



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA  
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI  
CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE AMBIENTALI PER IL  
TERRITORIO E IL SISTEMA PRODUTTIVO

## **Riqualificazione di fasce spondali mediante realizzazione di fasce tampone boscate**

**Relatore:**

Dott. Marco Bartoli

**Correlatore:**

Prof. Pierluigi Viaroli

**Candidato**

Alessandro Gansi

Anno Accademico 2004-2005

# INDICE

1. IL PROBLEMA DELLA QUALITA' DELLE ACQUE FLUVIALI.....	3
2. IL RECUPERO DEGLI AMBIENTI FLUVIALI.....	5
3. L'IMPORTANZA DELLA VEGETAZIONE NELLE DINAMICHE FLUVIALI.....	7
4. FASCE TAMPONE BOScate: DEFINIZIONI, FUNZIONI, TIPOLOGIE, EFFICACIA, REALIZZAZIONE.....	8
4.1. DEFINIZIONI E FUNZIONI.....	8
4.2. EFFICACIA DELLE FASCE TAMPONE.....	14
4.3. RISULTATI ATTESI E LORO MISURABILITÀ IN TERMINI DI BENEFICI SOCIALI ED ECONOMICI.....	15
4.4. COME SI REALIZZANO.....	16
4.4.1. LA STRUTTURA DELLE FASCE TAMPONE.....	16
4.4.2. LA COSTRUZIONE DI BUFFER STRIPS.....	17
4.4.3. GESTIONE DELLE FASCE VEGETATE.....	21
5. CARATTERIZZAZIONE DI UNA FASCIA TAMPONE BOScata NELLA GOLENA DEL FIUME OGLIO.....	23
5.1. MATERIALI E METODI.....	23
5.1.1. STIME DEI PROCESSI DI ADSORBIMENTO E SCAMBIO DEGLI IONI $\text{NH}_4^+$ E $\text{PO}_4^{3-}$ .....	23
5.1.2. STIME DEI FLUSSI DI OSSIGENO E NUTRIENTI DURANTE LE FASI DI INONDAZIONE.....	24
5.2. RISULTATI.....	26
5.2.1. RISULTATI DELLE PROVE DI SOSPENSIONE.....	26
5.2.2. RISULTATI RELATIVI AI FLUSSI.....	27
5.3. CONCLUSIONI.....	28
6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	30

## ***1. IL PROBLEMA DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE FLUVIALI***

Gran parte dello sviluppo vertiginoso avutosi soprattutto nel secolo scorso è avvenuto a discapito della qualità delle risorse idriche e, in particolare, della qualità degli ambienti fluviali.

L'approccio ai temi della gestione e del risanamento delle acque correnti è stato ispirato a criteri utilitaristici, al soddisfacimento dei bisogni del vivere e della produzione nell'immediato periodo attraverso la politica degli "usi prevalenti ed attuali" ed a una concezione esasperatamente antropocentrica che ha portato alla realizzazione di imponenti opere di cosiddetta bonifica idraulica, regolarizzazioni di alvei, canalizzazioni e cementizzazioni (figura 1 e 2).



Figura 1 e 2. Interventi sulla morfologia dei fiumi con conseguente degrado dell'ambiente fluviale.

La crisi della disponibilità e della qualità delle acque correnti e l'evoluzione della normativa e delle politiche ambientali, inquadrata recentemente nei principi dello sviluppo sostenibile, la crescita della cultura e della sensibilità ecologica tra le popolazioni hanno portato ad una severa riflessione sulle cause del degrado raggiunto e, a livello europeo, ad una riconsiderazione del modo di concepire i corsi d'acqua.

I piani di risanamento, così, non sono più visti come mera distribuzione di impianti di depurazione sul territorio ma includono sempre più una attenzione agli aspetti dell'ecologia fluviale.

L'attenzione del legislatore, sotto l'impulso del mondo scientifico e dell'azione delle associazioni di protezione ambientale, si è via via spostata dalla qualità chimico-fisica dell'acqua a quella dell'ambiente acquatico, in tutte le sue componenti biologiche.

Va affermandosi, per ultimo, l'attenzione alla qualità delle sponde e dello stato del territorio del bacino nelle vicinanze dei corsi d'acqua. L'evoluzione delle conoscenze, infatti, ha svelato come l'ambiente fluviale non possa essere interpretato e gestito esclusivamente focalizzando gli studi ed

interesse all'ambiente idrico ma che occorre tenere in considerazione anche il territorio di più stretta pertinenza del fiume, ed in particolare le fasce spondali.

Sponde integre o in buone condizioni ecologiche complessive, infatti, assolvono ad un insostituibile ruolo "filtro" per la salvaguardia della qualità dell'acqua.

In definitiva il ripristino ecologico e funzionale di un fiume non può limitarsi ad una serie -seppur importantissima- di interventi sul reticolo artificiale attraverso depuratori, ma deve contemplare, per avere effettività, il ripristino di un grado di naturalità delle sponde ed il ripristino delle condizioni naturali del letto del fiume affinché possa tornare ad ospitare comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate (figura 3).

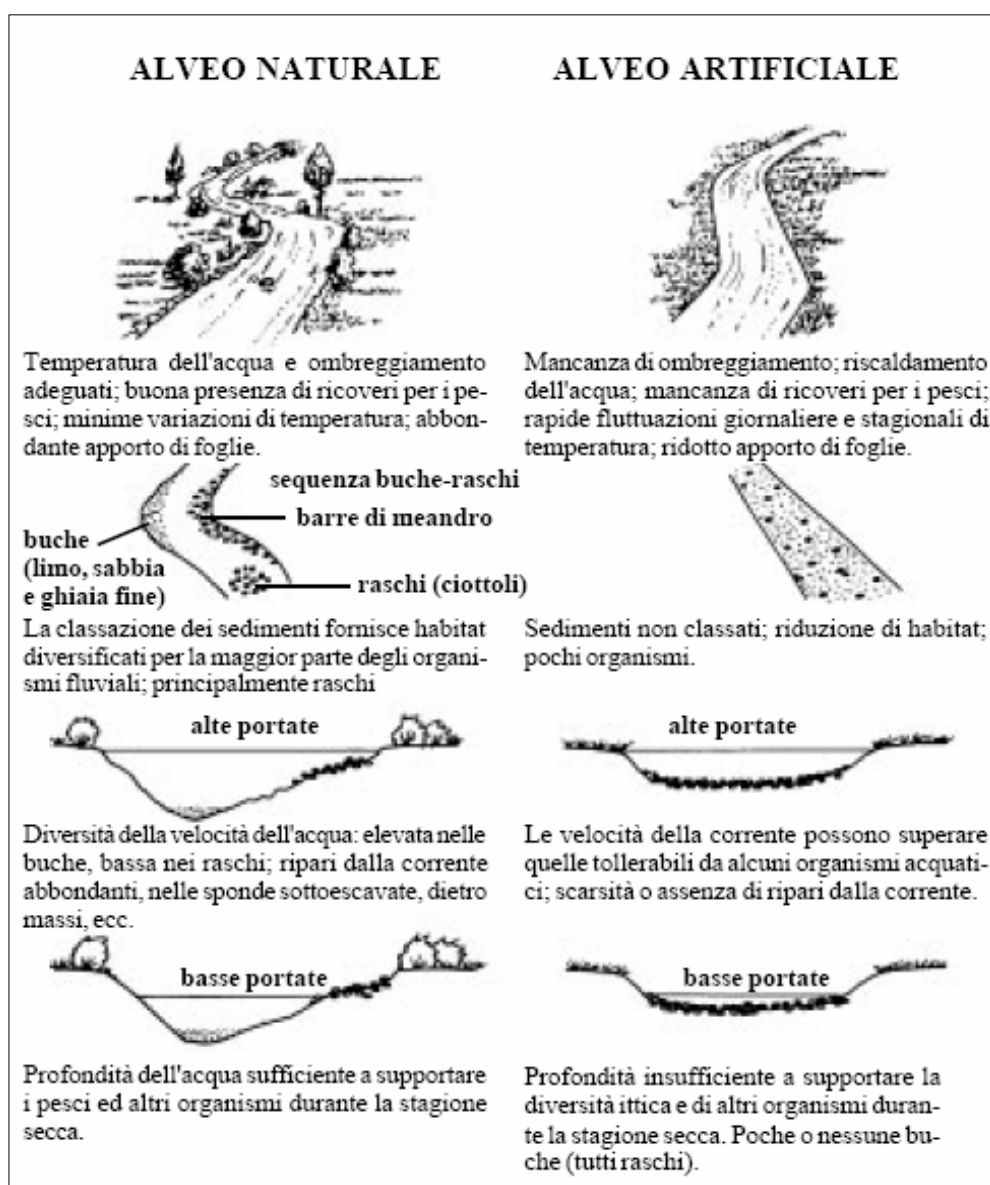


Figura 3. Confronto di un corso d'acqua naturale e di uno artificializzato (Corning, 1975).

Il complesso sistema di interazioni tra acqua, comunità viventi acquatiche e comunità viventi delle sponde costituisce un unicum interrelato e funzionale. Tra le varie funzioni la più importante da salvaguardare ( o da ripristinare) è quella di garantire lo svolgimento dei processi responsabili delle capacità autodepurative degli ambienti di acque correnti e che sono alla base della rinnovabilità qualitativa delle risorse idriche e, quindi, della sostenibilità ambientale.

L'obiettivo di sostenibilità, infatti, deve essere quello del raggiungimento di un livello adeguato di qualità ecobiologica (misurabile, come fissato dall'importante Dlgs 152/99, attraverso macrodescrittori) ai quali corrisponde la possibilità di usi molteplici della risorsa nel periodo presente e per le generazioni e per le comunità biologiche future.

## ***2. IL RECUPERO DEGLI AMBIENTI FLUVIALI***

Il recupero di un corso d'acqua deve innanzitutto essere inquadrato all'interno dell'ambito naturale della fase terrestre del ciclo dell'acqua: il bacino idrografico. Il bacino andrà caratterizzato per le sue componenti del contesto fisico naturale che è sempre assolutamente peculiare: geologia, idrologia, pedologia e copertura vegetale in primis. Su tale contesto per solito si vanno a determinare gli aspetti relativi al carico antropico , vale a dire le pressioni sul ciclo dell'acqua esercitate dagli abitanti residenti, dai turisti, dalle attività produttive idroesigenti : agricoltura, industria, zootecnia. Il monitoraggio della qualità dell'acqua ha riguardato, storicamente, i principali parametri chimico-fisici e la qualità igienica attraverso parametri microbiologici. Con l'entrata in vigore del D.lgvo 152/99 finalmente , per la prima volta, è stato introdotto il monitoraggio biologico attraverso l'impiego dell'IBE ( Indice Biotico Esteso) che si fonda sull'analisi di una componente importante delle comunità acquatiche: i macroinvertebrati bentonici. In questo modo attraverso le analisi chimico-fisiche è possibile svelare e misurare le cause dell'inquinamento e attraverso l'Indice Biotico gli effetti sulla qualità dell'acqua e un giudizio sulla qualità dell'ambiente acquatico. Con nuovi strumenti messi a punto negli ultimi anni come l' I.F.F. ( Indice di Funzionalità Fluviale) è possibile effettuare una caratterizzazione della qualità dell'intero ambiente fluviale ( sponde incluse) in relazione alla funzionalità del corso d'acqua che, in definitiva, corrisponde alla sua capacità di svolgere le funzioni di autodepurazione biologica dell'inquinamento organico biodegradabile. Attraverso l'impiego integrato di tutti gli strumenti conoscitivi e di monitoraggio sopra citati è possibile individuare i punti di criticità, orientare gli interventi, scoprire negatività ed inquinamenti che sfuggivano alle analisi routinarie (come scarichi notturni, scarichi periodici, immissione di inquinanti non comuni e quindi di difficile rilevabilità),

effettuare verifiche per seguire l'andamento dei successi che vanno a conseguire o i possibili peggioramenti.

Oggi abbiamo a disposizione strumenti scientifici, legislativi ed operativi che, se correttamente applicati, possono metterci in grado di poter intervenire con possibilità di successo insperati fino a qualche anno fa nel risanamento di un fiume e delle sue acque.

Occorre tener ben presente, nelle operazioni di restauro ambientale, una distinzione non sempre netta ma importante che esiste fra ingegneria naturalistica e una azione di rinaturalizzazione propriamente detta.

L'ingegneria naturalistica è assolutamente preferibile allorquando, dovendosi intervenire per realizzare opere di difesa spondale, consolidamento di versanti ecc., si sceglie la strada di impiegare tecniche costruttive basate su materiale vegetale vivente. Si otterrà, così, una struttura flessibile inserita nel paesaggio, funzionale, ricorrendo, al più, a pietra locale ma sempre evitando antiestetiche e dannose colate di cemento.

La rinaturalizzazione è molto di più della già, pur positiva, bioingegneria naturalistica in quanto consiste in una vera e propria ricostituzione della naturalità dell'ambiente su cui si va ad intervenire. In entrambi i casi (bioingegneria e rinaturalizzazione) la preferenza nella scelta del materiale genetico da ridiffondere andrà accordata agli ecotipi autoctoni delle specie individuate. Questi, infatti, in quanto selezionati localmente, si prestano per la migliore riuscita dei reimpianti, favoriscono il ripopolamento faunistico, presentano maggior vigore e resistenza alle malattie.

E' possibile impostare un'azione di rinaturalizzazione dell'ecosistema fluviale attraverso diversi interventi come il ripristino degli equilibri idrogeologici (recupero della capacità di laminazione, recupero dell'alveo e riduzione della velocità di corrivazione); infatti le opere di difesa, come le primate negli ultimi decenni, hanno soppresso i meandri chiudendo le curve di divagazione e costringendo le portate dei fiumi in alvei profondamente incisi e strettissimi.

Di conseguenza il fiume non è più in grado di utilizzare le golene per la laminazione con conseguente crescita delle piene.

Il recupero della capacità autodepurativa è un altro intervento importante; può essere portato a termine attraverso la ricostituzione di zone umide in grado di funzionare come ecosistemi filtro. Queste aree di espansione, costituite dai terreni golenali con le loro vegetazioni di sponda, soprattutto salici, con le zone umide fatte di canneti, rami morti del fiume e stagni, sono indispensabili per l'attenuazione e la diluizione nel tempo delle piene. In un ecosistema inoltre è necessario salvaguardare la biodiversità e ripristinare la continuità ambientale, soprattutto attraverso azioni mirate in collaborazione con enti gestori di aree protette.

Un ultimo ma non meno importante intervento che si può effettuare al fine di migliorare la qualità dell'ambiente fluviale è il ripristino della vegetazione ripariale tramite costruzione di fasce tampone. Nella prima parte di questo elaborato analizzerò l'efficacia e l'importanza di queste particolari zone mentre nell'ultima parte ho riportato un caso di studio su una fascia tampone oggetto di studio durante il periodo di tirocinio.

### ***3. L'IMPORTANZA DELLA VEGETAZIONE NELLE DINAMICHE FLUVIALI***

La vegetazione riparia, col proprio suolo, svolge un ruolo insostituibile nella protezione dell'acqua e dell'ambiente acquatico. Molti sono i benefici apportati, i più importanti dei quali sono elencati di seguito:

- fornisce ombreggiamento limitando, nei tratti produttivi fotosintetici, la proliferazione algale e l'abbagliamento delle specie animali lucifughe come le trote e molti invertebrati;
- protegge l'acqua dal riscaldamento garantendo l'equilibrio termico. Nei fiumi temperature oltre ai 20°C già costituiscono una soglia di criticità per molte specie; a 26°C la maggior parte delle specie superstiti sopravvivono, ma se le condizioni di riscaldamento persistono si ammalano di varie parassitosi e non si riproducono; a 30°C anche le specie più resistenti scompaiono;
- fornisce apporti trofici alle comunità acquatiche favorendo la possibilità di vita per comunità ampie;
- costituisce uno dei principali "corridoi ecologici" del territorio (figura 4);
- consolida le sponde contrastando l'erosione;
- svolge un'azione filtro tra l'acqua e la terra, su svariati inquinanti diffusi, come quelli tipici dispersi in ambiente agricolo;
- trattiene i nutrienti e, per quanto riguarda quelli azotati, li metabolizzano a livello del suolo attraverso le reazioni di nitrificazione e denitrificazione fino al livello di azoto elementare che viene restituito all'atmosfera;
- limita o annulla il ruscellamento erosivo superficiale che causa torbidità e l'interramento accelerato di zone fluviali con distruzione del prato biologico depurativo naturale del letto;
- favorisce la transizione acqua – terra di specie animali legate all'acqua come insetti (libellule e effimere), crostacei, anfibi e molti rettili;
- è uno straordinario rifugio per la biodiversità;

- aumenta l'efficienza dell'autodepurazione biologica. La fascia perennemente umida o di acque bassissime, ricca di vegetazione elofitica (piante che hanno le radici o i rizomi immersi nell'acqua e la parte restante aerea, come la cannuccia d'acqua, le tiphe ed i carici) è ad altissima efficienza autodepurativa.

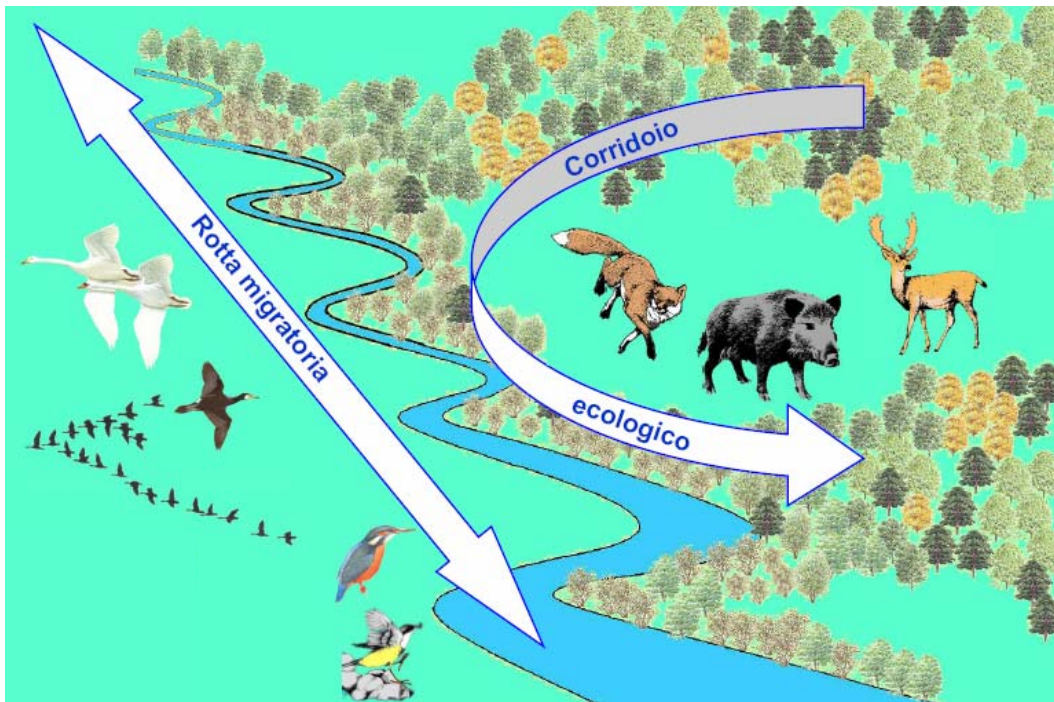


Figura 4. La vegetazione lungo i fiumi può mettere in contatto diversi habitat permettendo lo spostamento della fauna selvatica ed il ripopolamento di zone in altro modo non raggiungibili.

#### ***4. FASCE TAMPONE BOSCADE: DEFINIZIONI, FUNZIONI, TIPOLOGIE, EFFICACIA, REALIZZAZIONE***

##### **4.1. DEFINIZIONI E FUNZIONI**

Le fasce tampone boscate sono impianti lineari (mono o plurifilari) di vegetazione arborea o arbustiva collocate in prossimità dei corsi d'acqua a margine degli appezzamenti coltivati, in grado di intercettare contaminanti sia dalle acque superficiali, sia da quelle sotterranee, prima che questi raggiungano il corpo idrico (figura 5 e 6).

L'effetto positivo sull'ambiente da parte delle fasce tampone si esplica attraverso la rimozione degli inquinanti tramite l'attività microbica e l'assorbimento diretto da parte delle piante dei nutrienti, attraverso la fissazione del terreno delle rive ed attraverso la filtrazione fisica delle acque.





Figura 5 e 6. Fasce tampone in prossimità di coltivazioni di mais

La ricerca sulle fasce tampone nasce come soluzione per risolvere il problema del dannoso accumulo di azoto penetrato nelle acque di superficie, causato principalmente dal dilavamento (*run off*) di nutrienti agricoli. Alti livelli di azoto e di altri nutrienti nelle scorte idriche possono avere effetti negativi sulla salute umana e degradano l'habitat per pesci e altri organismi acquatici. I livelli crescenti di azoto possono causare la rapida crescita delle alghe in fiumi, laghi ed estuari; la loro presenza in elevato numero riduce la quantità di luce che penetra al di sotto della superficie dell'acqua causando potenzialmente la morte delle piante acquatiche che sono essenziali per le comunità di pesci come habitat di crescita e come fonte di protezione e cibo.

Quando le alghe cominciano a decomporsi, l'ossigeno disciolto che è indispensabile alla sopravvivenza della fauna acquatica viene eliminato dall'acqua.

Le zone tampone hanno la capacità di fermare questo ciclo distruttivo di eventi impedendo ai nutrienti primari di entrare nelle acque di superficie.

I processi depurativi sono diversi in funzione dell'inquinante da abbattere, avvengono sia in superficie che lungo il profilo del terreno e coinvolgono direttamente la vegetazione o i microrganismi tellurici. I processi superficiali riguardano il trattenimento dei sedimenti e degli inquinanti ad essi adsorbiti (in prevalenza fosforo ed erbicidi). Gli alberi e la fascia erbacea che precede il filare offrono degli ostacoli fisici all'acqua di scorrimento superficiale, ne rallentano il movimento e imbrigliano le particelle di terreno trasportate. In aggiunta, la copertura della superficie del terreno diminuisce l'energia cinetica delle gocce di pioggia e il conseguente sollevamento delle particelle di terra, mentre gli apparati radicali dell'erba e degli alberi favoriscono la penetrazione dell'acqua in profondità, riducendo il flusso superficiale.

I processi di depurazione sotto superficiali consistono nell'azione congiunta di piante e microrganismi. Le prime assorbono i nutrienti presenti nell'acqua di percolazione e li immobilizzano nelle strutture vegetative per un tempo più o meno lungo, fino a quando le forme organiche non saranno mineralizzate e l'azoto ritornerà al terreno in forma ammoniacale.

Se invece si effettua il taglio delle piante, l'azoto verrà rimosso definitivamente dal sistema.

I microrganismi eterotrofi assorbono i nutrienti e li utilizzano, al pari delle piante, per il proprio metabolismo; quando la disponibilità di O<sub>2</sub> diventa limitante per la respirazione aerobica, molti batteri aerobi possono effettuare una respirazione anaerobica, al pari dei microrganismi anaerobi stretti. In presenza di nitrato, infatti, la respirazione del C organico continua e, come conseguenza, il nitrato viene ridotto nella maggior parte dei casi fino alla forma gassosa di N molecolare. Questo processo di denitrificazione secondo molti autori è il meccanismo principale di rimozione dell' N nei tamponi ripariali.

La presenza di eccessivi accumuli di fosforo è spesso responsabile della eutrofizzazione dei corsi d'acqua. In condizioni normali questo elemento in ambiente viene rapidamente legato alle particelle di suolo e trasportato al corso d'acqua con i sedimenti erosi. Dato che le fasce tampone contribuiscono alla deposizione e stabilizzazione dei sedimenti, riducono il trasferimento del fosforo legato al substrato proveniente dal campo verso il fiume (tabella 1). Il fosforo disciolto può avere origine, in parte, dai residui organici e dai concimi e, benché questo rappresenti solo una piccola parte del fosforo trasportato, può essere una grossa fonte di disturbo per la qualità dell'acqua.

Le aree tampone riescono a trattenere solo una piccola porzione del fosforo disciolto (meno del 25% con una fascia di 9,1m) proveniente dal campo, ma aree filtro abbastanza ampie (19,1m) hanno mostrato di rimuoverne più del 58% (Dillaha et al. 1985).

Tabella 1. Rimozione del fosforo in una fascia tampone

Study	Total P Removal	
	4.6 m buffer	9.1 m buffer
Dillaha et al 1988	71.5%	57.5%
Dillaha et al 1989	61%	79%
Magette et al 1987	41%	53%
Magette et al 1989	18%	46%

Anche l'azoto contribuisce all'eutrofizzazione dei corpi acquiferi e concentrazioni di tale elemento e di nitrati maggiori di 10 ppm rendono le acqua non potabili. Gli ioni nitrato sono molto mobili e possono essere assorbiti dalla vegetazione: un ettaro di fascia tampone rimuove 45 kg di azoto in un anno; in condizioni non ottimali si può arrivare ai 9,6 kg/ettaro all'anno (Lowrance et al. 1985), (tabella 2)

Tabella 2. Rimozione dell'azoto per mezzo di fasce tampone

Study	Total N Removal	
	4.6 m buffer	9.1 m buffer
Dillaha et al 1988	67%	74%
Dillaha et al 1989	54%	73%
Magette et al 1987	17%	51%
Magette et al 1989	0%	48%

Un importante processo legato alla rimozione di inquinanti è la denitrificazione. Questo comporta la riduzione di nitrati o nitriti ad azoto gassoso, e in determinate condizioni è sufficiente a rimuovere tutto l'azoto introdotto dal campo fino alle fasce tampone (tabella 3).

Tabella 3. Dati riferiti a studi di diversi autori sulla capacità delle fasce tampone di rimuovere i nitrati in acque sub superficiali di falda. È interessante notare come con fasce tampone di soli 16metri si arrivi ad una concentrazione finale di nitrato di molto inferiore alle concentrazioni considerate potenzialmente pericolose (10 mg/L).

	Width (m)	% Reduction	Final Conc. (mg/L)
Osborne and Kovacic (1993)	16	96	<1.0
Haycock and Pinay (1994)	16	84	N.R.
Haycock and Pinay (1994)	20	99	N.R.
Mander et al (1997)	20	81	N.R.
Mander et al (1997)	28	80	N.R.
Hubbard (1997)	30	78	9
Hanson et al (1994)	31	94	0.5
Osborne and Kovacic (1993)	39	95	<1.0
Jordan et al (1993)	60	95	0.4
Lowrance (1992)	60	94	0.81

I batteri coinvolti nel processo di denitrificazione vivono in simbiosi con le radici delle piante (figura 7).

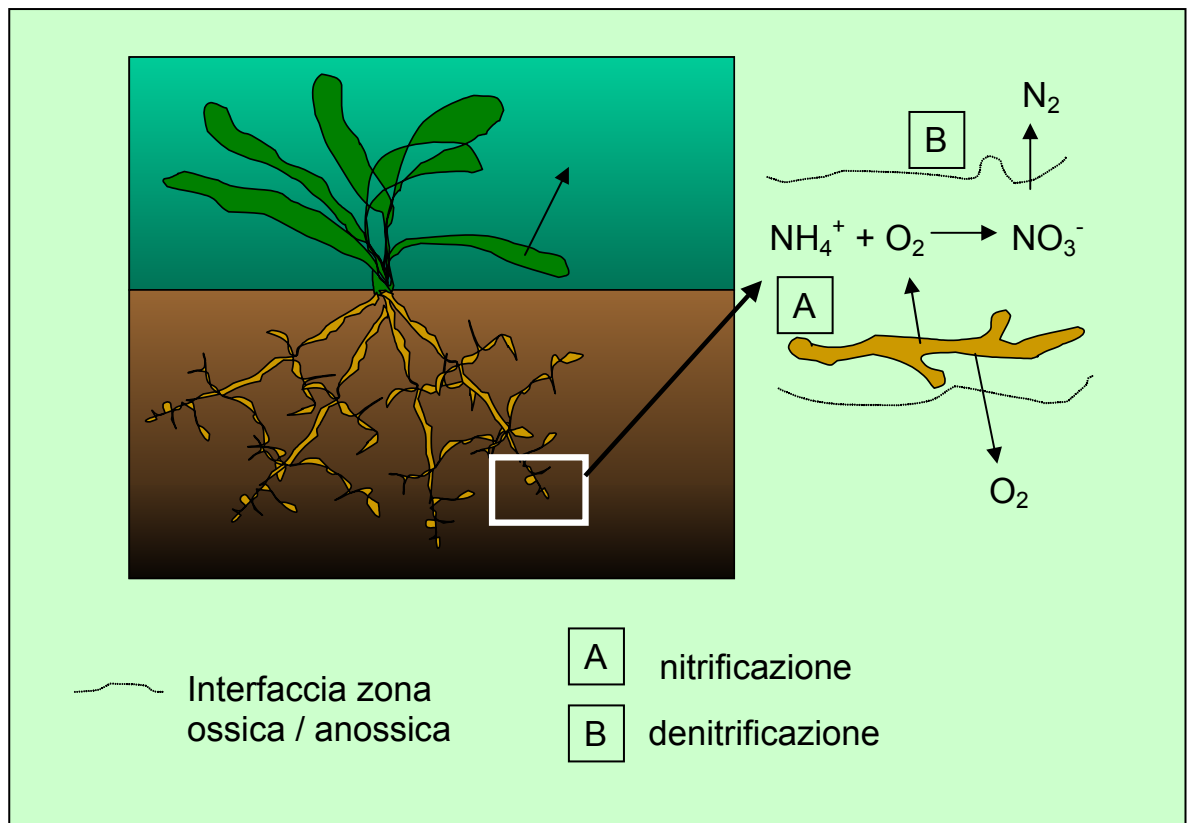


Figura 7. Esempio di processo di rimozione dell'ammoniaca nella rizosfera di una macrofita acquatica. Le macrofite stimolano la rimozione di P e N in modo diretto (assorbimento ed accumulo) e indirettamente (denitrificazione e precipitazione).

Le aree tampone possono anche giocare un ruolo importante nella prevenzione della contaminazione del corso d'acqua da certi pesticidi. Bisogna notare però che alcune specie vegetali possono essere danneggiate dalla presenza di certe sostanze; per esempio gli erbicidi comunemente usati nella produzione di patate possono simultaneamente limitare la crescita dell'erba. La presenza di questi erbicidi nelle acque di percolamento può causare la morte dell'erba della zona tampone diminuendo in modo significativo la sua efficacia.

Le fasce tampone boscate offrono altri importanti vantaggi di notevole interesse.

Esse permettono lo sviluppo e la diversificazione degli habitat: i grossi detriti legnosi forniscono una grande riserva alimentare che dura nel tempo e possono creare buche utili come rifugio termico, zone di riposo e sosta e come protezione dal disseccamento, o anche isolette e zone di calma in cui i pesci possono trovare rifugio durante le piene e possono deporre uova e svezzare i pesci appena nati (figura 8 e 9).



Figura 8 e 9. Detriti legnosi derivanti dalla vegetazione riparia.

La vegetazione riparia ha un effetto di controllo della temperatura: quest'ultima infatti viene ridotta grazie all'azione di ombreggiamento e di evapotraspirazione con importanti conseguenze sui cicli vitali e sulla disponibilità di ossigeno nel corpo idrico in quanto l'ossigeno disciolto diminuisce all'aumentare del riscaldamento dell'acqua.

La vegetazione boschiva costituisce un habitat insostituibile per molte specie di uccelli, mammiferi, anfibi e rettili ed è un importante corridoio ecologico che fornisce la possibilità alle specie di potersi spostare incentivando la ripopolazione di aree limitrofe e quindi aumentando la biodiversità.

Gli apparati radicali delle piante consolidano le sponde, proteggendole dalla forza erosiva delle piene e della corrente.

Altri vantaggi importanti sono rappresentati dalla produzione di energia rinnovabile e dalla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

I settori agricolo e forestale in particolare, possono giocare un ruolo non trascurabile nel contenimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Dato che il tasso di fissazione annuale della CO<sub>2</sub> è massimo durante la fase di crescita delle piante e si annulla una volta che è stato raggiunto l'equilibrio (climax), è chiaro che, ai fini della riduzione del tenore di CO<sub>2</sub>, più dei boschi naturali andranno considerate le formazioni forestali coltivate e gli impianti produttivi. Anche l'impianto delle fasce vegetate ripariali quindi, accanto ad un adeguato programma di rimboschimento, può contribuire a

rendere disponibili nuove biomasse, sfruttando superfici non destinate all'agricoltura perché poco produttive o lasciate incolte in rispetto delle direttive comunitarie.

La quantità di anidride carbonica rilasciata durante la decomposizione, sia che essa avvenga naturalmente, sia per effetto della conversione energetica, è equivalente a quella assorbita durante la crescita della biomassa stessa; non vi è quindi alcun contributo netto all'aumento del livello di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.

L'utilizzazione energetica del legno prodotto e sottoprodotti derivanti dalla sua lavorazione rappresenta una forma di approvvigionamento rinnovabile, che contribuisce a ridurre il ricorso ai combustibili fossili.

Un ultimo aspetto da prendere in considerazione è quello estetico. La presenza di siepi, in particolare con profilo continuo, vegetazione fitta e distribuita in modo regolare, accrescono la gradevolezza del paesaggio; il gradimento aumenta quando la siepe è posta perpendicolarmente rispetto all'angolo visuale e arriva fino ai bordi dell'appezzamento, presumibilmente perché ciò origina un preciso effetto del limite e acuisce il contrasto fra linee verticali ed orizzontali nel paesaggio.

Poiché numerosi studi testimoniano che è possibile attribuire un valore economico al paesaggio rurale, valutare anche questo aspetto delle siepi riparali rappresenta un passaggio strategico per favorire gli impianti da parte degli agricoltori, soprattutto nei terreni di pianura.

#### **4.2. EFFICACIA DELLE FASCE TAMPONE**

Il tempo di permanenza dell'acqua all'interno delle fasce tampone è elemento decisivo per il miglioramento della qualità del corpo idrico. Fattori di notevole importanza nel condizionare il risultato della depurazione sono la struttura del tampone, la sua larghezza, la composizione e lo stato della vegetazione.

Nelle nostre realtà, le prime ricerche hanno evidenziato risultati assolutamente interessanti, in quanto hanno messo in evidenza che tamponi larghi 6 m e costituiti da un filare arboreo vicino al fosso e una capezzagna inerbita verso il campo hanno consentito un abbattimento estremamente elevato della concentrazione di N nitrico, P solubile e erbicidi nell'acqua della falda. Si è anche confermata la notevole efficacia delle fasce tampone nel ridurre i volumi di ruscellamento, la concentrazione di materiale eroso e di fitonutrienti ad esso adsorbiti. Ne risulta un forte effetto protettivo nei confronti dei corsi d'acqua superficiali (tabella 4).

Tabella 4. Efficacia di una fascia tampone vegetata di 19 metri (Peterjohn e Correll 1984)

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>LIVELLO DI RIDUZIONE (%)</b>
Particolato sospeso	89,7%
Nitrati - azoto	60,4%
Fosforo totale	73,7%
Fosforo disciolto	58,1%
Carbonio organico	59,9%

#### **4.3. RISULTATI ATTESI E LORO MISURABILITÀ IN TERMINI DI BENEFICI SOCIALI ED ECONOMICI**

Il progetto prevede un'intensa attività di animazione nei confronti degli imprenditori agricoli e non operanti nell'area di interesse. Tale attività è finalizzata alla promozione delle fasce tampone boscate come strumento per la salvaguardia ambientale, ma anche per la diversificazione dell'attività agricola e quindi per la promozione di uno sviluppo rurale sostenibile. L'evoluzione dell'attività agricola dalla sola produzione di beni alla fornitura di servizi ambientali rappresenta una delle possibili implicazioni sociali positive del progetto.

La riqualificazione del bacino idrografico consentirà inoltre di aumentare il suo grado di fruibilità da parte della popolazione.

Oltre agli indiscussi ed importantissimi benefici ambientali di qualità e sostenibilità è utile individuare anche i vantaggi di tipo economico che possono incentivare la realizzazione di questi impianti da parte dei proprietari terrieri e dei privati.

In questi termini il progetto potrà portare vantaggio agli agricoltori che accederanno ai finanziamenti del PSR per le misure inerenti l'impianto delle fasce tampone boscate.

L'introduzione in azienda delle siepi con la funzione, oltre che ambientale, di produzione di legna da ardere potrà inoltre essere adeguatamente sfruttata dagli imprenditori agricoli per differenziare ed integrare validamente il proprio reddito.

L'introduzione delle fasce boscate, unitamente agli interventi di ingegneria naturalistica, andranno auspicabilmente a ridurre i problemi di erosione spondale, consentendo un risparmio economico dal punto di vista della manutenzione.



## 4.4. COME SI REALIZZANO

### 4.4.1. LA STRUTTURA DELLE FASCE TAMPONE

La struttura delle zone tampone ripariali si può dividere in tre parti (figura 10): la prima zona è costituita da specie arboree adulte disposte lungo il bordo del corso d'acqua che stabilizzano le rive e apportano ombra al corpo idrico riducendo la temperatura. Vi è assorbimento di nutrienti anche se in quantità minore rispetto alla zona 2. Quest'ultima è costituita da alberelli in fase di crescita e da cespugli ed è la zona di massimo assorbimento di nutrienti in quanto le giovani piante richiedono quantità molto maggiori di nutrienti, rispetto a quelle adulte, indispensabili per la crescita. Questa zona inoltre costituisce l'habitat per molte specie animali e può fornire benefici economici da parte del proprietario dovuti alla produzione di biomassa vegetale che può essere periodicamente tagliata quando le piante raggiungono la maturità.



Figura 10. Nella costruzione di fasce tampone si ricrea la struttura della vegetazione nell'ambiente naturale, distinguibile in tre zone.

La terza zona consiste in una fascia filtro costituita da erba dove viene a concentrarsi l'acqua e il flusso idrico derivante dai campi adiacenti riducendo notevolmente il dilavamento del suolo e favorendo l'infiltrazione nel suolo ed inoltre aiuta a filtrare i sedimenti ed i relativi inquinanti presenti. Anche le erbe presenti in questa zona possono essere periodicamente tagliate per facilitare e massimizzare l'assorbimento e la rimozione (tabella 5).



Tabella 5. Funzioni, vegetazione e gestione delle tre zone di una fascia tampone

<i>Width</i>	<i>Purpose</i>	<i>Vegetation</i>	<i>Management Considerations</i>
<b>Zone 1</b> 15 ft. minimum width from top of bank, measured perpendicular to stream.	1) Creates a stable ecosystem adjacent to water's edge, 2) reduces runoff nutrient levels, 3) provides shade, 4) contributes organic matter and large woody debris.	Native riparian trees, shrubs, forbs, and grasses suited to a wet environment.  Use fast-growing tree species where banks must be stabilized.	Exclude heavy equipment. Remove trees only for hazard reduction. Livestock presence is discouraged except at designated stream crossings. Avoid concentrated surface runoff through use of flow spreaders.
<b>Zone 2</b> 60 ft. minimum width.	Provides contact time and carbon and energy sources to stabilize and store nutrients.	Predominantly native riparian trees, shrubs, forbs, and grasses.	Avoid gullying by maintaining vegetation and grading. Management for timber or wildlife is encouraged, but leaf litter and shade levels should be maintained.
<b>Zone 3</b> 20 ft. minimum width.  Ungrazed grassland may serve as Zone 3.	1) Provides area to convert concentrated overland flow to uniform sheet flow. 2) Promotes deposition of sediment, infiltration of runoff, and uptake of nutrients by vegetation.	Dense perennial grasses and forbs.	Vegetation should be maintained in vigorous growth. Weed control may be needed. Periodic reshaping may be necessary to prevent gully formation.

#### 4.4.2. LA COSTRUZIONE DI BUFFER STRIPS

I diversi stress apportati dal pascolo, dall'erosione superficiale del suolo, dalle attività ricreative umane, dalla costruzione di strade, dalla deforestazione e dalle inondazioni hanno contribuito alla degradazione di molte zone tampone. Per riqualificare o costruire le buffer strips si devono considerare diversi importanti fattori.

L'efficienza di una buffer strip è influenzata dalla pendenza della riva. Rive con pendenze superiori al 18,5% sono assai più suscettibili all'erosione da alti livelli di acqua rispetto a rive meno ripide .

Gli argini aventi aree con pendenze più ripide del 12% non sono idonee per la costruzione di fasce tampone; in questo caso l'elevata velocità dell'acqua di dilavamento riduce in modo sostanziale la capacità della fascia di trattenere i sedimenti.

Anche la forma della pendenza ne influenza l'efficacia: le fasce tampone tendono ad essere efficaci su pendenze uniformemente convesse.

La scelta delle piante è un altro punto molto importante.

Conoscendo la relazione tra le piante ed il loro habitat fisico possiamo selezionare le specie più adatte per la costruzione e la riabilitazione delle aree tampone. Le specie che sono adattate alle condizioni locali e sono frequentemente presenti nell'area, devono essere predilette per la costruzione o il ringiovanimento della fascia boscata.

Tra le specie arboree di pianura che si possono utilizzare in un intervento di recupero dell'ambiente fluviale troviamo: *Acer campestre*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Populus alba* e *Populus nigra*, *Quercus ilex*, *Salix alba*, *Ulmus minor*, *Carpinus betulus*, *Morus alba* e *Morus nigra*. Tra quelle arbustive invece si possono utilizzare: *Ligustrum vulgare*, *Salix purpurea* e *Salix triandra*, *Rubus caesius*, *Sambucus nigra*, *Viburnum lantana*, *Viburnum opulus*.

Quest'ultima è detta Pallon di maggio (figura 11); è un arbusto di medie dimensioni, raggiunge un'altezza massima di 3 metri appartenente alla famiglia delle Caprifogliaceae. Ha un rapido accrescimento ed è riccamente ramificato.



Figura 11. *Viburnum opulus*.

L'apparato radicale è molto espanso e fitto. Le foglie sono caduche, opposte, picciolate, con lamina penta o trilobata e margine dentato. In autunno la colorazione vira verso il rosso vivo. Le infiorescenze sono ad ombrella composta, molto appariscenti a causa di una corona esterna di fiori sterili, bianchi e a numerosi fiori interni bianco giallicci, più piccoli dei precedenti e fertili. I frutti sono drupe tondeggianti, di colore rosso brillante. La sua presenza si riscontra normalmente nei boschi umidi e nelle siepi che bordano i canali irrigui. Il pallon di maggio è stato scelto per alcune sue caratteristiche peculiari: - l'apparato radicale espanso e fitto assicura il consolidamento del bordo della scolina; - ha una funzione frangivento, coprendo la parte basale della siepe, lasciata scoperta dai tronchi degli alberi. (Pignatti,1982). Altre caratteristiche minori che possono far ritenere questo arbusto una specie idonea alla formazione di siepi sono: - la buona attitudine nettarifera dei fiori che permette la produzione di miele; - la produzione di essenze officinali; - la funzione decorativa.

Le specie erbacee più utilizzate sono: *Agrostis stolonifera*, *Festuca arundinacea*, *Poa trivialis* e *Lolium multiflorum*.

*Festuca arundinacea* (figura 12) è una pianta erbacea perenne, appartenente alla famiglia delle Graminaceae. L'apparato radicale è fascicolato, molto sviluppato e profondo abbastanza da

permettere il superamento di periodi siccitosi, forma inoltre corti stoloni. Per tali caratteristiche risulta essere una pianta adatta al consolidamento di pendici franose. Le foglie sono di colore verde scuro, scabre, per la presenza di scaglie silicee, con nervatura media accentuata. Il portamento è rigido, l'angolo tra lamina e guaina fogliare è piuttosto chiuso.



Figura 12. *Festuca arundinacea*

Il fusto è eretto e può raggiungere altezze variabili tra 80 e 160 cm, alla base presenta pigmentazione rosso scura. L'abbondante accostamento porta alla formazione di cespi compatti. L'infiorescenza è una pannocchia composta da spighe poliflore. Il frutto è una cariosside vestita. E' una pianta molto rustica, questa sua caratteristica la rende interessante per l'utilizzo in tutti gli ambienti, ma soprattutto nelle condizioni più limitanti: infatti, si adatta molto bene sia alle condizioni di siccità, che alle basse temperature. Inoltre si cresce bene in tutti i terreni. Presenta una ripresa primaverile precoce, il ricaccio è rapido e abbondante, tuttavia l'insediamento iniziale è piuttosto lento. La scelta della festuca come componente erbacea della fascia tampone è stata dettata da alcune delle sue caratteristiche:

- il suo buon accostamento, che assicura un'ottima copertura del terreno e quindi una buona azione filtrante sui sedimenti ed un elevato rallentamento del deflusso superficiale. (Pignatti, 1982);
- la sua rusticità che permette un buon adattamento al nostro ambiente.

Le piante decidue hanno maggiore richiesta di nutrienti rispetto alle conifere; questo è dato dal fatto che le decidue devono compensare la perdita di nutrienti derivata dall' annuale perdita delle foglie.

L'assorbimento vegetativo non è altro che il prelevamento dei nutrienti presenti nel substrato principalmente attraverso le radici della pianta; alcune specie possono avere grandi capacità di assorbimento ma non riuscire a trattenere tutti i nutrienti immagazzinati e per tanto non sono molto

funzionali ai fini del loro utilizzo nelle fasce tampone. Sono preferibili specie di piante che possono avere una capacità di assorbimento delle sostanze ridotta ma che riescono ad assimilarle in quantità elevate.

Una zona tampone vigorosa include un misto di specie di piante a legno duro e a legno dolce con una copertura della chioma pari a circa il 70%. Una distesa troppo matura di ogni singola specie è generalmente sconsigliata in quanto si possono verificare dei problemi; ad esempio il corso d'acqua può essere bloccato da un numero eccessivo di alberi caduti. Inoltre l'eccessiva ombreggiatura degli grossi alberi può ostacolare la crescita di erbe, arbusti, e altra bassa vegetazione.

Le piante e i cespugli hanno un ruolo dominante nella stabilizzazione delle rive e nella riduzione dell'erosione, mentre le specie erbacee filtrano ed assorbono alcuni nutrienti dalla superficie di dilavamento come l'azoto (tabella 6).

È importante notare che il tipo di vegetazione selezionata deve essere in grado di resistere alla sommersione di acqua e sedimenti.

La crescita di queste piante deve essere veloce a sufficienza per sopravvivere alla deposizione dei sedimenti.

È inoltre vantaggioso utilizzare piante che estendono la loro crescita con stoloni o rizomi in quanto aiutano a mantenere la vegetazione sulla sommità dei sedimenti recentemente depositi.

Tabella 6. Efficacia relativa di differenti tipi di vegetazione in relazione a specifici vantaggi

Beneficio	Tipo di vegetazione		
	Erbacea	Arbustiva	Arborea
Stabilizzazione delle sponde erose	bassa	alta	alta
Filtrazione dei sedimenti	alta	bassa	bassa
Filtraz. di nutrienti, pesticidi, microorganismi:			
legati ai sedimenti	alta	bassa	bassa
in soluzione	media	bassa	media
Habitat acquatici	bassa	media	alta
Habitat per la fauna selvatica:			
fauna di aree aperte/pascolo/prateria	alta	media	bassa
fauna forestale	bassa	media	alta
Prodotti di valore economico	media	bassa	media
Diversità paesaggistica	bassa	media	alta
Protezione dalle piene	bassa	media	alta

La miglior posizione per piantare nuovi arbusti può essere identificata osservando ed imitando la posizione della vegetazione circostante. È importante piantare alberi e arbusti abbastanza vicini al corso d'acqua allo scopo di facilitare l'assorbimento dell'acqua, ma allo stesso tempo bisogna

valutare se esiste la possibilità che questi vengano sradicati e portati via da eventuali eventi di piena.

Per questi motivi è importante capire la composizione del suolo e l'idrologia del fiume per poter costruire una buffer strip funzionale.

Lo spazio tra gli alberi e gli arbusti può variare in base alle specie utilizzate e la tecnica di piantumazione.

La densità degli arbusti e del sottobosco deve essere accresciuta lungo i margini dell'area tampone e quando le fasce intersecano dei canali.

L'ampiezza, infine, è un fattore che varia a seconda dello scopo per cui la fascia tampone è stata creata. Essa può variare dai 3 metri se l'intenzione è quella di stabilizzare le sponde, ai 45 metri o più se si vuole costituire un habitat.

Vi sono vari fattori che possono influenzare l'ampiezza di una buffer strip, questi sono:

- ripidità dei pendii adiacenti;
- esigenza di protezione delle zone golenali;
- aumento di detriti organici su larga scala;
- carico di nutrienti e sedimenti prodotti dal dilavamento;
- intensità dei sistemi di produzione circostanti;
- necessità di stabilizzare la temperatura del fiume;
- necessità di formare corridoi ecologici;
- utilizzo dell'acqua (es: acqua potabile);
- tipo delle diverse specie utilizzate nella fascia.

La presenza di specie sensibili o a rischio all'interno o attorno al corso d'acqua può esigere aree tampone più ampie; ad esempio specie sensibili come la trota hanno bisogno di aree ampie anche 23 metri, mentre per altre specie non sensibili l'ampiezza può essere anche di solo 1,5 metri.

Un nutrito numero di ricercatori ha stabilito che esiste una relazione tra la pendenza della sponda e l'ampiezza necessaria della fascia; in particolare si è proposto un incremento compreso tra i 0,7 e gli 1,5 metri per un incremento dell'1% della pendenza.

#### **4.4.3. GESTIONE DELLE FASCE VEGETATE**

Le esigenze gestionali dipendono dallo scopo per cui le fasce tampone sono state costruite

Finché gli alberi e gli arbusti non raggiungono dimensioni sufficienti, è spesso necessario il controllo delle specie erbacee in competizione.

A tale scopo sono buoni metodi lo sfalcio e la pacciamatura; l'aratura non è efficace.

Gli erbicidi possono essere utili per controlli occasionali, posto che la loro etichettatura non ne proibisca l'utilizzo in prossimità dei corsi d'acqua.

La pacciamatura può essere necessaria per la sopravvivenza iniziale di alberi e arbusti nelle regioni più aride.

In alcuni luoghi può essere necessario proteggere i giovani impianti arborei ed arbustivi dalla fauna selvatica, quali cervi, conigli e castori.

Nei casi in cui l'aratura dell'adiacente terreno agricolo, o i sedimenti intrappolati in una fascia con funzione di filtro delle acque di ruscellamento superficiale, abbiano portato alla formazione di un argine che impedisce un uniforme scorrimento superficiale attraverso la fascia tampone, si rende necessaria la rimozione degli accumuli di suolo.

Per mantenere una crescita vigorosa delle piante, favorendo l'efficienza delle funzioni di filtro e di assorbimento dei nutrienti, può rendersi necessario il taglio periodico della vegetazione della fascia tampone, ricavandone prodotti commerciali.

Il programma di mantenimento dovrebbe essere flessibile ed adattarsi ai programmi del proprietario.

## **5. CARATTERIZZAZIONE DI UNA FASCIA TAMPONE BOSCATO NELLA GOLENA DEL FIUME OGLIO**

L'area di studio, nella quale si sono svolte le indagini finalizzate alla caratterizzazione di una fascia tampone boscata, si colloca in località "Boschina Mortizza", all'interno del territorio del Parco Oglio Sud, nei pressi della foce in Po. Posta parallelamente al corso del fiume, se ne trova rilevata mediamente di ca. 2-3 m, rispetto all'alveo di morbida. Nel corso del 2003 è stata piantumata con essenze tipiche delle aree riparie, interessate periodicamente dagli eventi di piena, a ricostruire una fascia tampone boscata.

### **5.1. MATERIALI E METODI**

Tra le specie arboree utilizzate con maggiore frequenza ricordiamo: *Ulmus minor*, *Fraxinus oxycarpa*, *Sambucus nigra*, *Populus nigra*, *P. alba* e *Alnus glutinosa*.

Considerata la giovane età delle piante utilizzate per la ricostituzione della fascia tampone e considerando i risultati riportati in bibliografia relativi all'importanza dei processi batterici e chimici nei terreni superficiali ed accoppiati agli essudati radicali delle specie arboree riparie, l'attività sperimentale si è incentrata su stime di adsorbimento e su misure di scambi di soluti effettuate in laboratorio, mediante l'incubazione di carote intatte di sedimento prelevate *in situ*.

#### **5.1.1. STIME DEI PROCESSI DI ADSORBIMENTO E SCAMBIO DEGLI IONI $\text{NH}_4^+$ E $\text{PO}_4^{3-}$**

Campioni di terreno (6 repliche) sono stati prelevati mediante tubi di plexiglass trasparente (i.d. 8 cm, altezza 40 cm); il campionamento ha interessato in modo casuale tutta l'area tampone. Al momento del prelievo il terreno era privo di vegetazione. L'orizzonte investigato è quello più superficiale, compreso tra 0 e 30 cm di profondità circa.

In laboratorio i terreni sono stati estrusi, essiccati e polverizzati con un mortaio in ceramica ed un pestello. Aliquote da 1 g di materiale secco sono state trasferite in tubi da 50 ml prepesati. Ai tubi sono stati aggiunti 25 ml di acqua prelevata dal fiume Oglio filtrata e arricchita di ione ammonio e ione ortofosfato.

I tubi sono stati successivamente chiusi con un tappo a vite e posizionati per un'ora su un agitatore rotante. Successivamente la miscela acqua-sedimento di ciascun tubo è stata centrifugata e filtrata

ed analizzata secondo le metodiche descritte precedentemente per la determinazione della concentrazione dei due ioni.

### 5.1.2. STIME DEI FLUSSI DI OSSIGENO E NUTRIENTI DURANTE LE FASI DI INONDAZIONE

La simulazione dell'allagamento della fascia tampone è stata effettuata in laboratorio lavorando su carote intatte. 12 tubi di terreno sono stati prelevati, livellati e trasferiti in laboratorio assieme a circa 200 litri d'acqua prelevati dal fiume.

In laboratorio le carote sono state trasferite in una vasca di incubazione (figura 13) e in ogni carota è stata sospesa una barretta magnetica teflonata (lunghezza 4 cm) a circa 5 cm dall'interfaccia terreno aria. Ogni carota è stata quindi sommersa con acqua del fiume.

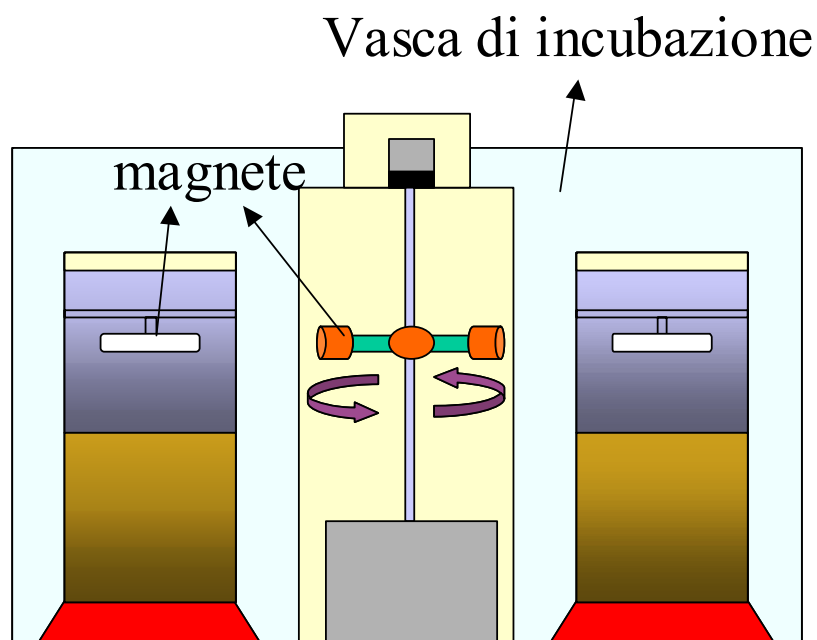


Figura 13. Setup sperimentale per la misura di flussi terreno/sedimento-acqua in carote intatte.

Il sistema di agitazione dell'acqua all'interno della carota è stato fatto ruotare a 40 rpm da un rotore centrale attorno cui sono state disposte le carote. Il sistema di agitazione è stato mantenuto in funzione durante tutto l'esperimento di incubazione per evitare la stagnazione dell'acqua e per simulare le condizioni dell'ambiente naturale. Dopo l'aggiunta dell'acqua un tappo di plexiglass trasparente è stato posizionato all'estremità delle stesse. Appena prima della chiusura dei liners un



sottocampione di acqua (circa 50 ml) è stato prelevato per le analisi di O<sub>2</sub>, DIC (carbonio inorganico disciolto), NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Sottocampioni di acqua sono stati prelevati dalle singole carote mediante rapida asportazione del tappo superiore ad intervalli variabili. Il volume prelevato è sempre stato inferiore al 10% dell'acqua presente all'interno delle carote ed è stato immediatamente rimpiazzato con uno stesso volume di acqua prelevato dalla vasca di incubazione. I prelievi sono stati effettuati nella prima fase dell'esperimento, durante la fase di progressiva percolazione e saturazione dei terreni con l'acqua del fiume e dopo due giorni dall'aggiunta.

Mediamente, i flussi acqua-sedimento relativi alla simulazione dei primi momenti dell'inondazione sono stati calcolati nelle prime 4 ore di esperimento, mentre i tassi tipici dei suoli inondatai sono stati calcolati almeno 20 ore dopo l'aggiunta dell'acqua.

I tassi di consumo di ossigeno e i flussi di carbonio inorganico disciolto (DIC), NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> sono stati determinati mediante l'equazione (1):

$$(1) \quad f = \frac{(C_f - C_i) \times h}{t}$$

dove  $C_i$  e  $C_f$  rappresentano rispettivamente la concentrazione di ciascuna molecola e di ciascuno ione considerati, al tempo iniziale e al tempo finale dell'incubazione;  $h$  rappresenta l'altezza della colonna d'acqua all'interno della carota;  $t$  è il tempo di durata dell'incubazione.

## 5.2. RISULTATI

### 5.2.1. RISULTATI DELLE PROVE DI SOSPENSIONE

I grafici di figura 14 illustrano i risultati relativi alle prove di adsorbimento fosfatico e scambio dell'azoto ammoniacale.

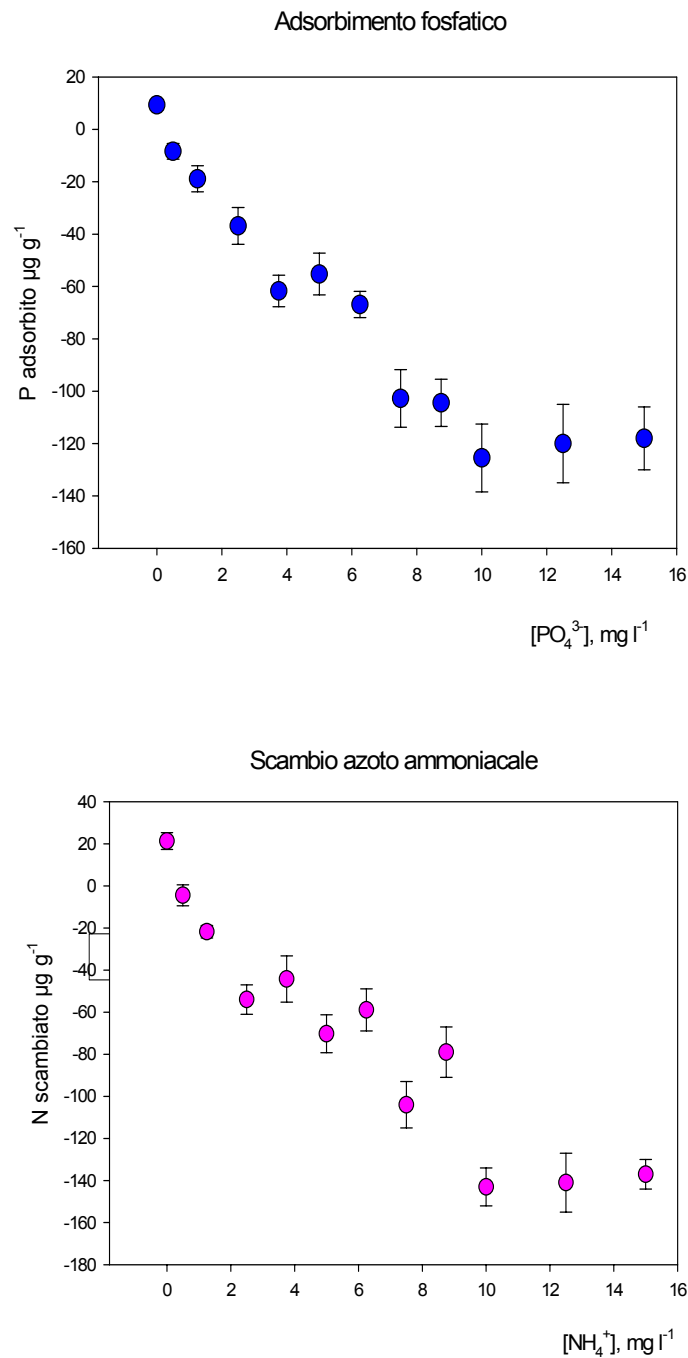


Figura 14. Risultati delle prove di sospensione di terreni della fascia tampone con acque di origine fluviale arricchite di azoto ammoniacale e fosforo reattivo.

Le soluzioni utilizzate avevano concentrazioni dei due ioni comprese tra 0 e 15 mg l<sup>-1</sup>, leggermente superiori a quelle che si riscontrano nel fiume. Il terreno utilizzato per le prove ha una discreta capacità chelante ed è in grado di abbattere nella prima fase dell'allagamento rispettivamente 130 e 140 µg di azoto ammoniacale e fosforo reattivo per ogni grammo di sostanza secca.

### 5.2.2. RISULTATI RELATIVI AI FLUSSI

Nella figura 15. sono riportati i flussi di ossigeno e carbonio inorganico disciolto relativi alle due incubazioni effettuate sommergendo il terreno della fascia boscata. Le barre relative alla condizione "terreno" sono relative alla prima parte dell'incubazione, quando ancora la carota non è satura d'acqua; quelle relative alla condizione sedimento sono relative alla saturazione, dopo 20 ore dall'aggiunta dell'acqua.

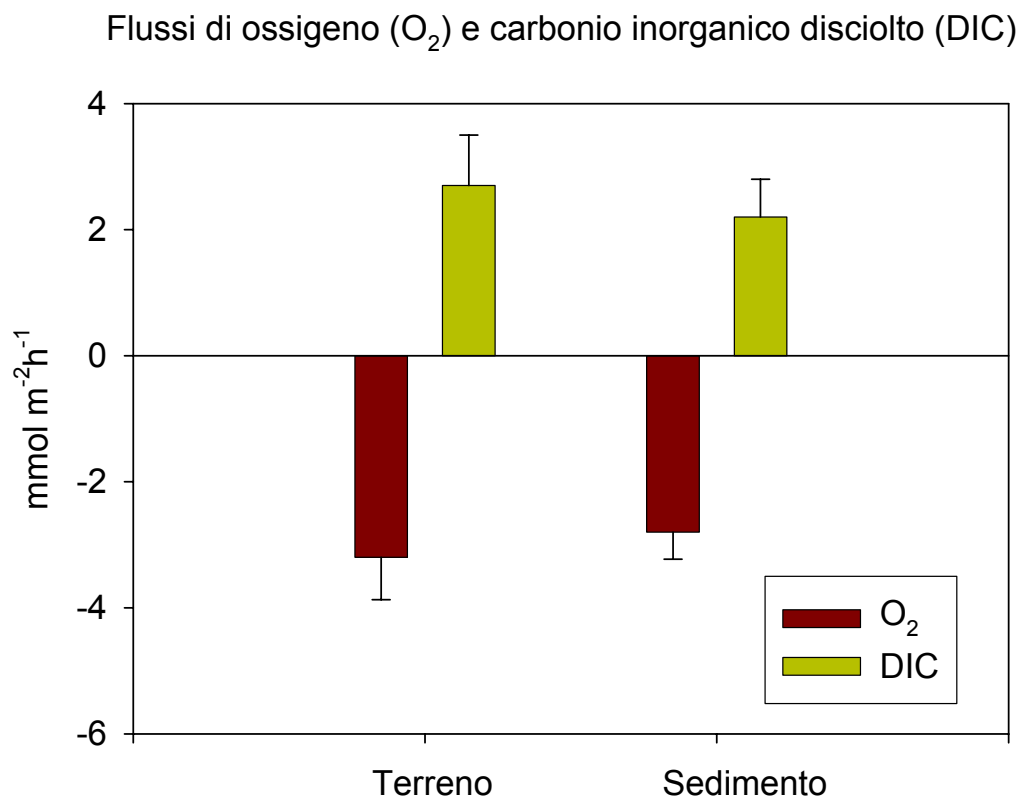


Figura 15. Respirazione aerobica (flusso dell'ossigeno) e respirazione totale (flusso del carbonio inorganico totale) misurate durante la simulazione dell'allagamento del terreno della fascia tampone boscata.

Nella figura 16 sono mostrati i flussi dei nutrienti inorganici nella prima e nella seconda fase dell'allagamento. La saturazione sembra avere effetto sulle dinamiche di tutti gli ioni considerati. In particolare:

- a) diminuisce la capacità chelante del terreno nei confronti del fosforo reattivo
- b) favorisce il rilascio dello ione ammonio
- c) favorisce l'abbattimento degli ioni nitrito e nitrato.

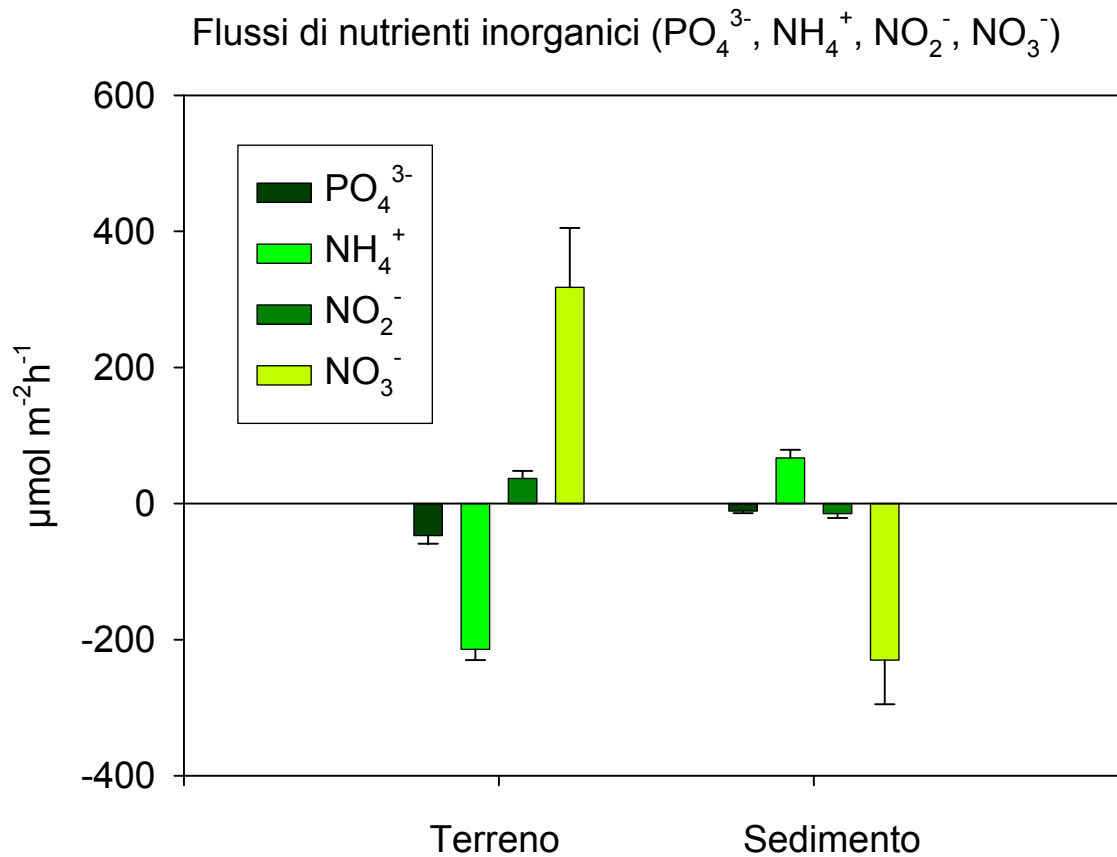


Figura 16. Flussi dei principali nutrienti inorganici attraverso l'interfaccia terreno-acqua (prima parte dell'incubazione) e attraverso l'interfaccia sedimento-acqua (seconda parte dell'incubazione).

### 5.3. CONCLUSIONI

L'area scelta per la sperimentazione è posta su un argine che in condizioni standard è almeno 2 metri più alto del livello del fiume. Da prelievi di carote profonde mediante una trivella da campo il terreno è risultato ampiamente fessurato e di colore chiaro (ben ossidato). Le prove effettuate con le

sospensioni hanno mostrato come il terreno abbia una buona capacità chelante nei confronti sia del fosforo ortofosfato che dello ione ammonio. Questo vuole dire che in caso di pioggia e dilavamento o in caso di inondazione il terreno ha una discreta capacità di scambio e siti liberi con cui intrappolare  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ . E' da sottolineare come le prove di sospensione siano state effettuate in condizioni ossiche.

Le simulazioni dell'inondazione hanno considerato sia la fase iniziale dell'allagamento, quando l'acqua del fiume viene a contatto con il terreno ed il terreno stesso è in condizioni ossidate, sia la fase successiva, quando il terreno è saturo d'acqua. Nella prima fase appare evidente (figura 13.3) la sottrazione all'acqua di fosforo (circa  $1,2 \text{ mg P m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) e di ammonio (circa  $2,3 \text{ mg N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), in accordo con i risultati delle prove di sospensione. In questa fase sia lo ione nitrito che lo ione nitrito, prodotti nel terreno a seguito del processo di nitrificazione, vengono rilasciati all'acqua in quanto altamente solubili. Questo flusso positivo avviene nonostante le elevate concentrazioni di questi ioni nel fiume Oglio (qualche mg per litro). Nella seconda fase dell'allagamento il sedimento mantiene una discreta capacità sequestrante nei confronti del fosforo, rilascia azoto ammoniacale e abbatte a seguito di processi di denitrificazione azoto nitroso e nitrico ( $2,6 \text{ mg N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ). L'anossia che si stabilisce a seguito della saturazione con acqua delle lacune gassose presenti nel terreno non sembra avere quindi un grande effetto sulle dinamiche del fosforo mentre ha un effetto quasi istantaneo su quelle dell'azoto. L'elevata disponibilità di azoto nitrico nelle acque spiega i tassi di scomparsa di questo ione, convertito probabilmente ad azoto molecolare e quindi perso dal sistema. Le condizioni che favoriscono la denitrificazione (saturazione d'acqua e anossia) sono però estremamente occasionali nel sito considerato per l'altezza dell'argine sul livello del fiume. In un'altra prospettiva l'alternanza di fasi in cui il livello del fiume è variabile si traduce in una costante riossidazione e rigenerazione dei buffer biogeochimici.

## **6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

- Corning R.V., 1975. Channelization: shortcut to nowhere. *Virginia Wildlife*, 6: 8.
- Damiani, G. Il recupero ecologico e funzionale dei corsi d'acqua, 12.
- Dillaha, T.A., J.H. Sherrard, D. Lee, S. Mostaghimi, V.O. Shanholtz. 1985. Sediment and Phosphorus transport in vegetative filter strips: Phase I, Field Studies. ASAE. Paper No: 85-2043.
- Ducnuigen Jan, Williard Karl, Steiner Roland C., 1997. Relative Nutrient Requirements of Plants Suitable for Riparian Vegetated Buffer Strips, 16.
- Eastern Canada Soil and Water Conservation Centre. Buffer strips and water quality: a review of the literature, 8
- Lowrance, R., R. Leonard and J. Sheridan. 1985. Managing riparian ecosystems to control non-point pollution. *JS W C*. Vol. 40:1. p. 87-91.
- Ludovici Andrea Agapito, Malcevschi Sergio, Marchetti Giuseppe, Bassanetti Caludio, Manfredi Giuseppe, Dicembre 2001. Ipotesi di criteri per la rinaturazione. Atti del Convegno a Milano: "Un patto per i fiumi. Piani di assetto idrogeologico e rinaturazione".
- Peterjohn, W.T. and D.L. Correll. 1984. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. *Ecology*. Vol. 65:5. p. 1466-1475.
- Pignatti S., 1982 - *Flora d'Italia*. Voll. 1, 2. Edagricole. Bologna.
- Pubblicazione del Natural Resource Conservation Service (NRCS) e del National Conservation Buffer Team (Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti), 2002. Fasce tampone: conservazione ragionevole. *Biol. Amb.*, 16 (n. 1, 2002)
- Sansoni, G., Idee per la difesa dai fiumi e dei fiumi, il punto di vista ambientalista, 97.
- Sansoni, G., 2003. Ruoli funzionali, ecologici e idraulici della vegetazione riparia, (presentaz.p.point)