento nella laguna del macrozoobenthos il quale, costituendo parte essenziale delle reti trofiche, partecipa in maniera decisiva al processo di trasformazione della sostanza organica e autodepurazione dell'acqua. Verso la fine della laguna, il popolamento macrozoobentonico risulta essere ben strutturato, composto da taxa rappresentativi di tutti i principali ruoli trofici e tali, per presenze e sensibilità, da determinare nell'emissario della laguna il raggiungimento di un valore dell'IBE uguale o superiore a quello del vicino fiume Noce. Là dove prima della realiz-

zazione della laguna i pesci morivano in seguito agli inquinamenti ricorrenti della Roggia di Valle, ora, soprattutto la componente ciprinicola dell'ittiofauna di questo tratto del fiume Noce (13) si raduna in pastura richiamata dal *drift* di macrozoobentos, convogliato nel fiume dall'emissario della laguna.

Conclusioni

Considerati i risultati analitici ottenuti e qui riferiti, la propagazione spontanea della vegetazione e l'importanza manifestata dalla laguna come zona di riproduzione per gli anfibi e sito frequentato da uccelli acquatici, si può affermare che, con la Laguna della Rupe, sono stati raggiunti gli obiettivi prefissati, ossia il reinserimento nel Biotopo protetto di un'area degradata da precedenti interventi antropici e lo sfruttamento delle capacità autodepuranti di questo tipo di ambienti. Alla confluenza dell'emissario della laguna con il fiume Noce, non solo non si sono più verificate morie di pesci, ma questi ultimi sono addirittura aumentati di numero. L'efficacia depurante, che è massima durante il periodo vegetativo, cala nel periodo invernale ma rimane significativa e tale da giustificare ampiamente la preferenza data - in questa realtà - a questo sistema di depurazione rispetto a qualsiasi altro conosciuto, a maggior ragione se si considerano i costi - davvero esigui - di realizzazione e, soprattutto, di manutenzione. Al di là dei referti analitici, non è da sottovalutare il fatto che chiunque, procedendo da monte a valle in sopralluogo alla laguna, può percepire direttamente con i propri sensi il miglioramento della qualità dell'acqua dalla diminuzione della torbidità, dalla scomparsa dell'odore di fognia, dall'aumento delle presenze vegetali e dall'insediamento di anfibi e pesci.

dott. Leonardo Pontalti
dott. Alvise Vittori

Istituto Agrario di S.Michele all'Adige
via Mach, 1 - 38010 S.Michele all'Adige (TN).

Key words: river's management, water purification, lagoons.

Riassunto

Il Rio di Valle, affluente di destra del Fiume Noce, ha un bacino imbrifero di 10 kmq, lunghezza dalla sorgente alla foce di 7 km, portata (alla confluenza col Noce) compresa fra 20 e 100 l/s e qualità biologica dell'acqua collocabile fra la IVa e la Va Classe di Qualità dell'Indice Biotico Esteso (IBE) a causa di frequenti inquinamenti di origine agricola, civile e industriale. Al fine di migliorarne la qualità, il Rio di Valle è stato fatto passare in una laguna per la depurazione biologica avente superficie di 1 ettaro, composta da un bacino equalizzatore

e vasche a macrofite, con tempo di ricambio compreso fra 1 e 6 giorni, appositamente realizzata in corrispondenza della confluenza col Fiume Noce. La laguna ha consentito il miglioramento del valore dell'IBE del Rio di Valle dalla IVa - Va Classe di Qualità dell'acqua in entrata, alla IIIa - IIa Classe di Qualità in uscita; si è rilevato un significativo abbattimento dei nutrienti; le ricorrenti morie di pesci nel Fiume Noce, causate dagli inquinamenti acuti del Rio di Valle, grazie all'azione tampone della laguna non si sono più verificate. Vengono esposti e discussi i dati relativi a 20 mesi di rilevamenti biologici e chimico - fisici effettuati sull'acqua in entrata e in uscita dalla laguna, a partire dal primo mese di funzionamento.

BIBLIOGRAFIA

(1) AA.VV., 1979 - *Trattamento dei liquami e produzione di biomasse: coltivazione di macrofite e microfite e loro utilizzazione*. Atti del Seminario tenuto a Reggio Emilia, 22 marzo 1979, 58.

(2) AA.VV., 1992 - *Acque reflue civili e agricole*. Atti del Convegno tenuto a S.Bonifacio (VR) il 3 luglio 1992, 164.

(3) BAZZOCCHI F., 1994 - *Parco Nazionale di Port Cros: un esempio di equilibrio tra le necessità antropiche e l'utilizzo delle risorse naturali*. Acer, n. 6/1994, 16-20.

(4) CREMONESI L., 1994 - *Basta grano. Meglio le paludi. La bonifica della Valle di Hula, in Israele, rischia di inquinare il Lago di Tiberiade, riserva idrica del Paese*. Corriere della Sera, 29 maggio 1994, 21.

(5) D'ANTONIO G., ROJONDO G., 1992 - *Trattamento dei reflui urbani mediante fitodepurazione*. Atti del Simposio Italo-Brasiliano di Ingegneria Sanitaria e Ambientale. Rio de Janeiro, vol. 2, tomo III, 332-340.

(6) DELUCA E., 1991 - *Aspetti ambientali nella depurazione di acque di rifiuto: un caso applicativo*. Università di Padova, Tesi di Laurea in Scienze Forestali, 111.

(7) GHETTI P.F., 1997 - *Indice Biotico Esteso. Manuale di applicazione*. Provincia Autonoma di Trento, 222.

(8) GIANNOTTI M., 1992 - *Il sistema integrato di fitodepurazione*. L'Informatore Agrario n. 50/1992, 72-76.

(9) HAIDER R., 1983 - *Abwasserreinigung im Wurzelbaum hoherer Pflanzen: versuchanlagen im Hochgebirge*. Atti del Convegno: "Il disinquinamento degli ambienti di alta montagna". Riva del Garda (TN), 132-135.

(10) MAYNARD H.E., OUKI S.K., WILLIAMS S.C., 1998 - *Tertiary lagoons: a review of removal mechanisms and performance*. Wat. Res., Vol. 33, n. 1, 1-13, 1999.

(11) PACE A., 1982 - *Le zone umide: dalla bonifica integrale alla Convenzione di Ramsar*. Rivista di Diritto Agrario, Fasc. nm3/1982, 186-203.

(12) PONTALI L., 1991 - *Nuovi dati sulla laguna biologica*. Terra Trentina, n. 1/1991, 23-26.

(13) PONTALI L., 1997 - *Motivazioni ecologiche e finalità ittiche degli interventi di rinaturalizzazione dei corsi d'acqua*. Atti del Convegno tenuto a S.Michele all'Adige: "Tecniche di ingegneria naturalistica e rinaturalizzazione in ambito fluviale applicate alla gestione ittica e alla pesca". A.P.D.T. & A.I.P.I.N., 17-22.

(14) SANNA M., 1982 - *Antinquinamento nelle industrie alimentari*. Edizioni AEB, Brescia, 661.

(15) VAUCOULOUX M. 1978 - *Le lagunage naturel: proce-de biologique exstensif d'epuration des eaux usees domestiques*. Ministère de l'Agriculture, Division Qualité des Eaux, Peche et Pisciculture, 14, Avenue de Saint Mandè, 75012 Paris.

(16) VULLIOT M., BOUTIN C., 1993 - *Depurazione mediante lagunaggio naturale*. Traduzione di G. Sansoni. Suppl. a "Biologia Ambientale" n. 3-4/1993, 52.