# LA RIDUZIONE DEI CARICHI INQUINANTI PER MEZZO DELLA RIQUALIFICAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI

**B. Gumiero e B. Boz**
Università di Bologna - (CIRF) Centro Italiano di Riqualificazione Fluviale

I N D I C E

1. INTRODUZIONE 2
1.1 Importanza della connessione tra fiume e territorio nella riqualificazione fluviale 2
1.2 Gli ecotoni ripari 2
2. LA FUNZIONE TAMPONE DEGLI ECOTONI RIPARI: UN POTENTE DEPURATORE NATURALE DELL'INQUINAMENTO DI ORIGINE DIFFUSA. 4
2.1 Deflussi superficiali 5
2.2 Deflussi subsuperficiali 6
2.3 Progetti di ricerca condotti in Italia per la misura dell'efficienza delle aree tampone nell'abbattimento dell'azoto 7
3. ALTRE FUNZIONI DEGLI ECOTONI RIPARI 9
3.1 Controllo del funzionamento fluviale 9
3.2 Funzioni paesaggistiche e socio-economiche 10
4. RIQUALIFICAZIONE DEGLI ECOTONI RIPARI 11
4.1 Connettività idraulica e regolazione dei deflussi 11
4.2 La vegetazione ed i suoli ripari 12
4.3 Dove e come progettare le Fasce Tampone 14
4.4 Canali artificiali e zone di bonifica 17
4.5 Pianificare gli interventi di riqualificazione 18
4.6 Fasce Tampone Boscate e Piani di Tutela Acque 19
BIBLIOGRAFIA

# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 Importanza della connessione tra fiume e territorio nella riqualificazione fluviale

L'ecologia fluviale è una scienza relativamente giovane che ha verificato e messo a punto molti concetti fondamentali attraverso studi e ricerche condotte in Europa e Nord America, su sistemi fluviali che avevano subito interventi, più o meno consistenti, di artificializzazione. Tutto questo ha portato ad un'analisi parziale dei fenomeni poichè i corsi d'acqua sono stati considerati molto meno eterogenei e molto più stabili di quanto lo siano realmente nel loro stato naturale. Questa conoscenza incompleta ha limitato gli sviluppi scientifici e ha reso la gestione e la riqualificazione dei fiumi meno efficaci. Ciò ha riguardato in particolar modo le piane alluvionali dove i fiumi e i loro corridoi, inizialmente caratterizzati da interazioni dinamiche e da complessi gradienti ambientali tra sistemi lotici, lentici, ripari e falde; sono stati regolati, rettificati e spesso ridotti ad un singolo canale.

Gli sforzi per la conservazione e la riqualificazione tradizionalmente si sono focalizzati sulla protezione di specie in pericolo e/o sulla risoluzione di problemi specifici (es alta concentrazione di ammoniaca). Le ricerche più avanzate Ward *et al.* (2001), propongono un approccio olistico ed integrato, secondo cui è necessario considerare gli elementi del paesaggio associati con le acque superficiali e subsuperficiali e con i sistemi ripari Un approccio che si focalizzi sulla protezione e sulla ricostruzione dei processi ecologici a scala territoriale. In particolare, si mira a ricostruire, la connettività idrologica e a favorire la migrazione del canale fluviale, realizzando un meccanismo di riqualificazione fluviale che si autoperpetui e che sia quindi sostenibile. Da ciò si evince che gli ecotoni ripari vegetati, o "Fasce Tampone", sono parte integrante dell'ecosistema fluviale, poiché forniscono un importante contributo diretto al suo funzionamento.

## 1.2 Gli ecotoni ripari

La zona di transizione tra ecosistemi acquatici e terrestri è denominata "ecotono ripario". Essa è costituita dalla fascia di suolo, spesso coperta da vegetazione, presente lungo tutti i corsi d'acqua, indipendentemente dalla loro dimensione e portata. Questa fascia di suolo ripario è soggetta a frequenti periodi di inondazione da parte delle acque del fiume e/o da parte delle acque di falda che permangono per lunghi periodi in prossimità della superficie. Per questo, a differenza delle aree terrestri adiacenti, i suoli di queste aree sono spesso saturi e dotati di proprietà peculiari. In questa zona si crea inoltre un particolare equilibrio ecologico determinato dalla sovrapposizione delle funzioni e delle proprietà dell'ecosistema acquatico e di quello terrestre.

In corsi idrici poco artificializzati si crea un gradiente ininterrotto, dall'ambiente terrestre a quello acquatico, di comunità vegetali formate da specie adattate a resistere a periodi di sommersione degli apparati radicali, secondo gradienti di frequenza e durata che dipendono dalla distanza del corso d'acqua. Il passaggio da un tipo di vegetazione ad un altro può essere graduale o repentino, in rapporto alla tolleranza delle diverse specie alle inondazioni. La distribuzione di queste comunità si basa sulle diverse condizioni idrologiche e sui diversi tipi di suolo (Fig.1).

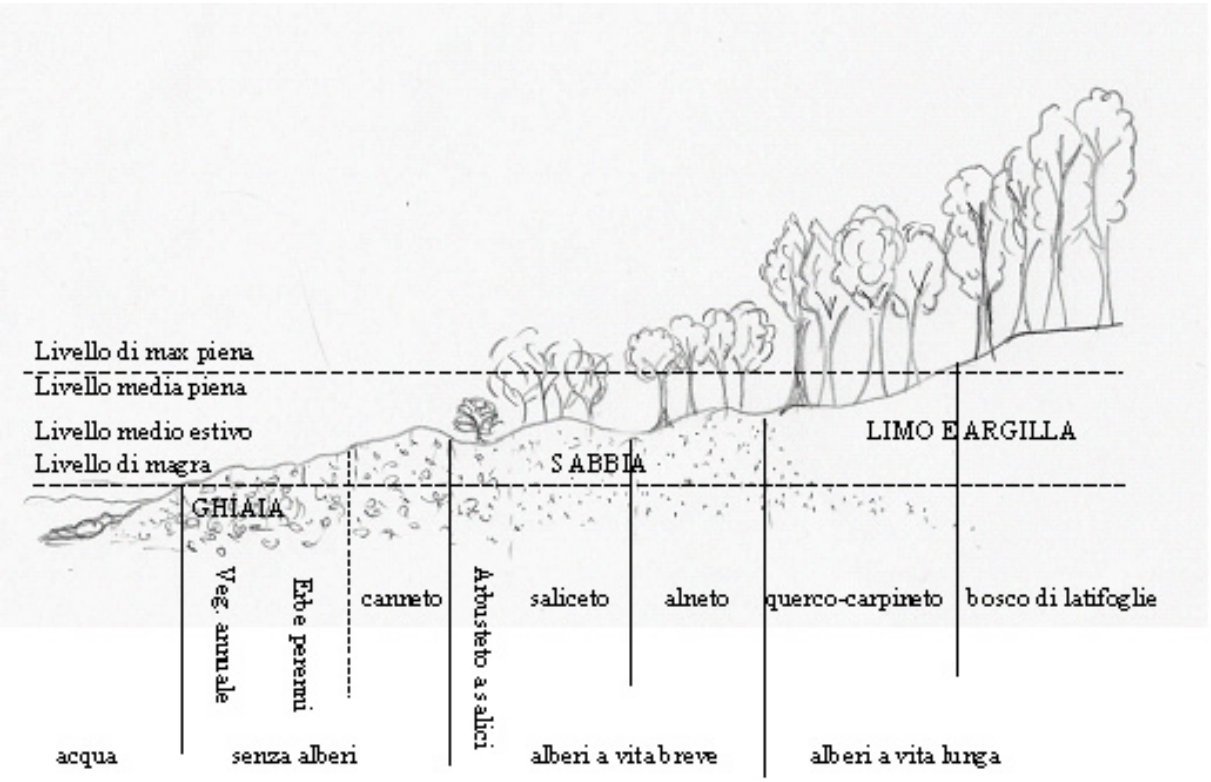


**Figura 1 Esempio di successione spaziale delle formazioni vegetali in un ecotono ripario.**

Il forte dinamismo spazio temporale che caratterizza questi ambienti dipende in larga misura dalla frequenza e dall'entità degli eventi idrologici oltre che dalla distanza dal corso d'acqua, con un passaggio da zone litorali dominate dai processi fluviali, a sistemi con caratteristiche sempre più associabili a quelle degli ambienti terrestri.

In generale le condizioni che caratterizzano maggiormente gli ecotoni ripari sono: la notevole variabilità spaziale e temporale, l'elevata produttività e la biodiversità. Infatti:

- i processi di inondazione, di essiccazione, di erosione e di sedimentazione determinano un **ambiente estremamente variabile nello spazio e nel tempo** detto a mosaico o a "patches" (Naiman et al., 1988). Ogni tassello del mosaico (patches) si distingue per caratteristiche del suolo, per il contenuto d'acqua, per la morfometria e quindi per la diversa comunità vegetale dalla quale a sua volta dipende una determinata comunità di invertebrati;
- **l'elevata produttività** della comunità vegetale dipende dall'elevato grado di umidità dei terreni, dai suoli profondi, dalla consistente disponibilità di nutrienti e dalla sua forma stretta e allungata che riduce la competitività intra ed interspecifica sia per la radiazione solare che per i nutrienti (Pinay et al., 1992).
- così come rilevato in generale per tutti gli ecotoni anche quelli ripari hanno un alto indice di **biodiversità**, poiché vi si possono rinvenire sia specie esclusive dell'ecotono, sia specie tipiche degli ecosistemi contigui, secondo un fenomeno comunemente detto "effetto margine" (la tendenza cioè delle comunità floristiche e faunistiche ad essere più abbondanti qualitativamente e quantitativamente nelle zone marginali).

Le interazioni che avvengono tra patches sono di fondamentale importanza nello studio degli ecotoni. Negli ultimi anni, infatti, gli ecologi stanno rivalutando l'influenza dei processi

interni autogenici (ruolo funzionale della biodiversità), che caratterizzano gli ecosistemi terrestri, rispetto a quelli esterni "allogenici" (variazioni idrodinamiche e termiche) sulla struttura e sul mantenimento di un ecotono, poiché se l'influenza degli eventi esterni sono importanti, anche i fattori interni quali la ricchezza di specie e la competizione devono essere considerati (Gough *et al.* 1994; Gumiero *et al.* 1997).

## 2 LA FUNZIONE TAMPONE DEGLI ECOTONI RIPARI: UN POTENTE DEPURATORE NATURALE DELL'INQUINAMENTO DI ORIGINE DIFFUSA.

I tempi impiegati e le modalità seguite dalle acque per raggiungere il fiume sono fortemente influenzate da diversi fattori quali: caratteristiche dei suoli, il livello e la tipologia della copertura vegetale, nonché, le condizioni climatiche. La conoscenza di questi fenomeni è fondamentale perché da essi dipende la velocità del deflusso d'acqua, il picco massimo di ruscellamento ed i carichi di sedimenti e soluti trasportati dalle acque.

Processi di ruscellamento e lisciviazione possono portare ad un arricchimento di nutrienti come azoto e fosforo ad alla contaminazione, con residui di fitofarmaci, sia delle acque sotterranee, sia di quelle superficiali. Gli ecotoni ripari, grazie soprattutto alla vegetazione, possono captare i diversi inquinanti presenti nei deflussi e nello stesso tempo contribuire ad aumentare la scabrosità della superficie del suolo rallentando i flussi superficiali, favorendo l'infiltrazione e la permanenza dell'acqua nel terreno da cui il nome di fasce tampone o filtro (Haycock *et al.* 1993).

Le fasce e le aree tampone possono venire definite **dirette o indirette** in relazione al fatto che siano in grado di intercettare gli inquinanti rispettivamente prima o dopo che essi abbiano raggiunto i corpi idrici (Fig. 2).

L'azione diretta di intercettazione dei deflussi superficiali e sub-superficili diretti al corpo idrico riguarda principalmente il reticolo idrografico minore. La diffusione capillare del reticolo minore nel territorio permette di avere enormi superfici di interfaccia tra il sistema terrestre ed acquatico e conferisce alle fasce tampone dirette un ruolo essenziale nella regolazione e nel trasferimento della sostanza inorganica e organica dal bacino di drenaggio al corpo idrico ricevente (Malanson, 1993).

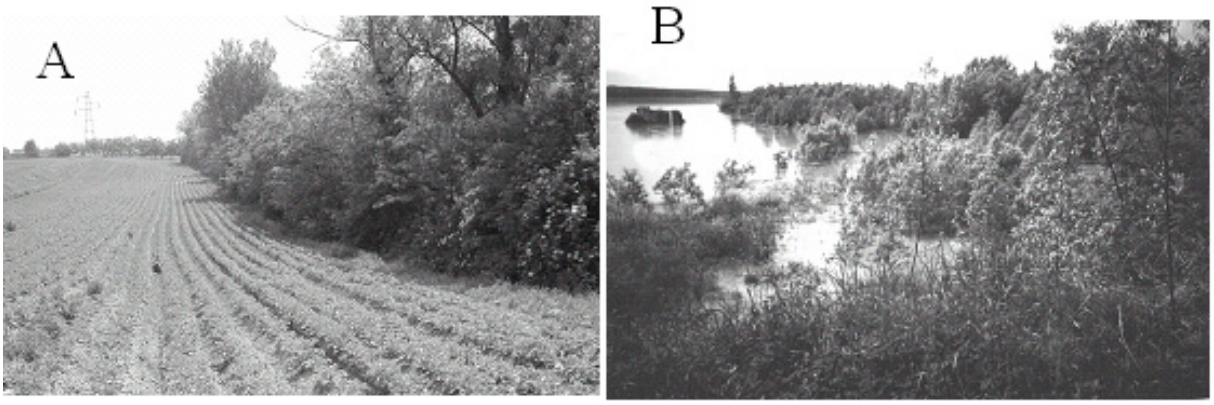


**Figura 2 Esempio di fascia tampone diretta A (Torrente Sellustra) e indiretta B (golena del Po inondata)**

I flussi di energia e di materia lungo i sistemi dei grandi fiumi sono invece principalmente orientati dal fiume alla piana alluvionale che funge così da area tampone ad azione indiretta. In questo caso, i trasferimenti di energia e di sostanza biotica e abiotica sono largamente influenzati da durata, frequenza e grandezza degli eventi di piena che favoriscono l'interazione con la piana alluvionale e permettono il verificarsi di fenomeni di deposizione dei sedimenti e di trasformazione di sostanze inquinanti trasportate dal corso d'acqua. È nota infatti la maggiore capacità di ciclizzazione dei suoli alluvionali comparata con i sistemi terrestri. Sono in questo caso le caratteristiche geomorfologiche a condizionare in larga misura la capacità di ritenzione fisica del flusso di sostanza sospesa e quindi del deposito di sedimento (Mulholland, 1992). Fondamentale appare inoltre il rapporto tra corpo idrico e zona iporreica che favorendo fenomeni di deposizione e ritenzione innesca processi biochimici che modificano lo stato delle acque.

Sia l'azione diretta che indiretta delle aree tampone, che si verifica normalmente in condizioni naturali, può venire riprodotta artificialmente per trattare fonti puntiformi o diffuse come avviene ad esempio nei sistemi tampone forestali a corta rotazione (SRF, short rotation forestry) in cui flussi di sostanze ricche di nutrienti vengono fatti confluire all'interno di aree forestali altamente produttive. In Svezia, ad esempio, per rimuovere l'azoto ed il fosforo contenuto negli effluenti provenienti da un sistema di trattamento secondario è stata utilizzata un'area di 12 ettari ricoperta a Salice. In Nuova Zelanda, l'utilizzo di impianti a rapida rotazione di *Eucalyptus* per il trattamento di reflui di varia natura è in costante aumento (Riddell-Black et al., 1997).

Attualmente in Italia si stà valutando la possibilità di usare le acque in uscita dai depuratori per irrigare aree tampone naturali (o ecosistemi filtro) a produzione non alimentare (es. colture arboree) con un ulteriore scopo di "finissaggio" delle acque prima della loro immissione nel corso idrico. Rimanendo nell'ambito italiano, significativa appare a tale proposito l'esperienza progettuale in corso di attuazione nel basso corso del fiume Zero (Progetto Zero), nel Bacino scolante della Laguna di Venezia, che ha portato alla realizzazione di 36 ettari di aree tampone attraverso cui si prevede di fare defluire le acque ricche di nutrienti del fiume attraverso un sistema di pompe e di canalette irrigue e di drenaggio. Inoltre è stato portato a termine un progetto Life-Ambiente ("Progetto dimostrativo sull'impiego di fasce tampone boscate in ambiente agricolo" LIFE99ENV/IT/000083) grazie al quale sono state realizzate 20 km di impianti dimostrativi di Fasce Tampone Boscate (FTB) con il duplice scopo di fornire indicazioni pratiche sulla loro corretta gestione e la valorizzazione della biomassa prodotta dalle FTB come fonte alternativa di energia per il riscaldamento (Veneto Agricoltura, 2002).

## 2.1 Deflussi superficiali

Il fosforo quando viene applicato come fertilizzante viene difficilmente perduto in forma disciolta (DP) ed il trasporto ai corpi idrici avviene prevalentemente sotto forma particellata o adsorbita (PP) (Moratti et al. 1987). Lo stesso vale anche per alcuni fitofarmaci: Buttle (1990) riscontrò che circa il 20-46% dell'erbicida metalaclor era trasportato dai sedimenti.

La vegetazione protegge il suolo da fenomeni erosivi e favorisce la ritenzione del sedimento e del fosforo ed altre molecole adsorbite dalle particelle solide. Le fasce tampone

funzionano da vera e propria trappola per i sedimenti e di conseguenza trattengono gli inquinanti adsorbiti per periodi più o meno lunghi. Durante questa permanenza possono andare incontro a vari fenomeni quali la degradazione chimico-fisica mediante la luce, gli UV, la temperatura e l'azione catalizzatrice di alcuni costituenti del suolo. Tuttavia la degradazione di una molecola nel suolo dipende essenzialmente da fattori biologici ed un suolo in buone condizioni ospita in genere biocenosi estremamente diversificate e numerose.

L'effetto tampone esercitato dalle fasce vegetate sul fosforo particellato (PP) dipende soprattutto dalle condizioni ambientali, infatti l'anione fosfato può essere adsorbito o liberato secondo un preciso equilibrio che esiste per ogni sistema suolo-soluzione. Così i suoli minerali spesso trattengono quantità crescenti di fosforo in eccesso, per cui si assiste a una lenta ma progressiva saturazione degli orizzonti superficiali del terreno, che può portare in un secondo momento ad elevate concentrazioni di DP nelle acque di ruscellamento. Inoltre l'assorbimento radicale garantisce un'azione di ritenzione durante la maggior parte dell'anno ma nel periodo di riposo vegetativo diversi autori hanno osservato un incremento della concentrazione di fosforo disciolto nelle acque sub-superficiali. Per questi motivi il range di rimozione del fosforo risulta estremamente variabile (da 20% a più di 90%) (Dillaha & Inamdar, 1997). Nella ritenzione del PP svolgono un ruolo importante anche le aree paludose e gli stagni collocati negli ultimi tratti del fiume.

## 2.2 Deflussi subsuperficiali

I nitrati così come tutti i composti facilmente solubili vengono trasportati attraverso i suoli del bacino idrografico soprattutto dai deflussi subsuperficiali.

Sulla capacità di abbattere i carichi di pesticidi dalle acque sub-superficiali si conosce ancora poco, ma viene universalmente riconosciuta l'importanza dei tempi di deflusso, poiché allungando i tempi di residenza aumentano le probabilità che le sostanze tossiche vengano assimilate dalla vegetazione o subiscano altre trasformazioni (Harris et al., 1996).

La dispersione degli inquinanti è fortemente condizionata dalla possibilità di filtrazione da parte della zona non satura, dove possono avvenire una serie di reazioni biochimiche di degradazione di composti organici che limitano la diffusione dell'inquinamento nelle acque di falda.

### *2.2.1 La rimozione dei nitrati*

L'assorbimento da parte della vegetazione e la denitrificazione sono i principali processi da cui dipende la rimozione dell'azoto dai suoli ripari. La vegetazione svolge una ritenzione temporanea, mentre le trasformazioni operate dai batteri denitrificanti provocano una perdita permanente di azoto dal terreno. Per entrambi i processi il livello di falda è importante. Durante l'arco di un anno i due processi competono e si alternano. Nelle regioni temperate durante la stagione calda la vegetazione assimila la maggior parte dei nitrati disponibili ed il processo di denitrificazione raggiunge i valori minimi, essendo bassa l'umidità del suolo (livello di falda profondo). Al contrario, durante il periodo autunno-invernale si assiste ad un capovolgimento della situazione, in quanto, le piante sono in una fase di stasi vegetativa e le condizioni di umidità del terreno sono ottimali (livello di falda superficiale) per la denitrificazione.

**L'assorbimento radicale** e la conseguente immobilizzazione nella biomassa vegetale permettono solo una perdita temporanea dell'azoto dal suolo, poiché quest'ultimo, in tempi più o meno lunghi, ritorna al sistema attraverso la decomposizione della lettiera ed alla senescenza della pianta. Per un allontanamento definitivo dell'azoto, nelle fasce arboree, si dovranno effettuare tagli mirati della vegetazione.

Il processo ritenuto più importante per la rimozione dell'azoto nel terreno è quindi la **denitrificazione**. Essa consiste nella riduzione biologica dei composti ossidati (protossido d'azoto e azoto molecolare) svolta da batteri chemiorganotrofi che operano un processo di respirazione anaerobica nel quale invece dell'ossigeno utilizzano il nitrato come accettore di elettroni. Il nitrato (+5) è ridotto a nitrito (+3) che a sua volta si riduce ad azoto molecolare ($N_2$) che si libera in atmosfera.

Il tasso di denitrificazione è regolato da diversi fattori:

- **concentrazione dei nitrati**: deve esserci disponibilità di nitrato, il quale può essere prodotto all'interno del sistema (es.: decomposizione della lettiera con mineralizzazione della sostanza organica) e/o provenire da fonti esterne al sistema (es. deflussi da sistemi agricoli);
- **disponibilità di carbonio:** il ruolo che la vegetazione svolge nel processo di denitrificazione è indiretto, in quanto essa fornisce energia (carbonio organico) ai batteri attraverso la decomposizione della lettiera e gli essudati radicali;
- **condizioni di anaerobiosi:** la condizione fondamentale perché si realizzi il processo di denitrificazione è la carenza di ossigeno come avviene nei suoli saturi. Per questa ragione i suoli organici umidi scarsamente drenati risultano molto più efficaci dei suoli minerali ben drenati (Lowrence, 1992; Nelson et al., 1995);
- la **temperatura** al di sotto di 4 C può inibire il processo di denitrificazione così come **pH** troppo acidi o alcalini poichè i batteri denitrifcanti prediligono condizioni di neutralità.

La letteratura scientifica riferisce che mediamente una formazione forestale matura è in grado di ridurre il contenuto di nitrati di circa 180 kg di azoto per ettaro all'anno ma frequenti sono le citazioni di ratei più significativi. Ad esempio in alcuni ambienti seminaturali europei (Ungheria) si sono riscontrati tassi che raggiungono gli 836 kg di azoto per ettaro per anno nel periodo di marzo/aprile. In Olanda si sono riscontrati tassi di denitrificazione che variano da 9 a 200 Kg/ha/anno in base alla tipologia di vegetazione. Le diverse efficienze depurative dipendono non solo dalla larghezza ma anche dalla età e dalla tipologia della vegetazione (erbacea, legnosa o mista) (Borin, 1998). In sintesi grazie alla denitrificazione le percentuali di rimozione dell'azoto sono molto più elevate e stabili (dal 65 al 95%) di quelle rilevate per il fosforo.

## 2.3 Progetti di ricerca condotti in Italia per la misura dell'efficienza delle aree tampone nell'abbattimento dell'azoto

Nel corso dell'ultimo decennio, in Italia sono stati realizzati almeno due progetti di ricerca Europei sullo studio delle fasce riparie e delle fasce tampone boscate: il progetto di ricerca **ERMAS** ("European River MarginS") promosso dall'Unione Europea nell'ambito del programma "Environmental Change" ed il progetto **NICOLAS** (Nitrogen Control by Landscape Structures in Agricultural Environments). In entrambi i casi, il valore aggiunto al lavoro di ogni singolo gruppo di ricerca, è quello di aver utilizzato metodi ed approcci di monitoraggio non solo innovativi ma anche adeguatamente collaudati e tra loro confrontabili

(grazie all'adozione di una metodica standardizzata tra tutti i gruppi di ricerca Europei) sotto l'aspetto scientifico.

Il progetto ERMAS aveva come obiettivi a breve termine lo studio della funzione filtro delle zone riparie e l'analisi del ruolo funzionale della biodiversità nel determinare la sensibilità dei sistemi ripari lungo un gradiente latitudinale europeo. Si prefiggeva inoltre, come obiettivo a lungo termine, di sviluppare un modello predittivo della sensibilità degli ecotoni ai cambiamenti ambientali. Il gruppo di ricerca italiano (Università di Bologna, Museo Tridentino di Scienze Naturali) sulla base delle indicazioni relative alla scelta del sito di studio, ha individuato come area idonea per l'approfondimento delle conoscenze di queste tematiche, un tratto della fascia riparia golenale del Po, nel Basso Polesine (Fig. 2B).

Riferendoci in particolare alla funzione filtro, sulla base dei dati acquisiti da questo studio, è emerso che:

- i valori medi annui registrati sono stati pari a 63 kg N ha/anno in suoli sabbiosi di 158 kg N ha/anno in suoli decisamente limosi con punte mensili massime di 390 kg N ha/anno (Progetto ERMAS; Gumiero et al., 1997) da cui emerge l'importanza della tessitura del suolo sul processo di denitrificazione (Pinay et al., 2000);il processo ha seguito un tipico andamento stagionale, con l'eccezione di alcune sostanziali variazioni verificatesi in corrispondenza di alcuni fenomeni climatici inconsueti (ad esempio piogge eccezionalmente abbondanti durante l'estate)la riduzione dissimilatoria dei nitrati è correlata al grado di saturazione dei terreni e al contenuto di sostanza organica.

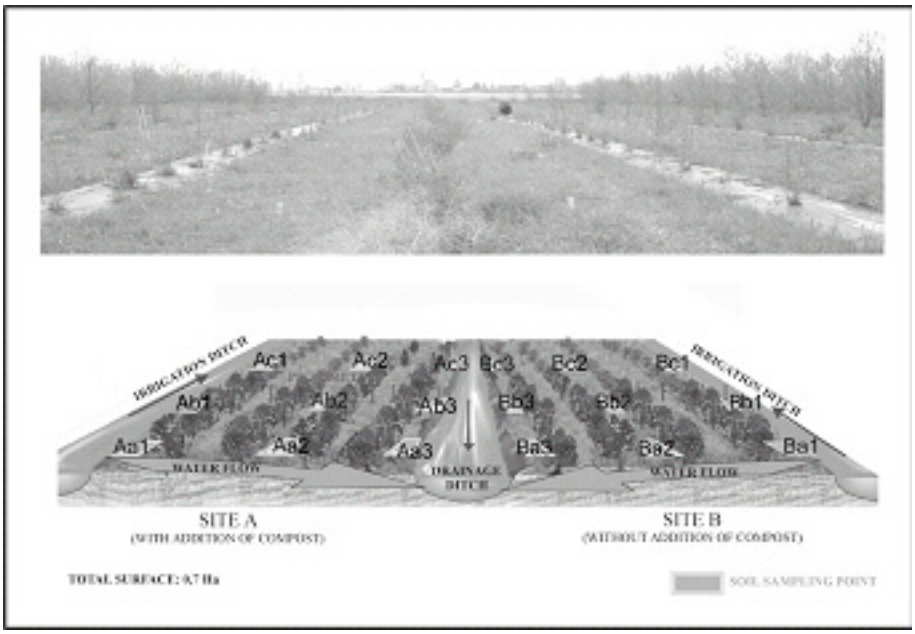


**Figura 3 Il sito sperimentale "NICOLAS"**

Nel progetto NICOLAS (realizzato nell'ambito del progetto di riqualificazione del Fiume Zero[1]) a differenza di ERMAS, non è stato indagata un'area tampone naturale, ma bensì un'area riforestata a partire da un precedente terreno agricolo. Nel sito sperimentale (Fig.3), grazie all'utilizzo di pompe e alla baulatura del terreno, è stato possibile regolare la quantità e la direzione dei deflussi delle acque ricche di nitrati prelevate dall'adiacente fiume

[1] Progetto realizzato dal Consorzio di Bonifica Dese Sile con il finanziamento della Regione Veneto

Zero. La sperimentazione ha permesso di valutare l'efficacia, sia reale che potenziale, delle zone tampone arborate nel contenimento delle fonti di inquinamento diffuso attraverso la misura dei ratei dei processi biologici coinvolti nel ciclo dell'azoto e ha dimostrato che:

- le FTB hanno un'elevata capacità di rimozione dei nitrati, già nel terzo anno di monitoraggio sono stati misurati valori medi annui del rateo di denitrificazione di 380 kg N ha/anno con una potenzialità, in assenza di fattori limitanti, otto volte superiore;
- è possibile avere elevati ratei di denitrificazione almeno fino ad un metro di profondità;
- la trasformazione di un' area agricola in un'area tampone, avviene in tempi brevi;
- la trasformazione avviene a più livelli e comporta un sensibile incremento della biodiversità sopra e sotto il suolo;
- i maggiori ratei di denitrificazione vengono raggiunti nei primi metri di fascia a contatto con l'ambiente terrestre.

# 3 ALTRE FUNZIONI DEGLI ECOTONI RIPARI

Queste fasce di territorio oltre a funzionare da barriera o da filtro all'inquinamento di origine diffusa ed ai sedimenti, hanno molte altre funzioni importanti che incidono direttamente sul sistema fluviale oppure sul paesaggio circostante. Essi inoltre possono costituire un'interessante fonte di interessi socio-economici.

## 3.1 Controllo sul funzionamento fluviale

Esiste un rapporto di reciproca interazione tra il fiume e l'ecotono ripario ad esso associato, la presenza del corpo idrico è determinante per l'esistenza stessa dell'ecotono, il quale, a sua volta può influenzare in maniera diretta il corso idrico. La vegetazione oltre ad avere un ruolo fondamentale nella funzione tampone è determinante per aumentare la complessità e funzionalità degli ecotoni ripari, fornendo habitat, nicchie e l'input energetico indispensabile per il mantenimento delle strutture trofico-funzionali delle comunità sia fluviali che riparie.

**Ombreggiamento**. Diversi studi hanno rivelato nei piccoli corsi idrici un effetto mitigante dell'intensità luminosa, attraverso l'ombreggiamento della fascia riparia fino al 95%, ciò permette di evitare gli eccessivi sviluppi di periphyton e ammassi algali, contrastando i fenomeni dovuti all'eutrofizzazione. Inoltre, le chiome degli alberi ripari proteggono l'acqua, specialmente d'estate, da un eccessivo riscaldamento, aumentando così la solubilizzazione dell'ossigeno. L'effetto rinfrescante della vegetazione riparia sulle acque è dovuto soprattutto all'evapotraspirazione della vegetazione che raffredda le acque di falda che alimentano lateralmente il corso d'acqua. L'eliminazione della vegetazione riparia può provocare un aumento medio di 3-10 °C delle temperature massime estive (in inverno solo 1-2 °C), con variazioni quotidiane fino a 15 °C e gravi ripercussioni sulle comunità acquatiche, in particolare sui salmonidi (Feller, 1981).

**Diversità di habitat e morfologia del canale**. Le radici degli alberi, oltre a garantire una maggior stabilità delle sponde le rendono più eterogenee mediante la formazione di piccole insenature, rientranze e zone d'ombra, microhabitat ideali che forniscono rifugi dai predatori e riparo dalla corrente per molte specie animali e vegetali. La vegetazione arborea

inoltre quando cade nel canale fluviale (a causa di forti piene o per senescenza) influenza le caratteristiche idrauliche e geomorfologiche locali, esercitando un controllo significativo sulle caratteristiche fisiche del corso idrico, influenzando il tipo di canale, il deposito di sedimenti e la scabrosità del letto fluviale. I tronchi e i grossi rami in alveo vanno a formare importanti microhabitat indispensabili per la sopravvivenza di alcune componenti della comunità fluviale soprattutto durante gli eventi estremi. Infatti, nel corso degli eventi di piena, caratterizzati da elevata velocità di corrente, gli organismi fluviali trovano nelle zone subito a valle degli accumuli legnosi (Woody Debris Dam) una zona più tranquilla in cui rifugiarsi. Durante i periodi di magra, invece, le pozze che si formano in prossimità di questi accumuli rimangono le uniche zone in cui si mantiene una riserva d'acqua fondamentale per la sopravvivenza delle specie ittiche che non possono infossarsi tra i sedimenti umidi. Esiste infine, una relazione intima tra regimi di disturbo, produzione di grossi detriti di legno (LWD) e sviluppo delle foreste riparie. Infatti la presenza di questo detrito di grosse dimensioni gioca un ruolo chiave nella formazione di isole vegetate che possono unirsi a formare una foresta riparia.

**Input energetico**. Le foglie che cadono in corsi d'acqua di piccole dimensioni costituiscono una fondamentale fonte di cibo (50-99% del budget energetico totale) per le comunità batteriche, fungine e per i macroinvertebrati detritivori. Questi ultimi tendono a sincronizzare i loro cicli vitali con il momento di maggior disponibilità alimentare. Si evidenzia così l'esistenza di una relazione molto stretta tra la comunità fluviale e la vegetazione riparia, una sorta di coevoluzione tra l'ambiente terrestre delle rive e l'ambiente fluviale (Petts, 1990).

## 3.2 Funzioni paesaggistiche e socio-economiche

**Migliorano la qualità dell'aria**. Dall'inizio dell'era industriale ad oggi il tenore dell'anidride carbonica ($CO_2$) nell'atmosfera è aumentato del 20-25% a seguito dell'incremento dell'uso di fonti energetiche fossili e della progressiva riduzione delle superfici forestali che, insieme agli oceani costituiscono le maggiori riserve di $CO_2$. Le fasce tampone, ed in particolare quelle arboree, costituiscono quindi, un notevole strumento per l'assorbimento dell'anidride carbonica, con un dato quantitativo di immobilizzazione che varia notevolmente in funzione delle specie vegetali presenti e della combinazione tra queste.

**Migliorano l'estetica e la qualità del paesaggio**. Il paesaggio può essere definito nel modo più intuitivo come la forma dell'ambiente, la percezione che un osservatore ha di esso. L'osservazione del paesaggio da parte dell'uomo risponde ad una finalità psicologica che concerne l'orientamento (conoscere dove si è) e l'identificazione (sapere come è un certo luogo). Per il soggetto osservatore la qualità ambientale è quindi in prima istanza ciò che lo protegge dallo smarrimento, le forme, i colori, gli ordinamenti che costituiscono il carattere, lo spirito di un luogo. Questo approccio comporta l'attribuzione di un valore importante non solo a beni di eccezionale rarità o pregio, ma anche ad elementi in sé comuni nel territorio agricolo di pianura quali le siepi, le case coloniche, i materiali dei lastricati rurali, i boschetti ripariali, le colture caratteristiche, che costituiscono tutti aspetti di tipicità di un luogo (Veneto Agricoltura, 2002). Gli ecotoni ripari offrono inoltre opportunità ricreative e didattiche.

**Consolidamento delle sponde**. Attraverso un generale consolidamento del suolo e delle scarpate la vegetazione riparia contribuisce al controllo dei fenomeni erosivi che interessano i corsi d'acqua. I meccanismi di consolidamento sono di tipo "idrologico", cioè legati al moto dell'acqua rispetto alle particelle del suolo, e di tipo "meccanico", cioè

conseguenti all'azione di conglobamento esercitato dagli apparati radicali sulle particelle di terreno.

**Integrità idrologica e regolazione del deflusso**. Gli ecotoni ripari fungono da naturali casse di espansione del fiume e laminano le piene. Le foreste possono assorbire fino a 40 volte di più rispetto ad un'area disturbata e 15 volte di più di un prato.

**Corridoi ecologici.** Gli animali e le piante tendono generalmente ad insediarsi e a formare popolazioni stabili negli habitat più adatti e da li si diffondono nel territorio circostante, per occupare nuove aree, per cercare risorse utili alla sopravvivenza, per riprodursi o per sfuggire a situazioni divenute ostili. La capacità delle popolazioni animali e vegetali di migrare e di colonizzare nuovi siti, ne garantisce la sopravvivenza anche quando la loro presenza nelle aree di origine viene messa in pericolo. Gli ecotoni ripari hanno la capacità di collegare zone lontane del territorio, fungendo in tal modo da corridoio ecologico di importanza vitale per gli spostamenti di molta fauna vertebrata ed invertebrata (Dècamps *et al*., 1987).

**Indicatori di cambiamento climatico.** Gli ecotoni risentono, a vari livelli, dei mutamenti idrologici, dovuti sia al clima, sia all'intervento antropico, oltre che alle alterazioni della qualità delle acque e dei sedimenti. Variazioni nella struttura di tali ambienti (es. terrestrializzazione di zone umide riparie) potrebbero essere un segnale precoce di stress dell'intero sistema.

## 4 RIQUALIFICAZIONE DEGLI ECOTONI RIPARI

Riducendo i tempi di corrivazione, variando i tempi di ritenzione idraulica nei laghi, eliminando le fasce riparie dei corsi d'acqua, sono state modificate le modalità ed i tempi di trasporto dei nutrienti e di altri inquinanti, attenuando l'effetto dei fenomeni naturali di abbattimento biochimico degli stessi. L'influenza della vegetazione riparia sull'ecosistema fluviale è stata evidenziata chiaramente presso quei corsi idrici che hanno subito un depauperamento sia qualitativo che quantitativo della stessa attraverso opere di disboscamento e sfalcio delle rive. Negli ultimi anni è stata ampiamente dimostrata la correlazione tra la salute di una fascia di vegetazione riparia integra e il complessivo "stato di salute" del corso idrico (Gumiero & Salmoiraghi, 1997; Carpenter *et al.* 1998). L'attenuazione dei fenomeni di autodepurazione, oltre al degrado generale dell'ecosistema fluviale, è dovuta anche alla riduzione delle portate naturali in alveo, in conseguenza dello sfruttamento antropico delle risorse idriche superficiali per i diversi usi.

L'idrologia rappresenta una variabile chiave nella gestione delle fasce tampone vegetali, in quanto l'acqua è il principale vettore degli inquinanti di origine agricola. Per un'accurata analisi delle principali fonti di inquinamento diffuso di origine agricola è importante considerare che i flussi degli inquinanti sono dinamici e che una semplice analisi dell'uso del territorio è una visione statica, utile come punto di partenza, ma che va integrata con una visione più dinamica in cui viene considerata la distanza dal corpo recettore delle sorgenti di inquinamento e dalla presenza tra sorgente e corpo recettore di sistemi mitiganti (siepi etc.).

### 4.1 Connettività idraulica e regolazione dei deflussi

Affinché una fascia o area tampone risulti efficace la principale condizione da verificare e perseguire è che ci sia un'effettiva interazione con il sistema idrico. Il livello della falda acquifera rappresenta pertanto uno dei fattori di primaria importanza nel determinare l'efficacia di una fascia tampone. A questo riguardo è importante richiamare l'attenzione sul paradosso rappresentato dalle sistemazione idrauliche dei terreni agricoli, finalizzate proprio ad allontanare le acque in eccesso durante il periodo autunno-invernale. Ciò spesso può portare ad un eccessivo abbassamento della falda acquifera, con una riduzione o addirittura un annullamento dell'effetto tampone. In questo contesto, anche la gestione delle acque di drenaggio dovrebbe essere effettuata in modo da assicurare un adeguato "franco di coltivazione", senza per questo limitare o annullare la funzione tampone degli ecotoni ripari. La frequente canalizzazione dei nostri corsi d'acqua, inoltre, ha inciso in modo determinante a disconnettere il corso d'acqua dal territorio circostante e quindi dalle aree riparie adiacenti.

La pianura alluvionale, oltre ad avere un ruolo importante nella ritenzione dei sedimenti e nella rimozione degli inquinanti (fascia tampone indiretta), è essenziale per la crescita di molte specie riparie e per supportare un elevato livello di diversità. Alcune piante riparie (es. salici e pioppi) dipendono dalle inondazioni per la rigenerazione. Le piene, con i loro sedimenti, fertilizzano le piane alluvionali e creano habitat favorevoli all'ovodeposizione dei pesci e per le comunità di invertebrati, anfibi, rettili. Il periodico avanzamento e retrazione delle acque nella piana alluvionale accresce quindi la produttività biologica e mantiene la biodiversità (Bayley, 1995). Il modello delle pulsazioni di piena "Flood Pulse", applicabile soprattutto ai grandi fiumi, suggerisce che i periodici cambiamenti del livello idrico sono cruciali per le comunità biologiche dei fiumi che scorrono nelle pianure alluvionali. Da qui la necessità di una corretta gestione della regolazione delle portate e una definizione di deflusso minimo vitale che tenga conto della funzionalità delle aree riparie, aspetto che in questo ambito raramente viene preso in considerazione (Nilsson & Berggren, 2000).

Nel progetto ERMAS è stato messo in evidenza il ruolo che può avere la morfologia e la struttura delle aree riparie per favorire la sedimentazione sia di detrito biotico che abiotico. Da ciò emerge l'importanza che può assumere la regolazione del regime idrico nel determinare apporti ed asportazioni di sedimento e detrito organico provenienti dal fiume.

La ristrutturazione dei microrilievi è particolarmente importante dove i naturali processi di inondazione sono stati ridotti o limitati, poiché una piana alluvionale topograficamente complessa supporta un mosaico di comunità vegetali e funzioni ecosistemiche con il risultato di differenti accumuli delle precipitazioni e intercettazioni dell'acqua di falda. La ristrutturazione dei microrilievi può essere effettuata all'interno della piana alluvionale mediante escavazione selettiva (zona umida naturale, argini,, meandri morti e canali abbandonati) facendo riferimento alle caratteristiche storiche. Foto aeree, dati satellitari oltre alle osservazioni in ecotoni di riferimento, danno un'indicazione della distribuzione e della dimensioni di una struttura di microrilievi tipica di una determinata piana alluvionale.

Da tutto ciò emerge che, per aumentare l'efficacia dei processi di rinaturazione è necessaro eliminare i sistemi di drenaggio artificiale, rimuovere o arretrare gli argini artificiali e restaurare il modello naturale della topografia della piana alluvionale, fatta eccezione per quei casi (purtroppo comuni) in cui queste azioni sono in conflitto con altri obiettivi sociali o ambientali.

## 4.2 La vegetazione e i suoli ripari

Le funzioni del corridoio fluviale dipendono non solo dalla connettivit e dalle dimensioni del corridoio fluviale, ma anche dai suoi suoli e dalla vegetazione associata. La natura variabile dei suoli attraverso e lungo il corridoio fluviale può essere osservata dalle diverse comunità vegetali. Nella progettazione di riqualificazione del corridoio fluviale è importante analizzare attentamente i suoli, la loro potenzialità e limitazione di supportare diverse specie endemiche

A scala di bacino sarebbe di fondamentale importanza tenere nel dovuto conto la necessità di conservare le funzioni fondamentali del suolo:

- regolare e ripartire il flusso dell'acqua (funzioni di conduzione e filtro);
- immagazzinare e riciclare nutrienti e altre sostanze chimiche (funzione di deposito e filtro);
- filtrare, tamponare degradare immobilizzare e detossificare sostanze organiche ed inorganiche (funzione filtro deposito e barriera)
- supportare l'attività biologica nel paesaggio (funzione di sorgente e habitat). A scala locale là dove la microfauna del suolo in ambienti fortemente stressati è inesistente o quasi può risultare necessario reintrodurla mediante sovescio di piante o parti di esse inoculate.

Fra le buone pratiche di gestione del territorio dovrebbe essere sempre evitata la compattazione dei suoli che riduce i movimenti dell'acqua e la penetrazione delle radici e ancor di più l'impermeabilizzazione anche di piccole parti di territorio.

Le comunità vegetali giocano un ruolo importante nel determinare le condizioni del corridoio fluviale la sua vulnerabilità e le sue potenzialità di rinaturazione. Per questo, il tipo, l'estensione, la distribuzione, le preferenze di umidità del suolo, l'elevazione, la composizione di specie, l'età il vigore e la profondità delle radici sono tutte caratteristiche importanti da considerare quando si progetta la riqualificazione del corridoio fluviale.

Le specie arboree possono presentare una diversa efficienza nella funzione tampone nei confronti dei nitrati,: il pioppo, se non trattato, ha un elevata capacità di filtrare e immobilizzare l'azoto (Neill & Gordon, 1994). L'ontano ha alta capacità di rimozione e bioaccumulo anche per i batteri ad esso associati (Fustec et al., 1991; Vought et al., 1994). Una fascia di 3-5 m di *Quercus* in zona ben drenata, e di *Acer* in area poco drenata associata ad altra vegetazione, a valle di coltivazioni di mais, avena e patate, sono sufficienti a immobilizzare i nutrienti. Groffman et al., (1991), hanno riscontrato che *Robinia Pseudoacacia,* nota pianta leguminosa, risulta essere meno efficace di altre specie (non leguminose).

La capacità di ritenzione e di assimilazione dei nutrienti da parte delle piante è fortemente influenzata dalla loro età e dalle condizioni fitosanitarie. Infatti, in un sistema maturo questa capacità è inferiore rispetto a quella presente in un sistema giovane in attiva crescita. Con taglio selettivo degli alberi e lo sfalcio della vegetazione erbacea è quindi possibile mantenere a livelli ottimali la funzione di filtro della fascia riparia oltre a consentire una rimozione definitiva dal sistema dei nutrienti immagazzinati nella biomassa vegetale (Osborne e Kovacic, 1993).

Una delle problematiche non ancora completamente chiarita riguarda la diversa efficienza nella rimozione dei nitrati da parte di vegetazione arborea ed erbacea. Secondo alcuni studiosi (Haycock & Pinay, 1993; Correll, 1997) risulterebbe essere più efficace, in tale funzione, la vegetazione naturale arborea grazie ad una maggiore produzione di sostanza organica che inoltre raggiungerebbe maggiori profondità lungo il profilo del suolo (Lowrance

et al., 1995). In questo modo verrebbe così garantito un elevato apporto di energia per i microrganismi ed in particolare per quelli denitrificanti. La vegetazione erbacea tuttavia risulta più efficace di quella arborea nel trattenere, dal deflusso superficiale, il sedimento ed i contaminanti e nutrienti (fosforo) ad esso adsorbiti. La loro efficienza varia in funzione del tipo di copertura vegetale, della larghezza della fascia tampone e della granulometria del sedimento. Esperimenti condotti da Mikelson e Baker (1993) indicano che fasce di vegetazione erbacea di larghezza compresa tra 4,5 e 9 m sono state in grado di trattenere il 76% del sedimento, arginando notevolmente il trasporto di pesticidi per questa via. Attraverso quindi la creazione e/o protezione di fasce riparie a vegetazione mista, arborea ed erbacea, sarebbe possibile ottimizzare l'effetto tampone sui principali inquinanti di origine agricola.

### 4.3 Dove e come progettare le FTB

Dai numerosi studi effettuati (vedi NICOLAS) si è visto che il processo di denitrificazione raggiunge i massimi valori nei primi metri di fascia a contatto con l'ambiente terrestre vero e proprio, come conseguenza l'efficacia di queste fasce tampone dipende maggiormente dalla loro estensione lineare piuttosto che dalla superficie che occupano. Quindi, per una corretta progettazione degli interventi di riqualificazione della funzione tampone è più importante valutare l'estensione delle aree di confine con l'ambiente terrestre piuttosto che la superficie occupata.

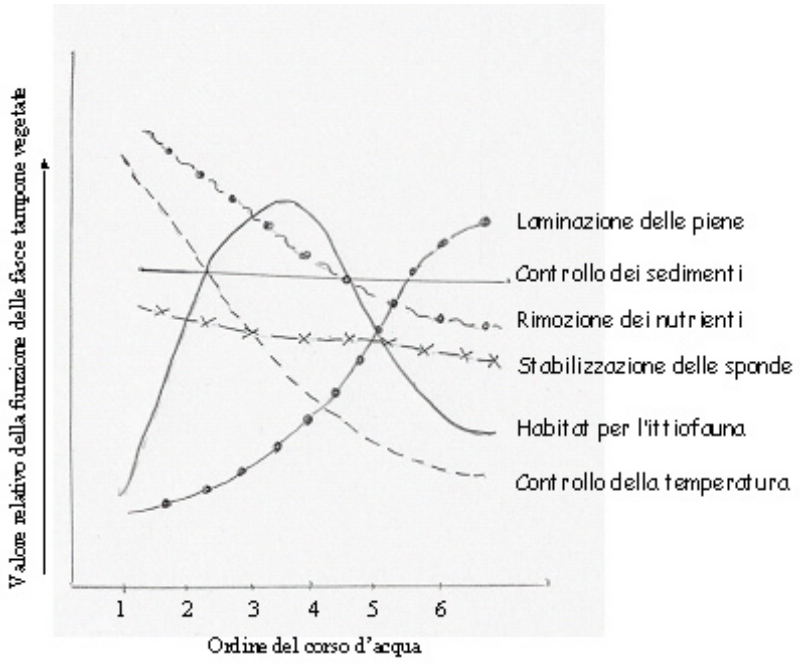


**Figura 4 Generalizzazione degli effetti dell'ordine dei corsi d'acqua sulle diverse funzioni delle fasce tampone boscate (USDA, 1998).**

Il rapporto tra la scelta degli obiettivi da perseguire e le dimensioni dei corsi d'acqua è un aspetto che non va trascurato (Fig.4). Per migliorare la qualità dell'acqua, la creazione di zone buffer risulta molto più efficace in fiumi di piccole dimensioni. I corsi d'acqua di primo

e second'ordine costituiscono circa i tre quarti della lunghezza totale della rete idrica naturale e come conseguenza captano la maggior parte dei deflussi che si originano all'interno di un bacino imbrifero. E' chiaro che un intervento strutturale sull'intera rete di piccoli corsi d'acqua che confluiscono sullo stesso fiume, finirà per migliorare anche la qualità di quest'ultimo. Questo non significa che l'effetto tampone nelle zone di pianura non sia efficace, ma semplicemente che diminuisce le possibilità di controllo sugli inquinanti diffusi. In pratica, sebbene le fasce riparie siano sempre di grande utilità, se l'obiettivo è la qualità delle acque (ad es. rimozione dei nitrati) è preferibile realizzarle sulla miriade dei piccoli corsi d'acqua (compresi i fossi di bonifica e le scoline); se invece l'obiettivo è la laminazione delle piene o la salvaguardia degli habitat e della biodiversità è preferibile realizzarle lungo i fiumi.

### *4.3.1 Ampiezza delle FTB*

Uno dei problemi di difficile risoluzione è determinare l'ampiezza minima di queste fasce tampone. Se l'obbiettivo è quello della sostenibilità e quindi di mantenere la funzione tampone nel tempo, non ci si può accontentare del "qualsiasi cosa è meglio di niente" . Per definire le capacità di rimozione degli inquinanti è importante considerare due aspetti: le vie di deflusso ed i tempi di permanenza, e le potenzialità di trasformazione degli inquinanti all'interno dell'ecotono ripario. Sono stati messi a punto diversi modelli di simulazione, tra i quali: GRAPH ideato da Lee *et al.* (1999) e CREAMS elaborato da Williams *et al.* (1990), per simulare il trasporto di fosforo attraverso le zone riparie erbacee. Inoltre all'interno del progetto NICOLAS si stà effettuando la verifica e la calibrazione, in ambiente europeo, del modello di simulazione REMM (Lowrance et al., 1998), sviluppato negli Stati Uniti, al fine di poter prevedere i flussi di azoto attraverso le zone riparie in un range di condizioni agronomiche e climatiche. Grazie all'impiego di questi modelli si possono ottenere preziose informazioni per determinare la larghezza della fascia idonea per ostacolare le perdite di fosforo e azoto.

In un progetto di riqualificazione fluviale, per definire l'ampiezza degli ecotoni ripari, sarebbe importante considerare quattro criteri: i) il valore della risorsa da proteggere, ii) le caratteristiche del sito, del bacino e della fascia riparia, iii) l'intensità dell'uso del territorio, iiii) le priorità delle funzioni specifiche desiderate ad es.: qualità dell'acqua e/o habitat. Corsi idrici dai quali vengono prelevate acque ad uso potabile oppure ad uso ricreazionale o ancora la presenza di ittiofauna pregiata sono aspetti che definiscono il valore della risorsa. Nella tabella 1 vengono evidenziati i fattori che migliorano o limitano la rimozione degli inquinanti a livello locale.

**Tabella 1 Fattori che a scala locale migliorano o limitano la rimozione degli inquinanti.**

| Fattori che migliorano l'efficacia | Fattori che riducono l'efficacia |
|---|---|
| **Pendenza < 5%** | **Pendenza > 5%** |
| **Percorrenza dei deflussi sup. < 50 m.** | **Percorrenza dei deflussi sup. > 100 m** |
| **Livello di falda superficiale** | **Livello di falda profondo** |
| **Suoli permeabili ma non troppo sabbiosi** | **Suoli compatti** |
| **Deflussi superficiali dispersi** | **Deflussi superficiali concentrati** |
| **Suoli ricchi di sostanza organica** | **Scioglimento delle nevi, ghiaccio, suoli con poca sostanza organica** |
| **Velocità dei deflussi superficiali < 0,5 m/sec** | **Velocità dei deflussi superficiali > 1,5m/sec** |

| | |
|---|---|
| **Suoli poco drenati, radici profonde** | **Sistema radicale poco profondo** |
| **Copertura arborea e denso strato erboso** | **Copertura erbacea sparsa o ragruppata** |

Uno dei criteri più importanti per determinare la misura di una fascia tampone è una valutazione delle funzioni specifiche di cui abbiamo bisogno per ottenere degli obiettivi prefissati (Fig.5). Nel caso auspicabile in cui si vogliano conseguire più risultati (logica multiobiettivo) sarà necessario definirne le priorità.

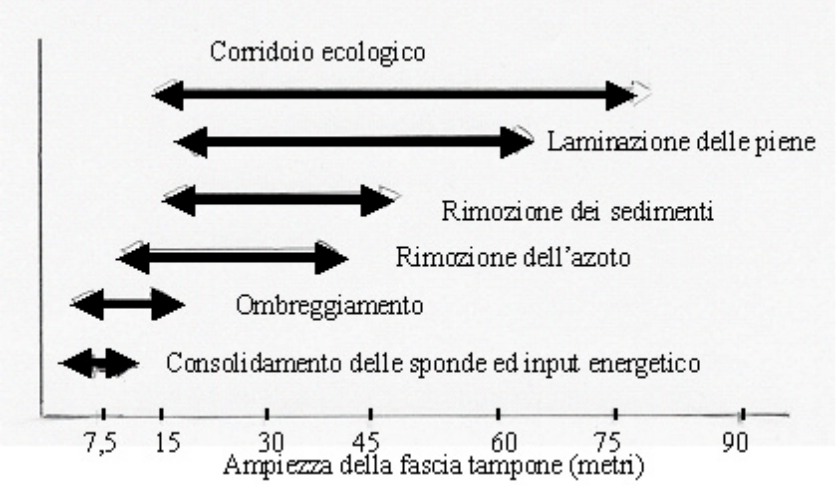


**Figura 5 Range di ampiezza minima per ottenere obiettivi specifici (USDA, 1998).**

In termini del tutto generali si può segnalare come alcuni autori concordino nel considerare 10 m. il limite minimo per ottenere un effetto tampone significativo (Castelle et al., 1994), ricordando che fasce di ampiezza compresa tra i 15 e i 30 m si sono dimostrate di grande efficacia in molteplici circostanze

### *4.3.2 Fascia tampone combinata*

La proposta di una fascia tampone composta da tre zone (Three-zone Concept) (USDA, 1998) è stata sviluppata per facilitare il raggiungimento di due obbiettivi che spesso possono essere in competizione: il miglioramento della qualità dei corsi idrici e le esigenze del proprietario. Un'altra importante finalità di questa proposta è creare situazioni più diversificate possibili poichè i processi di rimozione nei confronti di diversi inquinanti sono spesso in contrasto e richiedere quindi condizioni opposte, ad es. le condizioni anossiche necessarie per la denitrificazione per contro liberano nelle acque di deflusso i fosfati adsorbiti ai sedimenti.

Zona 1: a vegetazione arborea autoctona è quella adiacente al canale fluviale sul quale, come già evidenziato ha importanti funzioni dirette come la creazione di microhabitat, ombreggiamento, sorgente di cibo e detrito legnoso, inoltre stabilizza le sponde e riduce l'erosione. In questa zona non è permessa nessuna rimozione a scopo produttivo ma solo la dove provoca pericolo.

Zona 2: a vegetazione arborea è localizzata a ridosso della precedente e le sue funzioni principali sono quello di rimuovere, trasformare, o immagazzinare nutrienti, sedimenti e altri inquinanti dai deflussi superficiali e subsuperficiali. L'ampiezza di questa zona può variare in base a quanto descritto sopra. In questa area è possibile, in alcuni casi addirittura preferibile effettuare tagli periodici della vegetazione arborea allo scopo di produrre reddito per il proprietario come verrà specificato in seguito.

Zona 3: solitamente è composta da vegetazione erbacea o altre misure di controllo per rallentare il ruscellamento delle acque, filtrare i sedimenti ed i composti inquinanti associati e permettere alle acque che scorrono in superficie di infiltrarsi. La fascia di filtro erbacea aiuta a proteggere l'area arborea ed a massimizzare le sue potenzialità di rimozione degli inquinanti. Questa zona può venire usata come via di movimento dei mezzi agricoli.

Questo modello di fascia tampone composta pur con tutti gli aggiustamenti necessari in base alle caratteristiche del luogo ed alle esigenze specifiche di ogni progetto ha lo scopo di rende fruibile da parte del proprietario la maggior parte della fascia tampone dandogli un incentivo per mantenere questo sistema che, dovendo essere diffuso su tutto il territorio, altrimenti comporterebbe un costo notevole per la società. I finanziamenti europei infatti possono ssostenere la messa in opera della fascia riparia ed il mancato reddito all'agricoltore solo nei primi 3-5 anni. Di conseguenza perché questa gestione del territorio sia sostenibile nel tempo risulta di importanza strategica che il proprietario ottenga un reddito dalla fascia tampone stessa. L'ANARF (Associazione Nazionale Aziende Regionali delle Foreste - www.anarf.it ) da diversi anni sta portando a conoscenza delle notevoli potenzialità legate all'utilizzo di biomassa legnosa a fini energetici, mostrando come sia economicamente vantaggioso lo sviluppo di una filiera legno-energia basata sulla messa a dimora di fasce tampone boscate in campo agricolo: l'agricoltore ha infatti un interesse economico diretto a realizzare tali impianti e a conferire la legna ad appositi impianti per la produzione di calore e l'alimentazione di reti di teleriscaldamento locali (Mezzalira, 1997). Permettendo quindi non solo di aumentare la biodiversità dei corpi idrici interessati e il miglioramento della qualità dell'acqua ma anche di incrementare l'utilizzo di combustibili rinnovabili per la produzione di energia e di diminuire l'emissione di gas serra in atmosfera.

### 4.4 Canali artificiali e zone di bonifica

I Consorzi di bonifica, i cui ambiti territoriali sono definiti con riferimento ai bacini idrografici, garantiscono con la loro presenza sul territorio un'efficace funzione di presidio e di tutela territoriale. Sono enti economici di diritto pubblico, amministrati dagli stessi consorziati, che coordinano interventi pubblici e privati nel settore delle opere idrauliche e dell'irrigazione. Le loro finalità istituzionali sono: la difesa del suolo da esondazioni per la sicurezza della campagna e della città, l'irrigazione e la razionale utilizzazione del bene acqua ad usi plurimi, la vigilanza sul territorio, la partecipazione all'azione di pianificazione territoriale.

I Consorzi sono ora chiamati a svolgere anche un'importante funzione di tutela, gestione e valorizzazione del territorio e degli ecosistemi ambientali, così come indicato anche nelle normative regionali, nazionali e comunitarie (ANBI, 2001): in alcuni di questi (ad es. Consorzio di Bonifica Dese Sile), già da anni è in atto un evoluzione delle pratiche di progettazione e gestione dei canali verso tecniche e modalità meno impattanti per gli ecosistemi e spesso economicamente più vantaggiose rispetto a quelle classiche. Ne sono testimonianza importanti azioni di riqualificazione ambientale realizzate per il controllo

qualitativo delle acque che, aumentando i tempi di permanenza delle acque nella rete idrografica di bonifica, hanno sfruttato la naturale capacità di riduzione delle concentrazioni di nutrienti ed inquinanti degli ecosistemi acquatici e ripari.

La riqualificazione e la gestione ambientale della rete di canali artificiali, amplia il numero di obiettivi che questi possono soddisfare e impone di operare in una logica multiobiettivo, dove si consideri che alcuni di questi possono essere in contrasto tra loro e si ricerchi il compromesso possibile: è importante quindi definire sempre gli obiettivi prioritari e considerare tutte le problematiche in gioco e gli attori coinvolti, per individuare una soluzione di compromesso che punti a non lasciare nessuno dei portatori di interesse coinvolti "peggio di prima".

In questa logica, le fasce tampone e la realizzazione di una filiera legno-energia rappresentano la soluzione multiobiettivo principale, sia per i Consorzi che per gli agricoltori che devono ospitare sui loro terreni le fasce boscate, per incrementare l'integrità ecologica lungo i canali, migliorare la qualità delle acque e garantire la sostenibilità economica dell'azione di riqualificazione. I Consorzi possono trarre beneficio dalle fasce boscate riducendo sia i costi di manutenzione delle sponde, grazie all'effetto stabilizzante della vegetazione riparia, sia quelli di gestione della vegetazione acquatica dei canali, per merito dell'ombreggiamento generato dalle chiome degli alberi. Il taglio periodico delle fasce boscate permette inoltre ai Consorzi di controllare le condizioni di funzionamento del canale e di garantire così il suo funzionamento idraulico nel tempo. La strada delineata è quindi quella della trasformazione del reticolo minore in un grande sistema filtro autodepurante con funzioni naturalistiche, idrauliche ed irrigue.

Per ulteriori informazioni e linee guida specifiche per canali artificiali è possibile consultare la relazione finale del CIRF nel progetto LIFE ECONET (http://www.cirf.org/attivita/econet.php3 - http://www.lifeeconet.com )

## 4.5 Pianificare gli interventi di riqualificazione

Un'attenta attività di pianificazione, sia su larga scala che a scala più ridotta, permette di effettuare interventi di riqualificazione organici e multifunzionali consentendo di evitare errori e di cogliere opportunità. Per fare questo è indispensabile conoscere il territorio e individuare al suo interno punti di forza e di criticità.

Nello specifico delle aree riparie, il processo di caratterizzazione può essere effettuato, a seconda della scala a cui si opera, in modo estremamente dettagliato (individuazione delle specie e delle associazioni vegetazionali, successioni ecologiche etc.) o in modo poco dettagliato (ampiezza della fascia riparia, presenza/assenza di vegetazione, presenza di vegetazione erbacea o arborea-arbustiva, suo stato complessivo di naturalità etc.).

Mantenendo il livello della discussione su scale più ampie, ad esempio a scala di bacino o di corridoio fluviale, di grande utilità possono essere le classificazioni che vengono effettuate attraverso l'interpretazione delle foto aeree supportata da sopralluoghi mirati. Attraverso la scelta di opportuni indicatori, potranno essere individuate aree riparie in ottimo stato, ad ampiezza, copertura e naturalità massima per quella tipologia fluviale e aree riparie in condizioni di degrado a vari livelli e potenzialmente riqualificabili.

Una volta individuati i punti su cui è necessario intervenire, è possibile stabilire una priorità di intervento utilizzando dei criteri tecnici che si basano sull'integrazione di queste informazioni di stato con altre informazioni: ad esempio, se le informazioni pedologiche e di uso del suolo indicano che una fascia riparia priva di vegetazione si trova in un'area con suoli

a tessitura fine ed intensamente coltivati, essa dovrebbe avere una priorità di intervento, in quanto, oltre alla riqualificazione dell'area riparia in sé si potrebbero conseguire ottimi risultati in chiave di abbattimento dei carichi diffusi.

I risultati di questi sforzi si traducono in mappe in cui si evidenziano aree in cui la riqualificazione delle aree riparie non solo è utile ma addirittura conveniente, aree da non riqualificare ma da preservare, aree in cui la riqualificazione è utile in sé ma non in un'ottica multifunzionale etc.

## 4.6 Fasce Tampone Boscate e Piani di Tutela Acque:

L'inserimento della tematica delle fasce tampone boscate ed in senso più ampio del tema dello stato della vegetazione riparia, nell'ambito delle riflessioni relative ai Piani di Tutela delle Acque, appare quanto mai opportuna e suggerisce delle implicazioni di indubbio interesse.

Il Piano di Tutela costituisce forse un'occasione unica per cominciare a considerare non solo la qualità dell'acqua, ma lo stato ecologico complessivo dei corsi d'acqua: è noto infatti che coerentemente con le attuali disposizioni del decreto legislativo 152/99 i Piani di Tutela sono focalizzati in massima parte, sulla sola qualità dell'acqua e sul regime idrico, ma è altrettanto noto che all'orizzonte si delinea il recepimento della Direttiva quadro CE 2000/60 che fa riferimento esplicito al raggiungimento di obiettivi di qualità complessiva del corso d'acqua (elementi chimico-fisici, elementi biologici, ma anche elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici).

A ben vedere, il grande valore aggiunto che possono avere delle politiche atte a favorire l'adozione di sistemi filtro naturali ed in particolare di fasce tampone boscate, deriva dalla concreta possibilità di conseguire dei vantaggi reali sia nel caso che si perseguano i "soli" obiettivi di qualità delle acque in senso stretto (come ampliamente argomentato nei paragrafi precedenti in relazione al tema dell'abbattimento dei carichi diffusi), sia nel caso che ci si prefigga di conseguire obiettivi di qualità fluviale complessiva.

La Direttiva CE 2000/60 in realtà, definendo lo stato ecologico come "espressione della qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici associati alle acque superficiali", recepisce a pieno quelle che sono già da tempo le indicazioni della comunità scientifica, come testimoniato dal fatto che lo stato della vegetazione riparia (sia in termini qualitativi, che in termini quantitativi) e gli aspetti geomorfologici vengono presi in considerazione dalla quasi totalità degli indici di salute e di funzionalità degli ecosistemi fluviali oggi utilizzati.

In sostanza quindi, i Piani di Tutela, per poter essere in grado di assorbire fin da ora queste indicazioni, devono prevedere necessariamente, accanto alle tecniche depurative più tradizionali, linee di intervento strategiche e multifunzionali, quali la realizzazione di fasce boscate nelle zone riparie.

Gli autori ringraziano L'ing. Marco Monaci ed il dr. Ugo Peruch per la preziosa collaborazione.

BIBLIOGRAFIA


ANBI (Associazione Nazionale delle Bonifiche, delle Irrigazioni e dei Miglioramenti Fondiari) (2001) dal sito internet all'indirizzo http://space.tin.it/scienza/mabarbo. ANBI, www.anbi.it

Bayley, P.B. (1995) Understanding large river-floodplain ecosystems". BioScience **45**(3) 154.

Borin M., (1998) "Agricoltura ed inquinamento delle acque: metodi di studio e indicazioni della ricerca", Genio Rurale **12** 39-48.

Buttle J.M. (1990) "Metachlor transport in surface runoff", Journal of the Environmental Quality **19** 531-538.

Carpenter S.R., Caraco N.E., Correll D.L., Howaarth R.W., Sharpley A.N., Smith V.H. (1998) "Nonpoint pollution of surface waters with phosphurus and nitrogen". Ecol.

Correll D.L. (1997) "Buffer zones and water quality protection: general principles", in Haycock, N.E., T.P. Burt, K.W.T. Goulding & G. Pinay (Eds.) *Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*, Quest Environmental, Harpenden.

Castelle A..J., Johnson A.W., Conolly C., (1994) "Wetland and stream buffer size requirements a review", J. Environ. Qual. **23** 878-882.

Décamps H., Joachim J., Lauga J. (1987) "The importance for birds of the riparian woodlands within the alluvial corridor of the river Garonne, S.W. France", Regulated Rivers **1** 301-316.

Dillaha T.A., Inamdar S.P. (1997) " Buffer Zones as Sediment Traps or Sources" in Haycock, N.E., T.P. Burt, K.W.T. Goulding & G. Pinay (Eds.) *Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*, Quest Environmental, Harpenden.

Feller M.C. (1981) "Effects of clearcutting and slashburning on stream temperature in southwestern British Columbia", Water Resources Bulletin **17** 863-867.

Fustec E., Mariotti A., Grillo X., Sajus Y., (1991) "Nitrate removal by denitrification in alluvional groundwater: role of a former channel". J. of Hydrology **123** 337-354.

Gough L., Grace J.B., Taylor K.L. (1994) "The relantioship between spices richness and community biomass : the importance of the environmental variables", Oikos **70** 271-279.

Gumiero B., Salmoiraghi G. (1997) "The relationship between land use, river quality and lotic macroinvertebrate community" in Haycock, N.E., T.P. Burt, K.W.T. Goulding & G. Pinay (Eds.) *Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*, Quest Environmental, Harpenden.

Gumiero B., Maiolini B., Peruch U., Salmoiraghi G. (1997) "Studio degli aspetti funzionali degli ecotoni ripari del fiume Po: risultati preliminari del proggetto ERMAS II." S.It.E., Atti, 1997 **18** 175-178.

Groffman P.M., Axelrod E.A., Lemunyon J.L., Sullivan W.M., (1991) "Denitrification in grass and forest vegetated filter strips". J. Environ. Qual. **20** 671-674.

Harris G.L., Jones R.L., Cat J.A., Mason D.J., Arnold D.J. (1996) "Behaviour of pesticides in cracking clays." Proceedings COST 66 Worksop, Stratford on Avon, 13-15 May 1996.

Haycock N.E., Pinay G., Walzer C. (1993) "Nitrogen retention in river corridors European perspective.", Ambio **22** 340-346.

Haycock. N.E., G. Pinay (1993) "Groundwater nitrate dynamics in grass and poplar vegetated riparian buffer strips during the winter", J. Environ. Qual. **22** 273-278.

Lee K.H., Isenhart T.M., Schultz R.C., Mickelson S.K., (1999) "Nutrient and sediment removal by switchgrass and cool-season grass filter strips in Central Iowa, USA". Agrofor. System. **44**(2/3) 121-132.

Lowrance R.C. (1992) "Groundwater nitrate and denitrification in a Coastal Plain riparian forest", J. Environ. Qual. **21** 401-405.

Lowrance R.C., Velledis G., Hubbard R.K. (1995) "Denitrification in a restored riparian forest wetland." J. Environ. Qual. **24** 805-815.

Lowrance R., Altier L.S., Williams R.G., Inamdar S.P., Bosch D.D., Sheridan J.M., Thomas D.L. (1998) " The riparian Ecosystem Management Model (REMM): Simulator for ecological processes in buffer systems. In: Proceeding of the First Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Las Vegas, N.V.

Malanson G.P. (1993) "Riparian Landscapes", Cambridge Studies in Ecology Series. Cambridge University Press, GB.

Mezzalira G. (1997) "Siepi per la produzione di legna da ardere nella Pianura Veneta" dal mensile "Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi" n° 21, marzo 1997

Mikelson S.K., J.L. Baker (1993) "Buffer strips for controlling herbicide runoff losses." ASAE/CSAE Meeting Presentation Paper No 93-2084, Spokane Centre, Spokane, Washington, 20-23 June, 1993.

Moratti L., Chiarelli G., Zavatti A. (1987) "Agricoltura Ambiente" vol. 1, Ed. Pitagora.

Mulholland P.J. (1992) "Regulation of nutrient concentrations in a temperate forest stream: roles of upland, riparian, and instream processes", Limnol. Oceanogr. **37**(7) 1512-1526.

Naiman R., Decamps H., Pastor J., Johnson C.A. (1988) "The potential importance of boundaries to fluvial ecosystems.", Journal of the North American Benthological Society **7** 289-306.

Neill G.J., Gordon A.M., (1994) "The nitrogen filtering capability of Carolina Poplar in an artificial riparian zone", J. Environ. Qual. **23** 1218-1223.

Nelson W.M., Gold A.J., Groffman P.M. (1995) "Spatial and temporal variation in groundwater nitrate removal in a riparian forest", J. Environ. Qual. **24** 691-699.

Nilsson C., Berggren K. (2000) "Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation", BioScience **50** (9) 783-792.

Osborne L.L., Kovacic D.A. (1993) "Riparian vegetated buffer strip in water quality restoration and stream management", Freshwater Biology **29** 243-258.

Petts G.E. (1990) "Ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones." in Naiman R.J. & Decamps H. (Eds.) *The Ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones*, The Parthenon Publishing Group, Paris.

Pinay G., Black V.J., Planty-Tabacchi A.M., Gumiero B., Decamps H. (2000) " Geomorphic control of denitrification in large river floodplain soils", Biogeochemistry **50** 163-182.

Pinay G., Fabre A., Vervier Ph., Gazelle F. (1992) "Control of C, N, P in soils of the riparian forests", Landscape Ecology **6** 121-132.

Riddell-Black D., Alker G., Mainstone C.P., Smith S.R., Butler D. (1997) "Economically Viable Buffer Zones -The case for Short Rotation Forest Plantations", in *Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection*, Quest Environmental, Harpenden.

Veneto Agricoltura (2002) "Fasce Tampone Boscate in ambiente agricolo"

Vought L.B., Dahl J., Pedersen C.L., Lacoursiere J.O., (1994) "Nutrient retention in riparian ecotones", Ambio **23**(6) 342-346.

Ward J.V., Tockner K., Uehlinger U., Malard F. (2001) Understanding natural patterns and processes in river corridors as the basis for effective river restoration. Regulated. Rivers: Research and Management.. **17** 311-323.

Williams R.D., Nicks A.D., Krider J.N. (1990) "Evaluation of vegetative filter strips as management practice for non-point source pollution." Environmental Engineering Proceedings pp:779-806.