



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e le Risorse

Analisi eco-idrologica della fascia di mobilità laterale nel tratto potamale del fiume Oglio

Relatore:
Prof. Pierluigi Viaroli

Correlatore:
Dott. Rossano Bolpagni

Laureando:
Alessandro Gansi

Anno accademico 2007/2008

*Bel Fiume! nel tuo brillante e limpido flutto
di cristallina errante acqua,
tu sei un emblema dello splendore
della bellezza - del cuore instabile -
della graziosa fantasia d'arte
nella figlia del vecchio Alberto;
ma quando essa guarda nella tua onda
che brilla allora e trema
ebbene allora il più bello tra i ruscelli
somiglia al suo adoratore;
perchè nel cuore di lui, come nella tua corrente,
la sua immagine profondamente sta
nel cuore di lui che trema al raggio
dei suoi occhi cercanti l'anima.*

(Edgar Allan Poe, 1829. Al fiume)

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
1.1 CENNI DI ECOLOGIA FLUVIALE.....	2
1.2 FASCE LATERALI DI TRANSIZIONE.....	4
1.3 LA VEGETAZIONE IDRO-IGROFILA	5
1.4 EVOLUZIONE RECENTE DEL SISTEMA IDROGRAFICO PLANIZIALE	9
2. STRATEGIE CONSERVAZIONISTICHE: GESTIONE DEL PATRIMONIO NATURALE DELLA PIANURA	11
3. OBIETTIVI.....	12
4. AREA DI STUDIO	13
4.1 INDIVIDUAZIONE DEI SITI DA CARATTERIZZARE.....	14
5. MATERIALI E METODI	18
5.1 RACCOLTA ED ELABORAZIONE DEI DATI	18
5.2 ANALISI FITOSOCIOLOGICA DELLE COMUNITÀ IDRO-IGROFILE E RIPARIE	19
5.3 RILEVAMENTO DELLA VEGETAZIONE	19
5.4 DEFINIZIONE DEI TIPI VEGETAZIONALI.....	20
5.5 LA CLASSIFICAZIONE DELLA VEGETAZIONE	21
5.6 CARATTERIZZAZIONE FISICA E FUNZIONALE DEGLI AMBIENTI ANALIZZATI	24
5.7 ANALISI STATISTICHE	28
6. RISULTATI	29
6.1 ANALISI FLORISTICO-VEGETAZIONALI	29
6.2 ANALISI DEI DESCRITTORI FISICI E FUNZIONALI.....	38
7. DISCUSSIONE	41
7.1 ANALISI FLORISTICO-VEGETAZIONALI	41
7.2 ANALISI FISICA E FUNZIONALE	42
7.3 ANALISI STATISTICA DEL DATASET	43
8. BIBLIOGRAFIA	45

1. INTRODUZIONE

1.1 Cenni di ecologia fluviale

I corsi d'acqua raggruppano, tra i corpi idrici continentali, gli ecosistemi lotici, vale a dire caratterizzati da un movimento unidirezionale delle acque che ne modella longitudinalmente i caratteri fisici e biologici. Tra gli ambienti lotici sono ascritti sistemi naturali e artificiali che possono risultare molto diversi tra loro, sia per aspetti morfologici e idraulici che biologici, ad esempio: ruscelli, torrenti, fiumi, fontanili, reticolo idrografico minore, ecc. Sono, nel complesso, ecosistemi aperti e continui che presentano un'intrinseca complessità derivante dall'interazione di fattori idrodinamici e geomorfologici, capaci di modularne attivamente la funzionalità.

Il fattore ambientale che condiziona maggiormente le strutture abiotiche e i processi biologici che si manifestano nel corpo idrico è rappresentato dalla forza idraulica della massa d'acqua fluente. Dal momento che la forza idraulica si attenua con il ridursi della pendenza del corso d'acqua, il principale gradiente ecologico di questi ambienti si svilupperà lungo il loro profilo longitudinale, ovvero dalla sorgente alla foce. Altri gradienti saranno localizzati lungo i profili trasversali e verticali del corso d'acqua andando ad interessare anche gli ambienti terrestri confinanti, soprattutto durante i fenomeni di esondazione, e la zona iporeica. Questi tre gradienti spaziali, uniti alla componente temporale, formeranno le dimensioni all'interno delle quali si svilupperanno i sistemi lotici (Ward, 1989).

La presenza di un evidente e macroscopico gradiente monte-valle ha portato a orientare i primi studi di biologia fluviale verso il concetto di zonazione longitudinale, concetto che mette in relazione i cambiamenti delle comunità acquatiche con il progressivo cambiamento delle caratteristiche fisiche dei corsi d'acqua. Con tale riferimento Illies e Botosaneanu (1963) hanno proposto un primo sistema di classificazione che identifica tre zone, a loro volta suddivise in diversi ecotipi, con diverse proprietà biologiche: la zona di sorgente (*crenon*), la zona pedemontana (*rhithron*) ed infine quella di fondovalle (*potamon*). Le zone potamali corrispondono ai larghi fiumi di pianura che scorrono in alvei con bassa pendenza e i cui sedimenti risultano prevalentemente composti da sabbia e limo con significativo contenuto di materia organica. In questi tratti l'acqua risulta torbida e l'ossigeno disciolto, anche per le elevate temperature, può diventare un fattore limitante per gli organismi acquatici aerobi.

Il *River Continuum Concept* (RCC; Vannote *et al.*, 1980) sviluppa questo schema interpretativo in chiave energetica, analizzando le comunità di invertebrati bentonici lungo il profilo longitudinale dei corsi d'acqua in relazione a fattori idrologici e topografici, alla disponibilità e qualità delle risorse alimentari e al rapporto tra processi autotrofi ed eterotrofi (Vannote *et al.*, 1980).

Qualche anno più tardi, le interazioni del corso d'acqua con il sistema terrestre circostante sono incorporate nello schema interpretativo del *Flood Pulse Concept* (FPC) che propone lo studio dei meccanismi ecologici che si instaurano all'interfaccia tra l'alveo bagnato e il sistema laterale di suoli emersi e zone umide (Junk *et al.*, 1989). Secondo questo principio il sistema terrestre è collegato a quello acquatico attraverso fenomeni periodici di piena che interessano principalmente i tratti fluviali di pianura. Questo modello focalizza l'attenzione sulle dimensioni laterali e temporali e sul ruolo

funzionale rivestito dalle fasi d'esondazione e di magra nel regolare il trasferimento dei nutrienti e dell'energia tra la fase terrestre e quella acquatica. I periodi di esondazione, che possono manifestarsi con varie frequenze, costituiscono elementi di disturbo capaci, come tali, di mantenere il sistema ad uno stadio immaturo (Bettinetti *et al.*, 2007). Nelle zone esondabili, quindi, la produzione primaria e la capacità di ciclizzazione dei nutrienti saranno elevate e le forme biologiche presenti saranno specificamente adattate all'elevata variabilità della disponibilità idrica.

Nella dimensione laterale dei corsi d'acqua i processi di reciproco scambio delle acque mettono in connessione l'asta fluviale con il territorio circostante. Questa dimensione interessa maggiormente i tratti fluviali di pianura ed è principalmente realizzata dalle periodiche esondazioni che portano a riallacciare all'asta fluviale quegli ambienti marginali che normalmente presentano acque statiche, come ad esempio i laghi di lanca o i canali abbandonati. Da un punto di vista fisico l'ampiezza della fascia laterale di mobilità riveste una notevole importanza nei processi di laminazione delle piene, che si realizza tramite il contenimento transitorio dell'acqua che fuoriesce dall'alveo fluviale nelle depressioni del terreno localizzate lateralmente al corso d'acqua principale. Da un punto di vista funzionale questa dimensione permette il mantenimento di un complesso sistema di ambienti marginali, ove prevalgono processi di produzione biologica e di trasformazione della materia, rispetto all'asta principale del sistema fluviale dove dominano i fenomeni di consumo e trasporto.

Le fasce di transizione dal corpo d'acqua al sistema terrestre presentano, infatti, una grande varietà di habitat e nicchie ecologiche, molto diversificate tra loro, che sono alla base dell'elevata produttività primaria e secondaria, che favoriscono lo sviluppo equilibrato dei processi biogeochimici e che sono condizione per la presenza di un'elevata biodiversità (Bartoli e Viaroli, 2006).

L'eterogeneità spaziale e temporale delle caratteristiche idrauliche, morfologiche e chimiche dei corsi d'acqua è un aspetto chiave per la comprensione dei meccanismi e dei processi che determinano la distribuzione degli organismi acquatici in questi ecosistemi (Palmer e Poff, 1997).

I fattori ambientali che contribuiscono a questa eterogeneità si presentano su diverse scale: da quella regionale, all'interno della quale operano ad esempio i fattori climatici e geologici che presentano variazioni misurabili con scale temporali pluriennali (Richards *et al.*, 1997), a quella locale, come ad esempio i microhabitat dove i fattori ambientali, in particolare quelli legati alla natura del substrato ed alle condizioni idrauliche locali, agiscono direttamente sui singoli individui in tempi misurabili in ore o giorni (Resh e Rosenberg, 1984; Armitage e Pardo, 1995). Per la comprensione delle proprietà ecologiche dei corsi d'acqua risulta necessario considerare simultaneamente sia gli ambiti spaziali che temporali all'interno di opportune scale di misura. A tale proposito Frissell *et al.* (1986) hanno posto in relazione questi ambiti tramite la definizione dei tempi di persistenza delle diverse unità ambientali che possono essere riconosciute su differente scala spaziale nei corsi d'acqua di 2° e 3° ordine fluviale. Al livello più basso della scala spaziale si collocano i microhabitat e gli habitat idraulici definiti nella terminologia anglosassone come *pool* e *riffle* (pozze e raschi) che presentano mediamente bassi tempi di permanenza, circa un anno.

L'utilità pratica di ricondurre l'ambito spaziale all'interno di una dimensione temporale consegue al fatto che tutte le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dei corsi d'acqua risultano in continuo cambiamento in relazione ad eventi che si presentano con diversa periodicità: piene, variazioni climatiche, cambiamenti vegetazionali e nell'uso del suolo del bacino idrografico. La dimensione temporale risulta inoltre fondamentale per la comprensione dei fenomeni di disturbo, la cui frequenza e intensità condizionano fortemente le strutture tassonomiche delle comunità acquatiche.

1.2 Fasce laterali di transizione

Gli ambienti di transizione che si sviluppano all'interfaccia tra il sistema terrestre ed il dominio acquatico rivestono un ruolo di rilevante importanza ecologica, riconosciuto ampiamente da esperti e studiosi di discipline diverse. Essi costituiscono la struttura essenziale ed i nodi nevralgici delle reti ecologiche (Alessandrini, 2000), capaci di garantire la sopravvivenza di un grandissimo numero di specie vegetali e animali (Kladec e Knight, 1996; Söderquist *et al.*, 2000) e sostenere un'elevata produttività interna (Wetzel, 1990). Originariamente la zona riparia includeva solo la vegetazione lungo l'alveo e le rive del fiume, successivamente questa definizione è stata estesa in modo da comprendere una più ampia fascia di territorio adiacente al corpo idrico.

Questi ambienti, denominati ambienti umidi marginali e retroripariali, sono caratterizzati da un'estrema eterogeneità dei suoli e della vegetazione, che in genere si sviluppa lungo gradienti determinati soprattutto dall'umidità del substrato e, quando presente, dalla durata della sommersione e dalla profondità della lama d'acqua (Cowardin *et al.*, 1979).

L'idrologia è un fattore fondamentale nel mantenimento di struttura e funzioni delle fasce riparie in quanto può modificare direttamente le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua superficiale e sotterranea, le caratteristiche geomorfologiche e la componente biologica.

L'interesse verso la conservazione e il ripristino di questi ambienti ecotonali è relazionato ai processi che vi avvengono e alle funzioni che essi svolgono:

- *rivestono un ruolo fondamentale dal punto di vista idrologico e morfologico, ad esempio sono in grado di tamponare eventi di piena, salvaguardando gli ambienti circostanti e limitando i processi erosivi delle rive;*
- *l'elevata disponibilità di acqua e di fonti energetiche favorisce una produzione primaria netta superiore a quella degli ambienti circostanti;*
- *la presenza di risorse e di un'ampia varietà di habitat favorisce la biodiversità;*
- *stabilizzano il microclima riducendo l'escursione termica giornaliera e stagionale e mitigando i periodi siccitosi;*
- *l'input di materiale che le fasce riparie forniscono al corpo idrico sottoforma di porzioni vegetali, foglie, tronchi, etc. è una fondamentale fonte di nutrimento, e rappresenta una*

possibilità di rifugio per gli organismi che in questi ecosistemi trascorrono tutto o parte del ciclo vitale;

- contribuiscono alla salvaguardia della qualità delle acque superficiali e sotterranee trattenendo e rimuovendo inquinanti e nutrienti provenienti da sorgenti diffuse;
- svolgono funzioni paesaggistiche, ricreative e didattiche modificando in modo profondo il paesaggio circostante e aumentando la fruibilità e l'accessibilità del territorio ad un maggior numero e una diversificata tipologia di utenze. Poiché è possibile attribuire un valore economico al paesaggio rurale, valutare anche questo aspetto della vegetazione ripariale rappresenta un passaggio strategico per favorire la protezione di questi ambienti, soprattutto nei terreni di pianura (Mitsch e Gosselink, 2000).

Si tratta di caratteristiche così peculiari e fondamentali, da rendere le zone umide tra i pochi ecosistemi al mondo oggetto di uno specifico trattato internazionale di protezione: la Convenzione di Ramsar, siglata nel 1971 nell'omonima località iraniana, adottata in Italia nel 1976 (D.P.R. n. 448 del 13/03/1976).

1.3 La vegetazione idro-igrofila

La copertura vegetale degli ambienti umidi è, solitamente, caratterizzata dal disporsi secondo fasce concentriche poste tutt'attorno al corpo idrico, i cui caratteri sono modulati in termini prevalenti dalle caratteristiche dei fondali (tipologia di substrato, profondità, ecc.) e dall'andamento del profilo di fondo dei contesti litoranei.

La zona di transizione tra ecosistemi terrestri e ambienti acquatici, periodicamente inondata, è generalmente colonizzata da comunità ad elevata produttività interna (Wetzel, 1990), caratterizzate però da un basso livello di diversità specifica (si possono riconoscere in tali contesti formazioni mono o pauci-specifiche ampiamente diffuse come per esempio i canneti a *Phragmites australis*, i tifeti a *Typha* sp.pl., ecc.). Le specie tipiche degli ambienti di margine sono rappresentate dalle elofite, piante adattate a substrati perennemente saturi o caratterizzati da periodici eventi di sommersione, le cui strutture vegetative e riproduttive sono quasi completamente poste al di sopra della colonna d'acqua. La fascia più esterna, collocata in posizioni tendenzialmente rilevate rispetto al livello medio delle acque del corpo idrico lotico che cinge, è dominata da formazioni ascritte all'Alleanza *Magnocaricion*, che aggruppa le fitocenosi strutturalmente dominate da specie del genere *Carex* (*C. elata*, *C. acutiformis*, *C. riparia*, *C. gracilis*, *C. otrubae*, ecc.), *Typhoides arundinacea*, *Poa palustris*, per fare alcuni esempi. Procedendo verso lo specchio d'acqua, in corrispondenza delle porzioni riparie costantemente sommerse e dei contesti litoranei ad acque poco profonde, si incontrano le cenosi dell'Alleanza *Phragmition*, caratterizzate dalla netta predominanza di elofite di grossa taglia, come *P. australis*, *Schoenoplectus lacustris* e *Sparganium erectum*.

Il corpo idrico vero e proprio è colonizzato da idrofite, specie adattate alla vita strettamente acquatica, rappresentate da specie radicate a foglie laminari emergenti (*Nuphar luteum*, *Nymphaea alba*, ecc.) o completamente sommerse (ad esempio, *Najas* sp.pl., *Myriophyllum* sp.pl.), da specie liberamente flottanti infraquatiche (*Ceratophyllum demersum*, *C. submersum*) o natanti all'interfaccia acqua-atmosfera (*Lemnaceae*, *Salvinia natans*, ecc.).

Le zone umide sono ambienti dinamici soggetti ad un'evoluzione naturale che determina la loro graduale transizione verso la formazione di ecosistemi terrestri (Gilman, 1994). Generalmente gli specchi d'acqua vengono rapidamente occupati da specie pioniere erbacee e arbustive, e in successione da essenze arboree quali pioppo e salice, mentre le fasce riparie più esterne risultano occupate da comunità vegetali igrofile (Bartoli e Viaroli, 2006). La colonizzazione della vegetazione comporta l'accumulo di sostanza organica in seguito degradata lentamente a causa della saturazione dei suoli e l'anossia del substrato. L'accumulo di materiale organico induce così la progressiva diminuzione del battente idrico, l'avanzamento della vegetazione riparia verso le zone centrali e il progressivo interrimento dello specchio d'acqua.

Le macrofite acquatiche e il loro ruolo nelle zone umide

Gli ambienti marginali, le zone umide e le fasce riparie sono ecosistemi in grado di intercettare grandi quantità di nutrienti di provenienza terrestre e sono ecosistemi in cui i valori di produzione primaria sono massimi per le condizioni favorevoli di temperatura e di illuminazione (Brinson *et al.*, 1981). In contesti territoriali profondamente manomessi dalle attività antropiche (estremamente vulnerabili ai carichi diffusi, all'interferenza meccanica, ecc.), la produzione primaria dei piccoli ambienti acquatici confinati residui è sostenuta prevalentemente da un'ampia comunità di alghe (filamentose ed epifitiche) e da diverse macrofite estremamente specializzate (tendenzialmente ben adattate a condizioni di eutrofia o ipertrofia).

Le macrofite dolciacquicole aggruppano tutti gli organismi vegetali con dimensioni macroscopiche (cioè riconoscibili senza l'ausilio di un microscopio ad alta definizione), il cui ciclo vitale avviene interamente, o quasi, in acqua dolce. È una categoria eterogenea che non ha valore tassonomico, in cui sono comprese specie appartenenti ad alghe, briofite, pteridofite e fanerogame. All'interno dell'ecosistema fluviale le macrofite sono rinvenibili nell'alveo di morbida e nei sistemi acquatici laterali, dove si presentano condizioni adeguate alla loro crescita. Le macrofite sono classificabili in base alla forma biologica (Raunkiaer, 1934), ossia alla categoria morfo-funzionale (figura 1). Queste categorie raggruppano i vegetali in funzione delle risposte morfo-funzionali all'ambiente circostante, in particolare alle condizioni climatiche e microclimatiche.

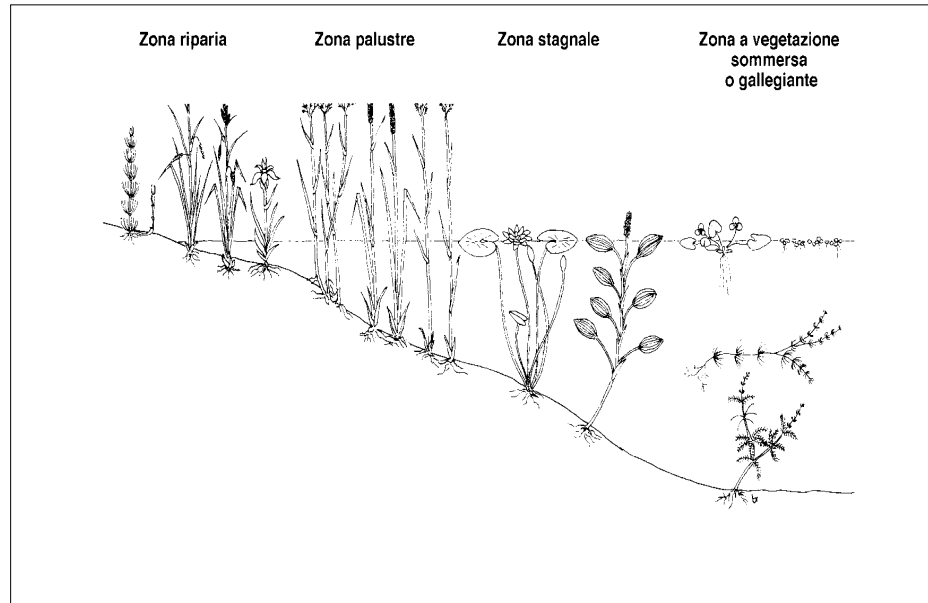


Figura 1. Distribuzione delle macrofite lungo un gradiente di profondità dell'acqua.

La forma biologica determina la capacità delle specie di colonizzare i differenti meso-habitat presenti all'interno dell'ambiente acquatico e ripario, influenzando la conseguente loro disposizione nella sezione trasversale del sistema lotico. Per le macrofite sono riconosciute tre tipologie morfologiche prevalenti: pleustofite, rizofite ed elofite, cui sono accoppiate differenti forme di crescita (Den Hartog e Segal, 1964; Den Hartog, 1981; Müller, 1992; Tomaselli *et al.*, 2006).

Pleustofite (P1)

Le pleustofite sono piante liberamente flottanti nell'acqua, i cui organi assimilatori possono risultare sommersi o galleggiare alla superficie. In quest'ultimo caso la pagina fogliare superiore è provvista di stomi come adattamento alla vita subaerea. Le pleustofite formano fitti popolamenti liberamente flottanti in superficie, o appena al di sotto di essa, in corpi d'acqua stagnante o a lento deflusso. Possiamo distinguere:

- macrofite flottanti non radicate (Lemnidi, Stratioidi e Riccellidi), specie capaci di colonizzare le porzioni fluviali, prevalentemente potamali a corrente non elevata; sono forme completamente galleggianti sull'acqua le cui radici, se presenti, non hanno alcuna funzione di ancoraggio, ma unicamente assimilatrice (es. *Lemna* sp.pl., *Spirodela polyrhiza*, *Wolffia arrhiza*, *Riccia fluitans*, *Stratiotes aloides*, ecc.);
- macrofite flottanti non radicate (Idrocaridi), specie natanti all'interfaccia acqua-atmosfera che si differenziano dai lemnidi per le dimensioni maggiori e una maggiore complessità strutturale (*Hydrocharis morsus-ranae*, *Salvinia natans*, ecc.);

- macrofite infracquatiche non radicate (Ceratofillidi), occupano ambienti del tutto simili alle flottanti, ma le strutture trofiche non sono mai emergenti, sono completamente sommerse (es. *Ceratophyllum* sp.pl., *Utricularia* sp.pl., ecc.).

Rizofite (Rz)

Le rizofite sono piante vascolari che hanno in comune la caratteristica di radicare sul fondo del corpo d'acqua, ma che risultano notevolmente diversificate sia nelle caratteristiche dell'apparato vegetativo, che in base alle strategie riproduttive. Si distinguono infatti diverse tipologie morfologico-adattative:

- macrofite sommerse radicate natanti (Vallisneridi, Elodeidi e Miriofillidi), specie completamente sommerse all'interno della massa d'acqua (non emergenti), ancorate al substrato tramite radici oppure rizoidi; i vallisneridi aggruppano le specie a foglie indivise non caulescenti (*Vallisneria spiralis*, *Butomus umbellatus* var. *vallisneriifolia*), gli elodeidi le specie caulescenti (*Elodea* sp.pl., *Callitriche* p.p., *Najas* sp.pl., *Potamogeton* p.p., ecc.) e, infine, i miriofillidi le specie sommerse a foglie profondamente divise (*Myriophyllum* sp.pl., *Ranunculus trichophyllum*, ecc.).
- macrofite flottanti radicate (Ninfeidi e Batrachidi), specie ancorate al substrato che presentano foglie e organi riproduttivi galleggianti o emergenti al di sopra della superficie dell'acqua; colonizzano zone a profondità assai variabile (dagli ambiti litoranei fino a 3-4 m di profondità) e possono presentare eterofillia (ossia possedere foglie sommerse morfologicamente diverse da quelle emergenti) come adattamento morfologico (es. *Nuphar luteum*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton natans*, *Ranunculus aquatilis*, *R. baudotii*, ecc.).

Elofite (El)

Le elofite comprendono tutte le specie vegetali emergenti, radicate che colonizzano i contesti ripari dei corpi idrici; posseggono, infatti, unicamente la porzione inferiore dei culmi (< 30%) perennemente o per periodi più o meno prolungati, sommersa; il resto del corpo vegetativo si trova al di fuori dell'acqua e non dipendono da essa per la riproduzione (*Carex* sp.pl., *Phragmites australis*, *Typha* sp.pl., *Juncus* sp.pl., ecc.).

Le elofite svolgono un ruolo fondamentale nella formazione di fitocenosi d'interramento e colonizzano una grande varietà di ambienti sia naturali, che creati dall'uomo. Comunità dominate da elofite si rinvencono soprattutto al margine di corpi con acque stagnanti, dove spesso formano cinture concentriche sul bordo di laghi, stagni e pozze. Le fitocenosi ad elofite si riscontrano inoltre di frequente lungo le rive di corsi d'acqua a lento deflusso, come canali, meandri e delta fluviali. In prevalenza colonizzano acque dolci da oligo-mesotrofiche ad eutrofiche, spesso ricche di carbonati; dal punto di vista dinamico esse rappresentano il primo stadio dell'interramento dei corpi d'acqua e preludono alla formazione delle boscaglie a salici.

A queste tipologie morfologiche è possibile aggiungerne una ulteriore tipica degli ambienti marginali fluviali:

Anfifite (An)

Le anfifite sono specie che presentano sia forme acquatiche che forme terrestri, frequentemente diverse morfologicamente, e in grado di colonizzare substrati soggetti a forti escursioni del livello della falda e quindi normalmente disseccati, almeno in superficie, durante il periodo estivo (*Polygonum amphibium*, *Juncus* sp.pl., *Veronica beccabunga*, ecc.); tra le anfifite, ai fini del presente lavoro di tesi, sono state considerate le specie annuali (terofite) tipiche dei consorzi nitrofilo ascrivibili alle classi *Isoëto-Nanojuncetea* e *Bidentetea tripartitae* che colonizzano i substrati fangosi o limoso-ciottolosi eutrofici emergenti nelle fasi tardo estive dell'evoluzione del fiume Oglio e degli ambienti laterali ad esso connessi.

Tutte le rimanenti specie vengono considerate forme terrestri, taxa dunque che non rivelano specifici adattamenti alla vita acquatica o a substrati perennemente o periodicamente inondati.

La presenza di macrofite è in grado di influenzare le caratteristiche dell'ecosistema fluviale: oltre a collocarsi alla base delle catene alimentari, aumentano la complessità strutturale del corpo idrico fungendo da habitat per numerose specie di macroinvertebrati e di fauna vertebrata, aumentando così la diversità biologica dell'ecosistema.

Partecipando alla ciclizzazione dei nutrienti, le macrofite ne controllano di fatto la disponibilità. Le macrofite che fanno parte della vegetazione riparia intercettano le acque di dilavamento provenienti dai versanti e inducono la sedimentazione del carico solido e degli inquinanti ad esso associato. Inoltre ospitano comunità di decompositori e di organismi denitrificanti nei pressi delle radici, i quali hanno un ruolo chiave nel processo di metabolizzazione.

1.4 Evoluzione recente del sistema idrografico pianiziale

La Pianura Padana, all'interno del panorama del territorio italiano, costituisce una delle aree in cui più pesantemente l'intervento modificatore dell'uomo ha determinato una profonda trasformazione dell'ambiente naturale, con una conseguente riduzione generalizzata delle aree laterali fluviali.

Nelle vaste pianure dell'Italia settentrionale i processi di industrializzazione, l'incremento dell'attività agro-zootecnica di tipo intensivo ed il cambiamento dell'uso del suolo hanno portato ad un sempre maggiore sfruttamento delle risorse fluviali, ad esempio per reperire acqua per l'irrigazione o per l'estrazione di materiale inerte, e modificazioni importanti delle aree laterali sono state causate dalle opere di messa in sicurezza dei centri abitati confinanti con le costruzioni di argini di diverso ordine (Marchetti, 1993).

Le diverse forme d'uso del suolo hanno inoltre impresso una forte accelerazione alla modificazione oltre che delle aree laterali anche del sistema idrografico minore, riducendo la diversità e la complessità dei contesti golenali che si presentano monotoni e banalizzati (Govi e Turitto, 1993).



Figura 2. Tratto di territorio compreso tra Piadena e Calvatone (CR) in una ripresa satellitare.
Fonte: *Google Earth* (2009).

Le bonifiche e la regolarizzazione dei corsi d'acqua hanno ridimensionato il numero e l'efficienza di questi importanti costituenti della rete ecologica, determinando la riduzione di importanti tipologie ambientali quali risorgive, prati umidi, lanche, ecotoni perfluviali, compromettendo la vegetazione riparia e la fauna legata a questi particolari habitat.

Nel *continuum* spaziale della pianura gli ambienti umidi permettono di conservare, grazie alle peculiarità del loro habitat, taxa altamente specializzati che si sono ben adattati a sistemi estremamente poco favorevoli alla crescita di piante superiori.

In tale contesto assume un ruolo di primaria importanza l'individuazione e lo studio di quelle unità territoriali isolate e sparse che mantengono un elevato grado di naturalità, in quanto può permettere di ricavare le informazioni necessarie per la salvaguardia della biodiversità residua della pianura.

2. STRATEGIE CONSERVAZIONISTICHE: GESTIONE DEL PATRIMONIO NATURALE DELLA PIANURA

La possibilità di conservare e tutelare ambienti così particolari e complessi è in funzione del grado di conoscenza della biodiversità e del patrimonio naturale presenti in essi.

Una volta acquisiti i dati in campo, la prima necessità risulta quella di gestire tali informazioni in modo da poterli utilizzare e studiare. A tale scopo la Regione Lombardia ha portato a termine un progetto di cartografia informatica denominato *Carta Naturalistica* che consta di un Sistema Informativo Territoriale (*Geographical Information System; GIS*) ideato per l'archiviazione e la visualizzazione territoriale delle informazioni naturalistiche riguardanti il territorio regionale. Carta Naturalistica permette di relazionare l'informazione fornita dai dati raccolti in forma di Atlante con le segnalazioni georeferenziate di precisione elevata, di più immediato significato in termini di rappresentazione territoriale.

Il progetto originale risale al 2001 e prevedeva la declinazione del territorio regionale in quattro tematismi distinti: habitat, flora, fauna ed emergenze abiotiche, la cui rappresentazione cartografica visualizza in geometrie poligonali la distribuzione delle varie emergenze.

Lo sviluppo del progetto, a partire dal 2004, ha permesso di potenziare la struttura informatica del sistema, di portarlo su web ed al tempo stesso di perfezionare alcuni aspetti disciplinari relativi ai tematismi presenti. L'acquisizione dei dati in Carta Naturalistica segue uno stretto protocollo, differenziato in base alla tipologia dei dati ma sempre codificato da una specifica *Scheda Osservazione*. In concreto, la garanzia di adesione alla metodica codificata avviene utilizzando un apposito applicativo di caricamento dati: CNAT, *software* progettato in modo da ottenere un'acquisizione completa e correttamente interrelata agli altri elementi del GIS.

La rappresentazione di un territorio particolarmente ricco di informazioni naturalistiche, quale quello dei Parchi presenti nel territorio lombardo, serve da guida all'applicazione di metodologie di analisi adattabili anche ad altri ambiti territoriali. Infatti una delle valenze di Carta Naturalistica riguarda la funzione di presentazione, analisi e valorizzazione del patrimonio naturalistico del territorio regionale, anche in ordine agli adempimenti previsti all'art.11 della Direttiva 92/43/CEE relativi al monitoraggio dello stato di conservazione degli habitat e specie di interesse comunitario.

Oltre all'utilizzo del Sistema nell'impostazione dei piani di gestione dei Siti Natura 2000 per la pianificazione territoriale, sono possibili altre applicazioni relative all'intero territorio regionale.

Una delle potenzialità più significative riguarda la possibilità di individuare a scale diverse elementi di connettività ecologica, esistenti o suscettibili di rafforzamento e valorizzazione. Ne può derivare una progettazione a scala di dettaglio, come nel caso del disegno di "microreti" ecologiche concretizzate poi dalla promozione di interventi di agro-forestazione.

Inoltre, fornendo dati supplementari relativi alle specie presenti, Carta Naturalistica facilita la determinazione della completezza del valore naturale.

Carta Naturalistica può costituire un ausilio preliminare in caso di procedure di valutazione (di impatto o di incidenza) senza però potere essere considerata quale unica ed esaustiva fonte di documentazione su cui basare l'analisi, oltre che essere uno degli strumenti di riferimento da indicare ai comuni per avviare le indagini naturalistiche in ambito del processo VAS.

3. OBIETTIVI

Nel 2007 la Regione Lombardia ha affidato ai Parchi lombardi il compito di integrare il *database* regionale, relativamente ai tematismi della Carta Naturalistica, seguendo rigorose linee guida per la selezione delle fonti ritenute attendibili a tale scopo. I dati potevano provenire da fonti bibliografiche già esistenti o da attività di campo.

Una convenzione stipulata tra Parco Regionale Oglio Sud e Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università degli Studi di Parma ha permesso lo svolgimento di questo lavoro di tesi, finalizzato in termini generali all'implementazione delle conoscenze floristiche dei nuclei naturaliformi acquatici posti all'interno del territorio del Parco Regionale Oglio Sud. Le attività sperimentali non si sono limitate al semplice rilevamento della diversità floristica, si è proceduto inoltre all'analisi dei caratteri fisici degli ambienti indagati operando in un'ottica **eco-idrologica**, ovvero con l'intento di chiarire le relazioni esistenti tra biodiversità vegetale, struttura delle comunità e fattori idro-geomorfologici e funzionali del sistema fluviale Oglio (inteso come l'insieme dell'asta principale e della fascia laterale di mobilità funzionale ad essa associata).

L'eco-idrologia è una disciplina recente, nata nell'ambito dell'ecologia fluviale, con l'intento di coniugare le competenze sviluppate nei campi dello studio della funzionalità fluviale e della moderna idro-geomorfologia (Zalewski *et al.*, 1997). Essa quantifica e spiega le relazioni tra processi idrologici e dinamiche biotiche a scala di bacino idrografico, basandosi sull'assunzione che lo sviluppo sostenibile delle risorse idriche dipende dall'abilità di ripristino e di conservazione dei processi di circolazione dell'acqua e dei nutrienti e dei flussi di energia su tale scala.

L'eco-idrologia usa le proprietà degli ecosistemi come strumento di gestione e viene applicata usando la componente biotica per controllare i processi idrologici e, vice versa, usando l'idrologia per regolare la componente biotica.

Procedendo in quest'ottica ci permette di ottenere la base informativa per elaborare protocolli di conservazione e gestione di tali ambienti, come contemplato nelle Direttive Europee di riferimento (2000/60/CE, 92/43/CEE, 79/409/CEE).

4. AREA DI STUDIO

Gli ambienti oggetto di studio ricadono all'interno del territorio del Parco Regionale Oglio Sud, istituito dalla Regione Lombardia nel 1988 per conservare i caratteri peculiari dell'agro-sistema della piana inondabile del fiume Oglio nel suo tronco sub-lacuale. Il Parco si estende per 12.800 ha complessivi, amministrativamente ripartiti tra le provincie di Cremona e Mantova. L'ampiezza del Parco varia da poche centinaia di metri ad oltre tre chilometri, lungo il corso del fiume, dal confine con il Parco Oglio Nord, in comune di Ostiano (CR), alla confluenza con il fiume Po, presso Borgoforte (MN), nel quale si immette dopo un percorso di circa 70 km.



Figura 3. Area del Parco Regionale Oglio Sud. Fonte: *Google Maps* (2009).

Il territorio protetto è caratterizzato da un mosaico di ecosistemi a vario stadio evolutivo, rappresentativi della diversità del paesaggio fluviale della bassa Pianura Padana centro-occidentale. Il tratto terminale della valle fluviale, ove l'Oglio scorre con andamento meandriforme, tipico delle basse pianure alluvionali, è caratterizzato da un canale fluviale singolo, profondo e intagliato in sedimenti fini a tessitura prevalentemente sabbiosa-limoso.

I margini della valle fluviale sono rappresentati dalle scarpate morfologiche che segnano il confine, chiaramente distinguibile dal dislivello, con il piano fondamentale. La valenza paesistica di queste scarpate diventa importante soprattutto dove le altezze sono ragguardevoli e quando su di esse si affacciano insediamenti anche minori ma spesso di grande interesse per i loro caratteri storico-architettonici complessivi.

Questi dislivelli superano i dieci metri di altezza nella parte più a monte, nel tratto delimitato dai nuclei di Ostiano (CR) e Canneto sull'Oglio (MN), per diventare quasi irrilevanti nel tratto terminale, compreso nel territorio comunale di Viadana (MN).

Il territorio della piana alluvionale del fiume Oglio è disegnato da una fitta rete di canali di bonifica, costruiti con funzioni di drenaggio e di allontanamento delle acque di falda, normalmente tanto superficiale da affiorare nelle zone più depresse, dove persistono significative aree umide e sparsi nuclei boscati idro-igrofilo.

La tipica configurazione fluviale a meandri determina le caratteristiche del paesaggio, i cui aspetti tipici sono stati presi in considerazione per lo studio di quegli ambienti considerati più rappresentativi.

4.1 Individuazione dei siti da caratterizzare

All'interno della fascia di mobilità laterale del fiume Oglio (delimitata esternamente dalla fascia C PAI), è stato caratterizzato un *subset* rappresentativo di ambienti acquatici connessi funzionalmente con il fiume. In particolare, si è deciso di suddividere gli ambienti acquatici ripari e marginali in 4 distinte tipologie: ambienti lotici e lentici, di origine naturale e artificiale. Nel corso di precedenti campagne di caratterizzazione condotte da parte del Parco Regionale Oglio Sud nell'ambito della redazione del Piano Territoriale di Coordinamento del Parco (PTC), era stata redatta una cartografia tematica specificatamente volta all'individuazione degli ambienti naturali del Parco. Complessivamente, tra i mesi di giugno e ottobre 2007, abbiamo proceduto alla caratterizzazione di 44 siti (pari al 13,2% del numero complessivo di siti rilevati nelle campagne di caratterizzazione condotte nel corso della redazione del PTC), realizzando complessivamente 130 rilievi fitosociologici. A questi dati sono stati aggiunti i risultati provenienti da campagne di caratterizzazione condotte precedentemente nella fascia di mobilità laterale del fiume Oglio (nel triennio 2004-2006), per un numero complessivo di 82 rilievi effettuati in 16 differenti ambienti (Bolpagni, 2006).

Le analisi che hanno seguito il campionamento in campo sono state effettuate su un totale di 60 ambienti naturali e di 212 rilievi, ottenendo in questo modo un sufficiente numero di campioni e un'adeguata rappresentatività della diversità ambientale degli ambienti naturaliformi del Parco Regionale Oglio Sud.

Gli ambienti naturali nei quali approfondire le informazioni floristico-vegetazionali sono stati scelti in ragione di alcuni caratteri prioritari:

- *la necessità di costruire un database effettivamente rappresentativo della diversità del Parco;*
- *la dimensione;*
- *la distanza dall'alveo attivo fluviale;*
- *la presenza di informazioni pregresse già raccolte;*
- *lo stato di continuità o isolamento dell'ambiente con altri nuclei naturalistici.*

All'interno di ogni ambiente si è proceduto alla raccolta delle informazioni floristico-vegetazionali; dapprima sono state rilevate macroscopicamente le unità di habitat presenti (i meso-habitat) per poi compiere l'analisi strutturale e compositiva secondo il metodo di Braun-Blanquet (1964).

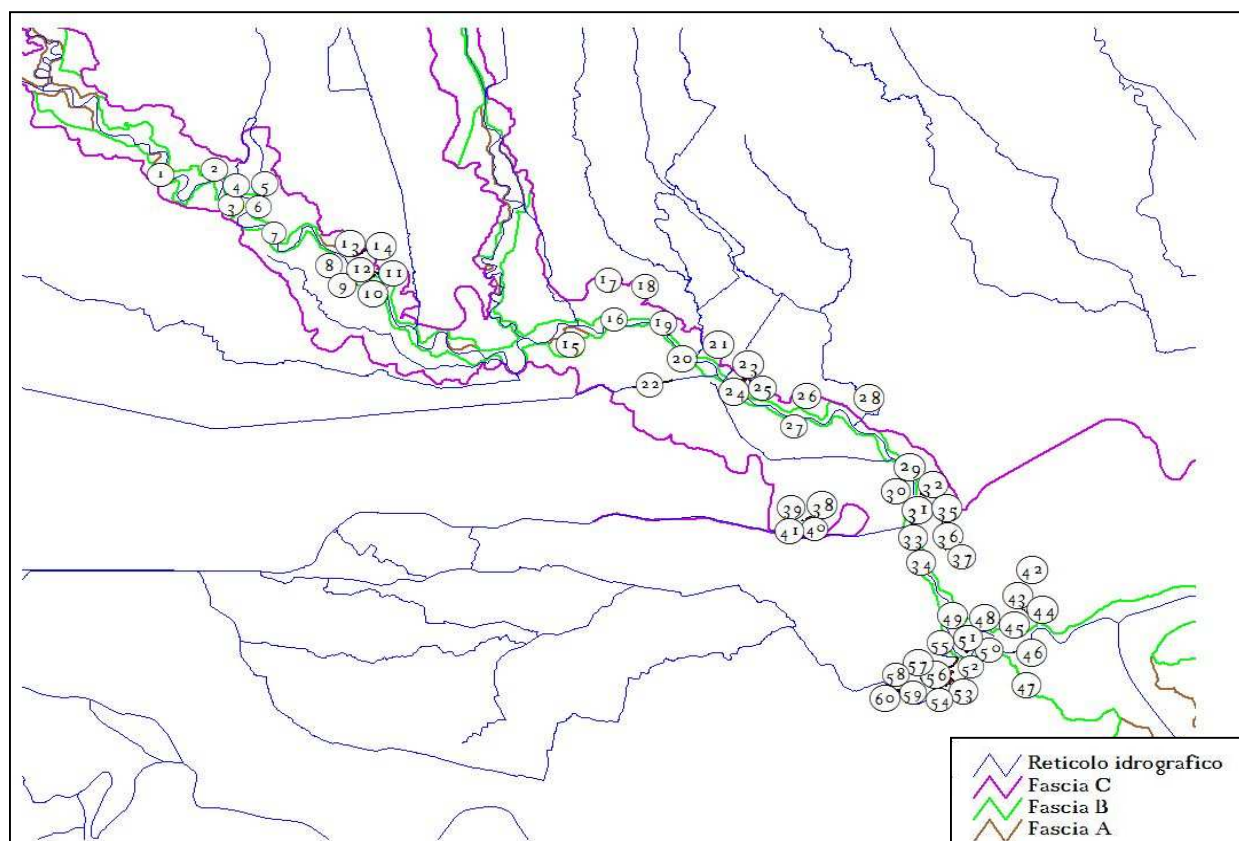


Figura 4. Localizzazione degli ambienti naturali analizzati in relazione al reticolo idrografico e alle fasce di funzionalità fluviale.

Tabella. 1. Ambienti naturali analizzati e rispettivo numero identificabile sulla cartina di figura 4.

numero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Amb.Nat.	15	33	36	37	47	50	54	71	74	334	79	321	318	335	337
numero	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Amb.Nat.	142	139	146	160	170	178	157	187	186	190	341	198	216	231	226
numero	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Amb.Nat.	239	243	234	244	260	261	269	339	338	199	340	284	279	281	276
numero	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Amb.Nat.	280	283	327	323	330	333	270	264	253	251	250	242	229	342	225

In totale sono stati analizzati 60 ambienti, riconducibili a 8 differenti tipologie (ambienti lotici e lentici, naturali o artificiali)(tabella 2), tipiche dell'agro-sistema del basso corso del fiume Oglio. 20 di questi ambienti sono rappresentati da ecosistemi lotici (ad acque correnti), di questi 10 sono posti a diretto contatto con il fiume Oglio (ambienti lotici naturali) e sono macroscopicamente classificati come “*formazioni lineari di ripa*”, ovvero formazioni riparie erbacee, arbustive e/o arboree che si sviluppano in forma di sottili fasce naturaliformi lungo il corso fluviale; i rimanenti 10 ambienti lotici sono di origine artificiale e si collocano in ambito golenale. Quest'ultimi sono ascrivibili alla macrocategoria “*canale*” che include il reticolo idrografico secondario irriguo, cioè il sistema di canali permanenti o temporanei, in funzione dell'assenza o presenza di una prolungata fase di prosciugamento coincidente con la fase non irrigua (da metà settembre a fine aprile), sottoposti a periodica manutenzione.

I rimanenti 40 ambienti includono corpi idrici lentici marginali, equamente ripartiti tra ambienti di origine naturale e di neogenesi. I 20 ambienti naturali aggruppano 2 “*torbiere*”, 7 “*lanche*” e 11 “*specchi d'acqua*” (descritti come stagni o bodri), gli ambienti umidi di origine artificiale sono rappresentati in massima parte da invasi generati a seguito dello sfruttamento di materiali argillosi, quindi da cave alimentate dalle acque di falda. Questi comprendono 1 “*torbiera*” e 19 “*specchi d'acqua*” ricavati da aree di cava ed utilizzati in alcuni casi come laghi di pesca sportiva.

Nelle lanche, essendo meandri abbandonati vicini all'alveo attivo, il permanere delle acque stagnanti ha permesso la conservazione di tipici ambienti umidi. Alcuni di questi ambienti sono stati a loro volta bonificati con lo scavo di canali a pettine, e interessati in passato da scavi per la raccolta della torba. I bodri sono stagni di forma circolare o ellittica, frequenti nelle aree più prossime alla foce del fiume Oglio, la cui formazione si deve ricollegare all'azione dinamica del fiume a seguito di piene particolarmente intense. In funzione della presenza e della durata di una fase di completo prosciugamento estivo dei bacini, questa tipologia ambientale comprende gli specchi d'acqua permanenti, semi permanenti o temporanei.

Tabella. 2. Ambienti naturali analizzati e prima caratterizzazione (i codici contrassegnati da un asterisco si riferiscono ai siti indagati nel corso delle campagne di studio condotte prima del 2007).

Ambiente Naturale	Sito	Tipo	Origine	Tipologia
15	fluviale	lotico	naturale	formazione lineare di ripa
33	golenale	lentico	naturale	torbiera
36	fluviale	lotico	naturale	formazione lineare di ripa
37	golenale	lentico	naturale	specchio d'acqua
47*	golenale	lotico	artificiale	canale
50	golenale	lentico	naturale	specchio d'acqua
54	fluviale	lotico	naturale	formazione lineare di ripa
71	golenale	lentico	naturale	lanca
74	golenale	lentico	naturale	lanca
79	golenale	lentico	naturale	lanca

Ambiente Naturale	Sito	Tipo	Origine	Tipologia
139*	golenale	lentico	naturale	torbiera
142	fluviale	lotico	naturale	formazione lineare di ripa
146*	golenale	lotico	artificiale	canale
157	golenale	lotico	artificiale	canale
160	fluviale	lotico	naturale	formazione lineare di ripa
170	fluviale	lotico	naturale	formazione lineare di ripa
178	golenale	lentico	artificiale	torbiera
186	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
187	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
190	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
198	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
199*	golenale	lentico	naturale	specchio d'acqua
216	golenale	lotico	artificiale	canale
225	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
226	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
229	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
231	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
234	fluviale	lotico	naturale	formazione lineare di ripa
239	fluviale	lotico	naturale	formazione lineare di ripa
242	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
243	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
244	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
250	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
251	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
253	golenale	lotico	artificiale	canale
260	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
261	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
264	golenale	lotico	artificiale	canale
269	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
270	golenale	lotico	artificiale	canale
276	golenale	lentico	naturale	specchio d'acqua
279	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
280	fluviale	lotico	naturale	formazione lineare di ripa
281	golenale	lentico	artificiale	specchio d'acqua
283	golenale	lentico	naturale	specchio d'acqua
284	golenale	lentico	naturale	specchio d'acqua
318*	golenale	lentico	naturale	lanca
321	fluviale	lotico	naturale	formazione lineare di ripa
323*	golenale	lentico	naturale	specchio d'acqua
327	golenale	lotico	artificiale	canale
330*	golenale	lentico	naturale	specchio d'acqua
333*	golenale	lentico	naturale	specchio d'acqua
334*	golenale	lentico	naturale	lanca
335*	golenale	lentico	naturale	lanca
337*	golenale	lentico	naturale	lanca
338*	golenale	lentico	naturale	specchio d'acqua

Il numero di rilievi condotto per ogni ambiente è stato deciso in base al livello di diversità rilevato al loro interno e alla rappresentatività delle unità ambientali, ovvero in relazione alla complessità strutturale riscontrata in ciascuno nucleo naturale.

5.2 Analisi fitosociologica delle comunità idro-igrofile e riparie

Lo studio della vegetazione è stato svolto seguendo il metodo fitosociologico (Braun-Blanquet, 1964). Questo metodo ci permette, sulla base della composizione floristica delle comunità vegetali, di trarre per via indiretta informazioni sulle caratteristiche ecologiche generali dell'habitat, considerando che a situazioni vegetazionali floristicamente simili corrispondono, con molta probabilità, situazioni ecologiche simili.

Il metodo fitosociologico prevede fondamentalmente due fasi: una prima fase di raccolta di dati sul campo per descrivere la composizione floristica della vegetazione, riportando i valori di copertura-abbondanza delle singole specie che compongono la comunità vegetale (analisi compositiva); una seconda fase di classificazione, in cui i rilievi eseguiti vengono confrontati e riuniti in sistemi omogenei per composizione floristica e indice di copertura delle singole specie, per giungere alla definizione del tipo di associazione fitosociologica di cui la fitocenosi analizzata sul campo è espressione (Tomaselli *et al.*, 2003). In realtà il tipo vegetazionale non è un'entità effettivamente osservabile ma un'astrazione concettuale derivante da un primo processo di analisi e dalla successiva sintesi dei dati vegetazionali ricavati dall'indagine diretta. Le unità effettivamente riscontrabili sul terreno vengono invece denominate "popolamenti elementari".

5.3 Rilevamento della vegetazione

Per l'esecuzione dei rilievi sono stati scelti stand rispondenti ai seguenti requisiti: uniformità strutturale e uniformità nella composizione floristica. Uno stand che risponde a tali requisiti rappresenta il "popolamento elementare" di una determinata fitocenosi e costituisce l'oggetto ideale per lo studio fitosociologico, in quanto espressione di condizioni ambientali omogenee al suo interno. La superficie dello stand entro cui eseguire il rilievo deve essere sufficientemente grande da contenere il minimo areale, cioè quella superficie minima entro cui è possibile ritrovare tutte le specie presenti nel popolamento elementare. Per quanto riguarda l'estensione dell'area da rilevare essa può variare considerevolmente a seconda della vegetazione che si vuole considerare. Una volta individuata l'area del rilievo si provvede ad annotare la data e la località. Dal momento che l'obiettivo del rilievo fitosociologico è quello di fornire una esauriente definizione delle cause determinanti la presenza di un certo tipo di vegetazione, è opportuno che durante il rilievo vengano raccolte informazioni riguardanti le caratteristiche ecologiche della vegetazione (Poldini *et al.*, 2005), in particolare che

venga redatto l'elenco floristico delle specie presenti. Dopo aver ultimato la lista delle specie si procede alla stima quantitativa delle stesse valutandone sia l'abbondanza che la copertura.

Per abbondanza si intende la densità con cui gli individui di una determinata specie si presentano nel popolamento elementare, mentre la copertura è la stima sulla base della proiezione verticale sul terreno della parte aerea delle piante di una determinata specie. Per la stima quantitativa delle specie è stata adottata la metodologia proposta da Braun-Blanquet modificata da Pignatti & Mengarda (1962), basata sull'utilizzo dell'indice di copertura-abbondanza, che riunisce i due caratteri diversi ma tra loro strettamente correlati. In particolare l'indice proposto prevede una scala di 7 valori, di cui i primi 5 sono definiti in base alla copertura della specie, mentre gli ultimi 2 tengono conto anche dell'abbondanza, cioè del numero degli individui. La scala di valori è così definita:

- 5 : copertura dall'81 al 100%
- 4 : copertura dal 61 all'80%
- 3 : copertura dal 41 al 60%
- 2 : copertura dal 21 al 40%
- 1 : copertura dall'1 al 20%
- + : copertura inferiore all'1%, di specie rappresentate da numerosi individui
- r : copertura trascurabile (<1%) di specie molto rare e con pochissimi individui

L'indice di copertura-abbondanza rilevato per ogni specie viene posto a fianco del nome della specie nell'elenco floristico del rilievo. Infine viene anche annotata la superficie del rilievo e il grado di copertura percentuale della vegetazione rispetto all'area totale considerata per eseguire il rilievo. All'elenco delle specie, corredato di tutte queste informazioni, viene dato il nome di rilievo fitosociologico il quale, dando una descrizione sintetica ma nel contempo molto dettagliata, permette di dare una spiegazione della situazione vegetazionale e delle condizioni ecologiche del territorio preso in esame.

5.4 Definizione dei tipi vegetazionali

Per giungere ad una descrizione della vegetazione che sia fedele alla realtà non basta un solo rilievo, ma un numero che sia proporzionale alla quantità di meso-habitat presenti sul territorio.

In questo modo è possibile verificare come determinati aspetti della vegetazione si ripetano regolarmente, e non in modo casuale, pur nella variabilità espressa nei diversi rilievi, rendendo così possibile una loro classificazione in un tipo, che, appunto, rappresenta l'andamento medio della composizione floristica della vegetazione studiata.

Dal punto di vista operativo, si è proceduto in più tappe. In primo luogo l'insieme dei rilievi fitosociologici è stato suddiviso in gruppi di rilievi strutturalmente e fisionomicamente omogenei (nel

caso specifico: vegetazione acquatica, vegetazione anfibia, vegetazione riparia e comunità di arbusti e di boschi idrofili a salici). Si è ottenuta in questo modo una serie di tabelle a doppia entrata nelle quali i rilievi fitosociologici costituiscono le colonne e le specie le righe.

Si tratta delle cosiddette tabelle fitosociologiche “grezze” o non strutturate, che contengono nell’intersezione tra righe e colonne l’indice di copertura-abbondanza relativo a quella particolare specie (riga) e a quel particolare rilievo (colonna).

L’assenza di una specie è indicata con un punto.

Dalle tabelle grezze è possibile ricavare delle matrici elaborabili con metodi dell’analisi di statistica multivariata. Per la creazione di tali matrici è necessario trasformare gli indici di copertura-abbondanza secondo la proposta di Van Der Maarel (1979) cosicché l’elaboratore elettronico possa effettuare l’analisi:

$$r = 1 \quad + = 2 \quad 1 = 3 \quad 2 = 5 \quad 3 = 7 \quad 4 = 8 \quad 5 = 9$$

Le matrici ottenute sono state elaborate dal computer utilizzando il software Syntax 2000, il quale attraverso l’uso di algoritmi basati su funzioni di distanza e mediante metodi di cluster analysis, rielabora e classifica i rilievi, cioè calcola le somiglianze o le differenze tra ciascun rilievo della tabella riordinandoli in modo che ognuno di essi venga disposto vicino a quelli che gli sono più simili.

Il risultato della cluster analysis viene espresso attraverso dendrogrammi di classificazione, che riportano in ascissa il numero d’ordine distintivo di ciascun rilievo e in ordinata la scala di dissimilarità. Ciascun dendrogramma è composto da gruppi di rilievi con diverso rango gerarchico, alcuni più grandi che ne comprendono altri più piccoli, a seconda del livello di distanza considerato.

La lunghezza dei rami del dendrogramma è proporzionale alla dissimilarità fra i gruppi di rilievi, quindi i rilievi uniti da un ramo breve sono più simili rispetto ai rilievi uniti da rami più lunghi.

A partire dal dendrogramma, si ristruttura la tabella grezza disponendo le colonne e le righe in modo da ottenere gruppi di rilievi con distribuzione e frequenza simili. Queste tabelle sono dette strutturate, e riportano le specie secondo la loro capacità discriminante nel definire il tipo vegetazionale. Si procede quindi alla definizione delle unità o dei tipi vegetazionali, cioè alla identificazione di insiemi di rilievi corrispondenti a gruppi di diversità fitocenologica.

5.5 La classificazione della vegetazione

La vegetazione viene comunemente definita come: un sistema di popolazioni di specie vegetali, che crescono in coerenza con i loro siti di insediamento e formano, con i siti stessi e con tutte le altre forme di vita ivi crescenti, un ecosistema.

Nel metodo fitosociologico la tipologia elementare della vegetazione viene indicata con il nome di **associazione**, intesa come comunità di composizione floristica ben definita osservabile in realtà in determinate stazioni di rilevamento. Essa è definita come “la più piccola unità vegetazionale astratta

che possiede almeno un taxon costante e almeno un taxon caratteristico assoluto o locale, oppure è un equivalente unità vegetazionale distinta da tutte le altre da taxa differenziali”.

La qualità fondamentale di un'associazione vegetale risiede nelle specie che la costituiscono, dal momento che esse portano informazioni intrinseche di cui ci si può avvalere, nonostante non tutte le specie siano dotate dello stesso contenuto informativo né possiedono lo stesso grado di fedeltà. Per questi motivi, l'approccio floristico sociologico, nel tentativo di organizzare le comunità vegetali in un sistema gerarchico, si avvale di quelle specie dotate di maggiore predittività nei confronti di uno o più fattori ambientali, ovvero di un determinato tipo di combinazione di specie (**combinazione specifica caratteristica**) che comprende le specie caratteristiche, le specie differenziali e le specie compagne costanti con elevati valori di presenza. Nel loro complesso queste specie vengono indicate anche come “**specie diagnostiche**” (Poldini *et al.*, 2005).

Le **specie caratteristiche** sono più o meno esclusive e preferenziali, cioè crescono soltanto in una certa associazione permettendo di distinguerla rispetto a tutte le altre presenti nel territorio indagato o in tutto il loro areale geografico. Per poter funzionare da caratteristica di associazione una specie deve avere una distribuzione geografica ed un'ampiezza ecologica relativamente ristrette. In alcuni casi le specie caratteristiche possono mancare del tutto e in questo caso, la diagnosi si fonda sulla presenza di un appropriato numero di specie differenziali.

Le **specie differenziali** sono entità ad ampia valenza cenologica, presenti cioè in diverse associazioni, che tuttavia possono concentrarsi in gruppi di rilievi di una determinata associazione, contribuendo a caratterizzarla rispetto ad un'altra, pur senza esserne esclusive. In questo modo all'interno di una determinata associazione vengono definite subassociazioni e varianti differenziate dal punto di vista ecologico.

Le **specie compagne** sono invece specie ad ampia valenza ecologica e cenologica, reperibili in più associazioni, tuttavia senza alcun legame preferenziale con nessuna di esse. Nella combinazione specifica caratteristica vengono prese in considerazione le specie compagne presenti con elevata presenza percentuale, almeno il 60%, nell'associazione in oggetto (Tomaselli *et al.*, 2002).

Durante lo studio tipologico della vegetazione non sempre si riesce a classificare una determinata comunità vegetale come associazione. Ciò accade in genere quando la comunità vegetale si presenta scarsamente caratterizzata dal punto di vista floristico e costituita per lo più da entità ad ampia valenza ecologica, oppure quando la sua composizione floristica risulta particolarmente eterogenea e priva di specie caratteristiche o diagnostiche. In questi casi, la fitocenosi viene classificata come aggruppamento, denominato con il nome della specie dominante.

La constatazione di come l'ampiezza ecologica delle specie sia assai differente, in quanto vi sono alcune specie legate ad una sola associazione, come le specie caratteristiche d'associazione, altre invece che compaiono in gruppi progressivamente più ampi, cioè in un numero crescente di associazioni, ha portato Braun-Blanquet a concepire la vegetazione come un sistema gerarchizzato,

costituito da unità via via più comprensive, e ciascuna con un proprio gruppo di specie caratteristiche (Pignatti, 1995).

Quindi, come i rilievi vengono riuniti a costituire le associazioni, così anche queste si possono riunire, sulla base di affinità floristiche, in complessi più ampi giungendo infine ad uno schema di maggiore sintesi detto **sistema sintassonomico** o fitosociologico o di classificazione della vegetazione, di cui l'associazione costituisce la categoria (o syntaxon) di base. All'associazione si aggiungono categorie sintassonomiche (syntaxa) superiori ed inferiori: le prime si distinguono in **alleanza**, **ordine** e **classe**, secondo un ordine gerarchico crescente; le seconde sono la **subassociazione** e la **variante**.

L'alleanza è costituita da due o più associazioni ecologicamente affini, limitrofe nello spazio o vicarianti in territori vicini. È individuata per mezzo di specie caratteristiche comuni solo alle associazioni che la costituiscono. L'ordine è un insieme di alleanze individuato da specie caratteristiche proprie, mentre la classe riunisce uno o più ordini floristicamente e ecologicamente affini; anche la classe può essere individuata da specie caratteristiche proprie.

Per quanto riguarda le categorie sintassonomiche subordinate all'associazione, la subassociazione viene individuata se all'interno dell'associazione sono riscontrabili, all'esame floristico, specie differenziali che evidenziano aspetti particolari corrispondenti a variazioni nelle condizioni ecologiche (microclimatiche e/o edafiche) o corologiche particolari. La variante viene definita quando nella composizione di un'associazione o di una subassociazione si vengono a determinare, per motivi diversi, differenze quantitative di specie polarizzate in un gruppo di rilievi aventi carattere locale e non sufficienti da giustificare la definizione di un'associazione o di una subassociazione indipendenti (Poldini et al., 2005).

Ad ogni categoria sintassonomica viene attribuito un suffisso convenzionale, in particolare:

associazione:	- etum
subassociazione:	- etosum
alleanza:	- ion
ordine:	- etalia
classe:	- etea

Nelle tabelle fitosociologiche le specie sono riportate nella seguente sequenza:

- 1) specie caratteristiche dell'associazione;
- 2) specie differenziali di eventuali subassociazioni;
- 3) specie caratteristiche (e differenziali) di syntaxa superiori: alleanza, ordine, classe;
- 4) specie compagne in ordine di frequenza decrescente.

Come principali riferimenti per l'inquadramento sintassonomico sono stati utilizzati Schwabe-Braun e Tüxen (1981), Mucina (1991), Müller (1992), Müller e Görs (1992), Philippi (1992), Balátová-Tuláčková *et al.* (1993), Schratt (1993a, 1993b), integrati con contributi monografici basati su dati riferiti al territorio del Parco Regionale Oglio Sud (Tomaselli *et al.*, 2003, 2006) e al territorio italiano (Scoppola, 1982; Sburlino *et al.*, 1985, 2004).

5.6 Caratterizzazione fisica e funzionale degli ambienti analizzati

Ai fini della corretta gestione della biodiversità vegetale del Parco, ha assunto un'importanza non trascurabile la raccolta di una serie di descrittori, ovvero informazioni accessorie a quelle floristico-vegetazionali, cui correlare lo stato di conservazione dei siti. Complessivamente sono stati calcolati 14 descrittori raggruppabili in 4 distinte macro-categorie (**geometriche, idrologiche, funzionali e di pressione**):

- 1. Descrittori geometrici:** area del sito (**g1**) espressa in m²; estensione lineare del perimetro (**g2**) espressa in m; rapporto tra perimetro e area (**g3**). Lo studio di area e perimetro si è basato sulla definizione di un'accurata mappa del sito disegnata in campo e sono poi stati calcolati su planimetria digitale;
- 2. Descrittori idrologici:** profondità media (**i1**) espressa in cm e misurata *in situ*; periodicità del prosciugamento (**i2**), indotta anche dall'utilizzo antropico del sito; *spring well* (tipo di alimentazione) (**i3**) valutata *in situ* sulla base di un'approfondita perlustrazione dell'intorno di ciascuno dei siti caratterizzati; isolamento idrologico (**i4**), valutato mediante l'utilizzo degli *shape files* del reticolo idrografico e verifica in campo;
- 3. Descrittori di funzionalità:** naturale o artificiale/tipologia lentic o lotico (**f1**); posizione rispetto alle fasce di funzionalità fluviale (**f2**), valutata su planimetria digitale utilizzando gli *shape files* delle fasce PAI forniteci dall'Autorità di bacino del fiume Po; distanza dall'asse centrale del fiume Oglio (**f3**), valutata su planimetria digitale calcolando la distanza asse fiume-baricentro di ogni ambiente naturaliforme ;
- 4. Descrittori di pressione:** utilizzo attivo del sito (**p1**), valutato in campo in base allo sfruttamento del corpo idrico per scopi irrigui; livello di gestione (**p2**) stimato in campo; grado di artificializzazione dell'uso suolo (**p3**), stimato *in situ* mediante il rilevamento delle forme di uso suolo e tramite la redazione di una carta d'uso suolo; esposizione ai carichi di nutrienti (**p4**), valutata utilizzando i dati di un recente studio sui carichi azotati puntiformi e diffusi nel bacino dell'Oglio sublacuale.

La sistematizzazione dei dati all'interno di un *database* ha consentito l'applicazione di analisi statistiche per verificare l'esistenza di relazioni tra aspetti biologici (diversità floristico-vegetazionale) e descrittori.

Mediante l'utilizzo del software ArcView GIS 3.1 sono stati costruiti gli *Shape files* dei poligoni che rappresentano i 60 ambienti naturali analizzati, utilizzando come base digitale la Carta Tecnica Regionale (CTR) in formato TIFF che rappresenta uno standard diffuso e leggibile dalla maggior parte dei programmi di elaborazione territoriale e di rappresentazione di immagini grafiche. Le informazioni di georeferenziazione di ogni immagine digitale sono riportate nel file associato, identificato dalla medesima sigla con suffisso .tfw.

Il rapporto di scala della CTR è 1:10.000 e la cartografia è rappresentata nella proiezione di Gauss con coordinate piane riferite al sistema nazionale Gauss-Boaga.

Di tutti i poligoni costruiti sono stati calcolati i principali parametri utili ai fini dell'analisi come l'area, il perimetro e il baricentro.

Utilizzando gli *Shape files* del reticolo idrografico e quelli dell'asse fluviale sono stati classificati i diversi ambienti in "isolati" o "non isolati", in base alla distanza e al grado di connessione con il reticolo. Un altro parametro molto importante ai fini della valutazione della funzionalità delle aree naturali è la lontananza dal fiume, determinata come distanza tra l'asse fluviale ed il baricentro dei siti precedentemente determinato.

Sono stati poi costruiti dei buffers di 50 metri attorno agli ambienti e ne è stata calcolata la superficie. Attraverso gli *Shape files* dell'uso suolo sono state calcolate per ogni sito, comprensivo della propria area di buffer, le componenti d'uso espresse come area e come percentuale sul totale. L'analisi delle forme d'uso del suolo ha fornito la caratterizzazione della componente naturaliforme, al fine di fornire gli elementi di conoscenza e di analisi necessari per le fasi di caratterizzazione dello stato ecologico del sistema. La ripartizione dell'uso suolo per gli ambienti considerati ha compreso 4 tipologie: aree agricole (AA), aree naturali (AN), aree urbanizzate (AU) e ambienti acquatici (AQ). Le aree agricole comprendono i seminativi, i prati stabili, i frutteti, i pioppeti, gli impianti specializzati per l'arboricoltura da legno, le serre ed i vivai. Le aree naturali comprendono le zone boscate, le aree a vegetazione boschiva ed arbustiva, le formazioni arbustive dense, zone aperte con vegetazione rada o assente, zone a vegetazione erbacea non oggetto di pratiche colturali e zone a vegetazione ripariale.

Le aree urbanizzate comprendono le reti stradali e ferroviarie, il tessuto urbano continuo, il tessuto urbano discontinuo, le aree industriali e commerciali, le aree ad attività estrattiva, le aree ricreative e le aree verdi urbane. Degli ambienti acquatici fanno parte le zone umide, i bacini d'acqua ed i corsi d'acqua.

La maggior parte di queste aree ha una corrispondenza con gli habitat della Comunità Europea contraddistinti dal Codice *CORINE* (*CO-ordination of INFORMATION on the Environment*), secondo la classificazione del *CORINE Biotopes Manual*, il cui scopo è quello di dotare l'Unione Europea, gli

stati associati e i paesi limitrofi dell'area mediterranea e balcanica di informazioni territoriali omogenee sullo stato dell'ambiente. Le ripartizioni di uso suolo sono riportate nelle seguenti tabelle:

Tabella. 3. Ripartizione dell'uso suolo comprendente la aree agricole.

AA		Corrispondenza CORINE Land Cover		
<i>Definizione</i>	<i>Codice</i>	<i>Definizione</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Codice</i>
Seminativi e impianti per la produzione di biomasse ad uso energetico	1.1	seminativi	Superfici coltivate regolarmente arate e generalmente sottoposte ad un sistema di rotazione	2.1
Prati permanenti e pascoli	1.2	Prati stabili	Superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee, non soggetta a rotazione. Sono per lo più pascolate, ma il foraggio può essere raccolto meccanicamente	2.3
Frutteti	1.4	Frutteti e frutti minori	Impianti di alberi o arbusti fruttiferi: colture pure o miste di specie produttrici di frutta o alberi da frutto in associazione con superfici stabilmente erbate	2.2.2
Pioppeti	1.5	Aree agro-forestali	Colture annuali o pascolo sotto copertura arborea composta da specie forestali	2.4.4
Altri impianti specializzati per l'arboricoltura da legno	1.6	Tipologia non prevista		
Orti, serre, vivai	1.8	Tipologia non prevista		

Tabella. 4. Ripartizione dell'uso suolo comprendente la aree naturali.

AN		Corrispondenza CORINE Land Cover		
<i>Definizione</i>	<i>Codice</i>	<i>Definizione</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Codice</i>
Zone boscate	2.1	Zone boscate	Formazioni vegetali costituite principalmente da alberi, ma anche da cespugli e arbusti	3.1
Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	2.2	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva	Vegetazione arbustiva o erbacea con alberi sparsi. Formazioni che possono derivare dalla degradazione della foresta o da una rinnovazione della stessa per ricolonizzazione di aree non forestali	3.2.4
Formazioni arbustive dense	2.3	Brughiere e cespuglieti	Formazioni vegetali basse e chiuse, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erbacee	3.2.2
Zone aperte con vegetazione rada o assente	2.4	Zone aperte con vegetazione rada o assente	Spiagge, sabbie, rocce nude	3.3
Zone a vegetazione erbacea non oggetto di pratiche colturali	2.5	Tipologia non prevista		
Zone a vegetazione ripariale	2.6	Tipologia non prevista		

Tabella. 5. Ripartizione dell'uso suolo comprendente la aree urbanizzate.

AU		Corrispondenza CORINE Land Cover		
<i>Definizione</i>	<i>Codice</i>	<i>Definizione</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Codice</i>
Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	3.0	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	Autostrade, strade principali, ferrovie comprese le superfici annesse	1.2.2
Tessuto urbano continuo	3.1	Tessuto urbano continuo	Spazi strutturati dagli edifici e dalla viabilità. Gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente occupano più dell'80% della superficie totale	1.1.1
Tessuto urbano discontinuo	3.2	Tessuto urbano discontinuo	Spazi caratterizzati dalla presenza di edifici. Gli edifici, la viabilità e le superfici a copertura artificiale coesistono con superfici coperte da vegetazione e con suolo nudo, che occupano in maniera discontinua aree non trascurabili	1.1.2
Aree industriali, commerciali	3.3	Aree industriali, commerciali	Aree a copertura artificiale (cemento, asfaltate o terra battuta), senza vegetazione, che occupano la maggior parte del terreno	1.2.1
Aree ad attività estrattiva	3.4	Aree ad attività estrattiva	Estrazione di materiali inerti a cielo aperto o di altri materiali	1.3.1
Aree ricreative	3.7	Aree ricreative	Aree utilizzate per camping, attività sportive, parchi di divertimento, rovine archeologiche, ecc	1.4.2
Aree verdi urbane	3.8	Aree verdi urbane	Spazi ricoperti di vegetazione compresi nel tessuto urbano.	1.4.1

Tabella. 6. Ripartizione dell'uso suolo comprendente gli ambienti acquatici.

AQ		Corrispondenza CORINE Land Cover		
<i>Definizione</i>	<i>Codice</i>	<i>Definizione</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Codice</i>
Zone umide	2.7	Zone umide interne	Zone non boscate, parzialmente, temporaneamente o permanentemente saturate da acqua stagnante o corrente	4.1
Bacini d'acqua	2.8	Bacini d'acqua	Superfici naturali o artificiali coperte da acque	5.1.2
Corsi d'acqua	2.9	Corsi d'acqua, canali, idrovie	Corsi d'acqua naturali o artificiali che servono per il deflusso delle acque	5.1.1

Una volta caricati sulla base cartografica gli *Shape files* delle fasce PAI, è stato possibile individuare in quale delle 3 fasce si trovano le aree di interesse.

Il Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, individua l'articolazione in fasce degli alvei fluviali e del territorio limitrofo secondo la seguente zonazione:

- *fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;*
- *fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata;*
- *area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.*

È stato infine analizzata la pressione esercitata dalle sorgenti di azoto, generate a livello del bacino idrografico sublacuale del fiume Oglio da sorgenti agro-zootecniche e antropiche (insediamenti abitativi, prevalentemente)(Soana *et al.*, in stampa). In questo lavoro la valutazione delle pressioni antropiche e delle ripercussioni sulla qualità delle acque superficiali nel tratto sublacuale del fiume Oglio è stata condotta tramite il calcolo del bilancio di massa dell'azoto a livello del suolo agrario dell'intero bacino. Il database digitalizzato del lavoro ci ha permesso di stimare il surplus azotato all'interno degli ambienti, su base arealica, all'ettaro ($\text{kg N ha SAU}^{-1} \text{ anno}^{-1}$) e in funzione della superficie di ogni comune analizzato ($\text{t N comune SAU}^{-1} \text{ anno}^{-1}$).

5.7 Analisi statistiche

La matrici delle informazioni floristico-vegetazionali acquisite (presenza-assenza delle specie) è stata messa in relazione ai descrittori analizzati mediante una prima sintesi dell'informazione sulla composizione in specie mediante Analisi delle Coordinate Principali (PCoA) sulle distanze di Jaccard tra siti di campionamento e la valutazione delle prime due variabili sintetiche estratte mediante tecniche di analisi statistica univariata (regressione lineare e ANOVA seguita dal test post-hoc di Tukey). L'obiettivo di queste elaborazioni è quello di evidenziare la possibile presenza di relazioni significative tra l'assetto floristico-vegetazionale rilevato e le variabili strutturali (geometriche e idrologiche) e ambientali (funzionali e di pressione). L'elaborazione è stata condotta mediante il pacchetto statistico R (R Development Core Team 2005).

6. RISULTATI

6.1 Analisi floristico-vegetazionali

Flora. Limitatamente agli ambienti analizzati nel corso del 2007 (44 ambienti sui 60 complessivamente caratterizzati in termini di tipologie vegetazionali e descrittori fisici e funzionali) è stata condotta un'analisi del corteggio floristico. Il rilevamento della flora ha portato all'individuazione di 275 specie. I dati evidenziano il rinvenimento di 15 specie incluse nella Lista Rossa Regionale e/o protette da Leggi Regionali (L.R. 33/77)(tabella 7), che corrispondono al 5,45% del totale. Complessivamente 45 specie non appartengono alla flora regionale spontanea e sono perciò da considerarsi aliene; la percentuale delle specie naturalizzate è pari, quindi, al 16,36%, percentuale che rappresenta il grado di inquinamento floristico degli ambiti naturali caratterizzati ed è in linea con i dati disponibili per aree strutturalmente simili (ambiti golenali) poste in stretta continuità geografica con gli ambiti dell'Oglio sublacuale (Petraglia e Antoniotti, 2004).

Complessivamente sono state descritte 64 differenti famiglie, di cui unicamente 2 rappresentate da una sola specie esotica (*Oxalidaceae* e *Simaroubaceae*). Questo dato evidenzia un buon livello di diversità tassonomica degli ambienti umidi e di transizione caratterizzati ad indicare una loro significativa eterogeneità ambientale, eterogeneità che si traduce in una molteplicità di condizioni microedafiche capaci di sostenere numerose e assai composizionalmente diversificate cenosi vegetali. Le famiglie maggiormente rappresentate sono *Asteraceae*, *Poaceae* e *Fabaceae*, che contribuiscono rispettivamente al 12,73%, all'11,27% e al 6,91% del computo complessivo del corteggio floristico (275 specie).

Tabella 7. Specie incluse nella Lista Rossa Regionale e/o protette dalla L.R. 33/77 (CR= gravemente minacciata, EN= minacciata, VU= vulnerabile, LR= a minore rischio).

specie	UICN Reg	L.R. 33/77
<i>Ceratophyllum demersum</i>	LR	-
<i>Rorippa amphibia</i>	LR	-
<i>Oenanthe aquatica</i>	EN	-
<i>Carex riparia</i>	LR	-
<i>Glyceria maxima</i>	LR	-
<i>Gratiola officinale</i>	LR	-
<i>Ludwigia palustris</i>	EN	-
<i>Butomus umbellatus</i>	VU	-
<i>Leucojum aestivum</i>	LR	SI
<i>Iris pseudacorus</i>		SI
<i>Sparganium emersum</i> subsp. <i>emersum</i>	LR	-
<i>Typha latifolia</i>		SI
<i>Senecio paludosus</i>	VU	-
<i>Spirodela polyrhiza</i>	LR	-
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	CR	-

Lo spettro biologico indica la proporzione delle diverse forme biologiche (Raunkiaer, 1934) in una determinata flora; definisce, perciò, le tipologie adattative evolute per proteggere le gemme durante la stagione avversa rappresentate nell'area di studio e i loro rapporti %. I dati raccolti mostrano la prevalenza delle Emicriptofite (40,36%), dato atteso in relazione allo spiccato carattere temperato della Pianura Padana, seguite per importanza dalle Terofite (28,73), ad indicare una profonda manomissione antropica dei contesti di pianura che favorisce lo sviluppo di comunità dominate da specie con ciclo biologico annuale. Meno importanti nel computo complessivo delle forme biologiche risultano essere le Geofite (10,91), le Fanerofite (10,55), le Idrofite, le Elofite e le Nano-fanerofite (rispettivamente pari al 5,45, 2,55 e 1,45%)(tabella 8).

Tabella 8. Numero di specie e percentuali delle forme biologiche nelle aree studiate.

	Terofite	Elofite	Idrofite	Geofite	Emicriptofite	Nano-fanerofite	Fanerofite
n. specie	79	7	15	30	111	4	29
%	28,8	2,6	5,5	10,9	40,4	1,5	10,6

L'elemento corologico si riferisce all'areale geografico occupato da una singola specie, che nella maggior parte dei casi è largamente sovrapponibile con quello di altre specie e riconducibile a categorie generali. All'interno degli ambienti studiati l'elemento prevalente è quello Eurasiatico, che raggruppa le specie Paleotemperate, Eurasiatiche, Europee ed Europee-caucasiche, pari al 43,4% delle specie rilevate. L'elevata percentuale di specie Cosmopolite (14,6%) e di specie Esotiche di neo-colonizzazione (16,4%) indica un complessivo impoverimento strutturale delle cenosi rilevate, data la preferenze di queste specie ad ambienti secondari e ruderali. Meno rappresentate sono le specie Boreali (11,3%), Eurimediterranee (11,3%), Orofite S-Europee (2,2%) e Atlantiche (0,7%) (Figura 6). I risultati presentati sono in linea con i dati di altre ricerche condotte in aree della Pianura Padana profondamente disturbate (contesti urbani e agricoli) a carattere temperato (Bonali, 2000; Petraglia e Antoniotti, 2004). Appare chiaro il fondamentale ruolo delle aree umide e di transizione alla conservazione della biodiversità relittuale degli agro-ecosistemi se consideriamo l'elevata diversità riscontrata nei nuclei indagati (275 specie), diversità prevalentemente dipendente dall'estrema eterogeneità ambientale di tali ecosistemi. Le comunità si presentano infatti prevalentemente destrutturate e caratterizzate da uno spinto monofitismo. Conservare questo patrimonio di diversità vegetale, con l'aspirazione di aumentarne il pregio, richiede interventi attivi finalizzati a rinnovare periodicamente questi ambienti, senza però determinare la distruzione delle stazioni relitte delle specie maggiormente sensibili al disturbo antropico meccanico e all'inquinamento delle acque.

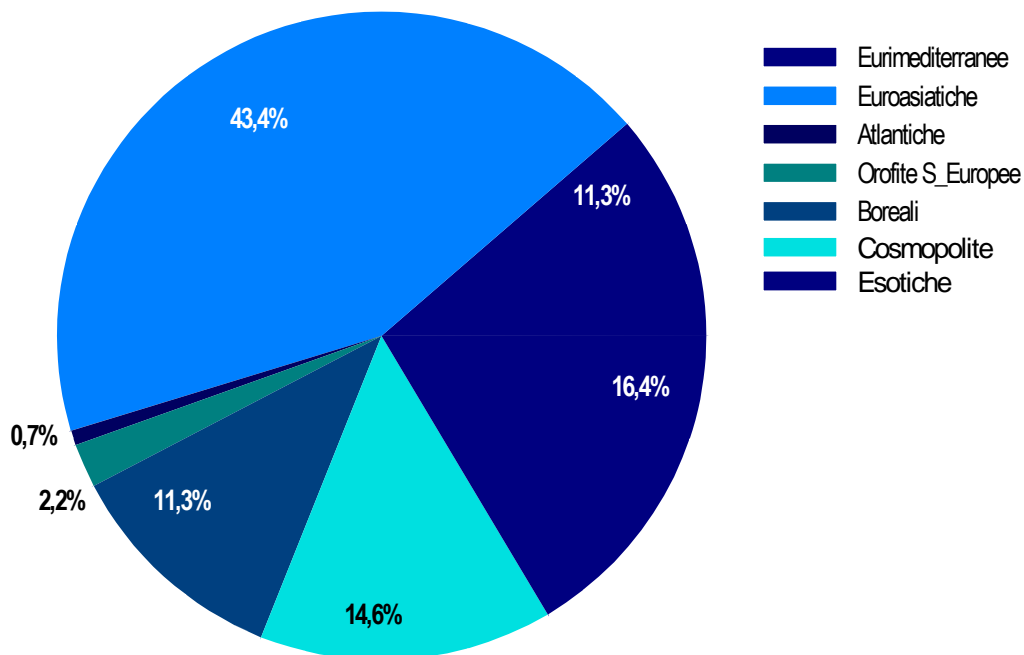


Figura 6. Spettro corologico.

Vegetazione. I rilievi fitosociologici sono stati ripartiti in sei gruppi principali sulla base delle forme biologiche prevalenti: 1. vegetazione idrofittica (**Lemnetea**, **Potametea**, **Phragmito-Magnocaricetea**); 2. vegetazione annuale di substrati a periodica sommersione (**Isoëto-Nanojuncetea**, **Bidentetea**); 3. vegetazione nitrofila di margini boschivi e ambienti ripariali (**Galio-Urticetea**); 4. boschi igrofilo (**Alnetea glutinosae**); 5. boschi ripari a salici (**Salicetea purpureae**); 6. formazioni ad elevata artificialità. Di seguito è proposto lo schema sintassonomico per l'inquadramento della vegetazione, ricondotta a 41 unità, tra fitocenon e associazioni naturali o ad alta artificialità.

Lemnetea Tüxen ex O. Bolòs & Masclans 1955

Lemnetalia minoris Tüxen ex O. Bolòs & Masclans 1955

Fitocenon a *Lemna minor* (**Lm**)

Lemnion minoris Tüxen ex O. Bolòs & Masclans 1955

Lemno-Spirodeletum polyrhizae Koch 1954 (*Sp*)

Lemnion trisulcae Den Hartog & Segal ex Tüxen & Schwabe in Tüxen 1974

Fitocenon a *Lemna trisulca* (**Lt**)

Hydrocharitetalia Rùbel 1933

Hydrocharition Rùbel 1933

Salvinio-Spirodeletum polyrhizae Slavinić 1956 (**Sn**)

Lemno minoris-Hydrocharitetum morsus-ranae Passarge 1978 (**Hm**)

Utricularietalia Den Hartog & Segal 1964

Ceratophyllion demersi Den Hartog & Segal ex Passarge 1996

Fitocenon a *Ceratophyllum demersum* (Cd)

Potametea Klika in Klika & Novák 1941

Potametalia Koch 1926

Fitocenon a *Myriophyllum spicatum* (Ms)

Potamion (Koch 1926) Libbert 1931ù

Fitocenon a *Potamogeton nodosus* (Pn)

Fitocenon a *Potamogeton crispus* (Pc)

Nymphaeion albae Oberdorfer 1957

Nymphaetum albo-luteae Nowiński 1928 (NI)

Fitocenon a *Nymphaea alba* (Na)

Fitocenon a *Potamogeton natans* (Pt)

Phragmito-Magnocaricetea Klika in Klika & Novák 1941

Phragmitetalia Koch 1926

Phragmition communis Koch 1926

Phragmitetum australis Soó 1927 nom. mut. propos. (art.45)(Ph)

Typhetum latifoliae Lang 1973 (TI)

Sparganietum erecti Roll 1938 (Se)

Butometum umbellati Konczak (1968) Philippi 1973 (Bu)

Glycerietum maximae Nowinski 1930 (Gm)

Leersietum oryzoidis Egger 1933 (Lo)

Fitocenon a *Mentha aquatica* (Ma)

Magnocaricion elatae Koch 1926

Caricetum elatae Koch 1926 (Ce)

Caricetum acutiformis Egger 1933 (Ca)

Caricetum gracilis Almquist 1929 (Cg)

Galio palustris-Caricetum ripariae Balátova-Tuláčková, Mucina Ellmauer & Wallnöfer in Grabherr et Mucina 1993 (Cr)

Phalaridetum arundinaceae Libbert 1931 (Ta)

Fitocenon a *Veronica anagallis-aquatica* (Va)

Isoëto-Nanojuncetea Br.-Bl. et R. Tx. ex Westhoff et al. 1946

Nanocyperetalia Klika 1935

Nanocyperion Koch ex Libbert 1932

Fitocenon a *Paspalum paspaloides* (Pp)

Fitocenon a *Cyperus fuscus* (Cf)

Fitocenon a *Cyperus michelianus* (Cm)

Fitocenon a *Lindernia dubia* (Ld)

Fitocenon a *Ludwigia palustris* (Lp)

Fitocenon a *Ludwigia peploides* subsp. *montevidensis* (Lu)

Fitocenon a *Mentha pulegium* (Mp)

Bidentetea R.Tx. et al. ex. von Rochow 1951

Bidentetalia Br.-Bl. et R. Tx. ex Klika & Hadač 1944

Bidention tripartitae Nordhagen 1940

Polygonetum hydropiperis Passarge 1965 (Px)

Ranunculetum scelerati Tx. 50 ex. Passarge 1959 (Rs)

Chenopodium rubri Tx. in Poli u. J. Tx. 1960 corr. Kopp. 1969

Fitocenon a *Eragrostis pilosa* (Ep)

Fitocenon a *Portulaca oleracea* (Po)

Galio-Urticetea Passarge ex Kopecký 1969

Convolvuletalia sepium R. Tx. 1950 em. Mucina 1993

Senecionion fluviatilis R. Tx. 1950
Fitocenon a *Equisetum telmateja* (Et)
Fitocenon ad *Amorpha fruticosa* e *Rubus caesius* (Am)

Salicetea purpureae Moor 1958
Salicetalia purpureae Moor 1958
Salicion albae Soó 1930
Salicetum albae Issler 1926 (Sa)

Alnetea glutinosae Br.-Bl. et R.Tx. ex Westhoff et al. 1946
Salicetalia auritae Doing 1962
Salicion cinereae T. Müller et Görs 1958
Salicetum cinereae Zólyomi 1931 (Sc)

Formazioni ad elevata artificialità
Fitocenon a *Humulus scandens* (Hs)

Vegetazione idrofittica

Si definiscono idrofite le specie vegetali capaci di compiere il loro ciclo riproduttivo quando tutte le parti vegetative sono sommerse o sostenute dall'acqua oppure che, pur vivendo normalmente in stato di sommersione, sono indotte a riprodursi sessualmente quando il loro apparato vegetativo degenera a seguito dell'emersione (Den Hartog e Segal, 1964).

Le ricognizioni passate (Tomaselli *et al.*, 2003) hanno evidenziato la presenza all'interno dell'area del Parco Regionale Oglio Sud di diffusi popolamenti idrofittici, in particolare di comunità acquatiche liberamente flottanti (pleustofite), di formazioni dominate da macrofite radicate (rizofite) e di formazioni riparie (elofite, specie che radicano sul fondo di un corpo idrico o in suoli costantemente umidi, ma che presentano la maggior parte delle strutture vegetative e riproduttive, fusti, foglie ed infiorescenze emergenti). La campagna di caratterizzazione condotta nell'estate del 2007 ha permesso di riconoscere la presenza di 31 comunità spiccatamente acquatiche.

Le formazioni pleustofittiche, ricondotte alla classe **Lemnetea**, sono sei e sono dominate rispettivamente da *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *L. trisulca*, *Salvinia natans*, *Hydrocharis morsus-ranae* e *Ceratophyllum demersum* (Allegato 1 – tabella I). Le comunità a *L. minor* sono ascritte ad un fitocenon basale in ragione dello scarso potere diagnostico socio-ecologico della specie (Tomaselli *et al.*, 2006), in accordo con quanto stabilito da Schwabe-Braun e Tuxen (1981), Scoppola (1982) e Sburlino *et al.* (1985; 2004). Al *Lemnion minoris* sono ricondotte le formazioni del *Lemno-Spirodeletum polyrhizae* a dominanza di *S. polyrhiza*, mentre le comunità infra-acquatiche caratterizzate dalla predominanza di *L. trisulca* si considerano, analogamente alle cenosi a *L. minor*, dei popolamenti basali inclusi all'interno dell'alleanza *Lemnion trisulcae* (Scoppola, 1982; Sburlino *et al.*, 1985, 2004; Tomaselli *et al.*, 2006). I popolamenti caratterizzati da una spiccata predominanza di idrocaridi (*S. natans*, *H. morsus-ranae*) sono inquadrati all'interno dell'alleanza *Hydrocharition*, rispettivamente nelle associazioni *Salvinio-spirodeletum polyrhizae* e *Lemno minoris-Hydrocharitetum morsus-ranae* (Sburlino *et al.*, 2004; Tomaselli *et al.*, 2006). Infine, le comunità

paucispecifiche costituite essenzialmente da un tappeto sommerso di *Ceratophyllum demersum* sono ascritte al *Ceratophyllion demersi*, in un fitocenon dato lo scarso valore diagnostico della specie (Tomaselli *et al.*, 2006).

La classe **Potametea** raggruppa le comunità dominate strutturalmente da idrofite radicate nel sedimento saturo; nelle aree indagate sono state descritte sei unità fitosociologiche, riferibili a due alleanze: il **Potamion pectinati** e il **Nymphaeion albae** (Allegato 1 – tabella II). La prima include le formazioni a potamidi e ceratofillidi, rispettivamente idrofite a foglie intere sommerse e a foglie suddivise finemente e liberamente flottanti nello spazio infra-acquatico. La seconda è definita dalla presenza di ninfeidi, di piante cioè ancorate al sedimento che presentano foglie lungamente picciolate a lamina intera e ampia, galleggiante all'interfaccia acqua-atmosfera (Gerdol e Tomaselli, 1997).

La prima formazione ascritta alla classe **Potametea** è dominata da *Myriophyllum spicatum*, una specie a scarsa valenza diagnostica (Gerdol e Tomaselli, 1993; Sarika-Hatzinikolaou *et al.*, 2003; Tomaselli *et al.*, 2003) in grado di differenziare un fitocenon basale, Fitocenon a *Myriophyllum spicatum* (Allegato 1 – tabella III). Al *Potamion pectinati* sono ricondotte due formazioni, rappresentati da nuclei paucispecifici dominati da *Potamogeton nodosus* e *P. crispus*. Si presentano come popolamenti elementari, estremamente impoveriti, riconducibile dinamicamente alle prime fasi di colonizzazione dei corpi idrici di pianura. La scarsa predittività socio-ecologica delle due specie ci hanno portato all'identificazione di due Fitocenon a *Potamogeton nodosus* e a *Potamogeton crispus*. Al *Nymphaeion albae* sono riferite tre differenti tipologie, rispettivamente dominate da *Nuphar luteum*, *Nymphaea alba* e *Potamogeton natans*. Le formazioni a dominanza di *Nuphar luteum* sono ricondotte al *Nymphaeetum albo-luteae*, una cenosi ampiamente diffusa in tutta l'Europa centrale e frequente nella porzione centrale della Pianura Padana (Tomaselli *et al.*, 2002; 2003), dove si presenta tipicamente floristicamente impoverita. Dalla caratterizzazione dei rilievi emerge infatti un'unica specie rizofitica dominante, rappresentata appunto del *Nuphar luteum*, a cui si accoppiano con basse frequenze specie compagne ascritte alla classe **Lemnetea**. Le comunità dominate da *Nymphaea alba* mostrano similitudini con analoghe comunità descritte: in Europa centrale da Müller (1992), Schratt (1993b) e Pott (1995) e, in Pianura Padana centrale, da Tomaselli *et al.* (2002; 2003). L'estrema semplicità compositiva e la costante assenza di *Nuphar luteum* in questi consorzi ci fa propendere per l'opzione avanzata da Müller (1992) e confermata da Tomaselli *et al.* (2003), di distinguere queste formazioni dal *Nymphaeetum albo-luteae* e ipotizzare l'esistenza di un'unità indipendente riferibile al "*Nymphaea alba*-Gesellschaft". I nostri rilievi sono stati infatti riferiti ad un fitocenon a *Nymphaea alba*. Questa scelta si basa innanzitutto sull'osservazione diretta di una segregazione microedafica delle due specie caratteristiche, *Nuphar luteum* e *Nymphaea alba*, solo sporadicamente presenti contemporaneamente nel medesimo sito ed nella medesima formazione. L'analisi gerarchica dei rilievi inoltre ha sempre nettamente separato le due comunità ad indicare una differenziazione floristica

complessiva. L'ultima formazione appartenente all'ordine *Nymphaeion albae* è dominata da *Potamogeton natans*.

La fitocenosi non può essere riferita ad un'associazione, concordemente a quanto sostenuto da Müller e Görs (1992) e Schratt (1993b), a seguito dello scarso potere diagnostico della specie, che presenta infatti un'ampia distribuzione territoriale ed si adatta ecologicamente a condizioni anche molto differenti tra loro, dai corpi idrici planiziali a quelli di alta quota (Pignatti, 1982).

All'interno dei siti analizzati, le formazioni elofitiche sono rappresentate da 13 distinte comunità, sette ricondotte al *Phragmition* e sei al *Magnocaricion* (classe **Phragmito-Magnocaritea**). Le formazioni dominate da elofite di taglia significativa capaci di colonizzare fondali da sabbioso-limosi a ghiaiosi fino a 0,5-0,7 m di profondità, sono strutturalmente dominate rispettivamente da *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Butomus umbellatus*, *Sparganium erectum*, *Glyceria maxima*, *Leersia oryzoides* e *Mentha aquatica* (Allegato 1 – tabella IV). Le comunità dominate da *Phragmites australis* sono le più diffuse all'interno dell'area di studio (ne rappresentano il 76%), presentano come formazioni chiuse e mediamente povere dal punto di vista floristico, con un numero medio di specie per rilievo che supera di poco la decina (numero di specie medio pari a 14). Tra le formazioni rimanenti, solo *T. latifolia* e *G. maxima* danno origine a formazioni relativamente diffuse, *S. erectum*, *B. umbellatus*, *L. oryzoides* e *M. aquatica* sono presenti con popolamenti elementari. All'interno delle comunità del *Magnocaricion* le specie caratteristiche e differenziali dell'alleanza appaiono adeguatamente rappresentate e tra loro predomina la differenziale *Lythrum salicaria*, anche le specie caratteristiche di ordine e classe sono presenti in buon numero, con prevalenza di *Lysimachia vulgaris* (Allegato 1 – tabella V). Dal punto di vista sintassonomico sono state rilevate sei fitocenosi a dominanza di *Carex elata*, *C. acutiformis*, *C. gracilis*, *C. riparia*, *Typhoides arundinacea* e *Veronica anagallis-aquatica*. Le formazioni a *C. elata* sono ricondotte al *Caricetum elatae*, quelle a *C. acutiformis* al *Caricetum acutiformis*, *C. gracilis* è specie caratteristica del *Caricetum gracilis*, mentre le comunità di *C. riparia* sono ascritte al *Galio palustis-Caricetum ripariae*, tutte formazioni ampiamente diffuse nell'Europa temperata e submediterranea e presenti anche nell'Italia settentrionale. *T. arundinacea* è specie indicatrice del *Phalaridetum arundinaceae*, comunità tipica dei contesti ripari dei fiumi nei loro tratti potamali, mentre lo scarso valore diagnostico di *V. anagallis-aquatica* ha suggerito l'inquadramento del popolamento elementare rilevato in un Fitocenon a *Veronica anagallis-aquatica*.

Vegetazione annuale di substrati a sommersione periodica

Le vegetazioni che proliferano su substrati limosi o limoso-argillosi ricchi o relativamente ricchi di nutrienti e soggetti a emersione nelle fasi tardo-estiva e autunnale, tipici di corpi idrici, piccole pozze o di ambienti umidi antropogenici, sono ascritte alle classi **Isoëto-Nanojuncetea** e **Bidentetea**, distribuite in Europa, Africa settentrionale ed Asia centro-occidentale.

Alla prima classe è ascritto l'ordine *Nanocyperetalia* che raggruppa le comunità dominate da piccoli papiri annuali a distribuzione ovest-, centro- e sud-est-europea. All'interno dei siti studiati sono state

descritte sette cenosi rispettivamente caratterizzate dalla dominanza di *Paspalum paspaloides*, *Cyperus fuscus*, *C. michelianus*, *Lindernia dubia*, *Ludwigia peploides* subsp. *montevidensis*, *Ludwigia palustris* e *Mentha pulegium* (Allegato 1 – tabella VI).

Tutte queste specie sono riconducibili all'alleanza *Nanocyperion*, ma in ragione del loro scarso valore diagnostico e della struttura assai degradata delle comunità che costituiscono, in termini composizionali (queste formazioni sono dominate da specie compagne della classe **Bidentetea**) non posso essere ricondotte a delle associazioni ma unicamente a fitocenon basali (vd. schema sin tassonomico). Tra le specie dominanti si riconoscono, peraltro, alcuni taxa alloctoni (*P. paspaloides*, *L. dubia*, *L. peploides* subsp. *montevidensis*), fattore che riduce ulteriormente il valore sintassonomico di queste comunità.

Lungo i contesti ripari e le forme di fondo (barre e isole sabbiose) periodicamente emergenti, i cui substrati limosi o limoso-argillosi sono ricchi in termini di nutrienti disponibili (N e P) veicolati dalle acque del fiume, si affermano comunità ascritte alla classe **Bidentetea**, distribuita in Europa ed in Asia, all'ordine **Bidentetalia**, a sua volta suddiviso in due alleanze: *Bidention* e *Chenopodion* (Allegato 1 – tabella VII). nell'area di studio sono state individuate quattro formazioni tipiche degli ambienti naturali o sinantropici eutrofici, equiripartite tra *Bidention* e *Chenopodion*. Le formazioni della prima delle due alleanze sopracitate, sono rispettivamente dominate da *Polygonum hydropiper* e *Ranunculus sceleratus*. La prima fitocenosi è costituita da popolamenti caratterizzati dalla predominanza di erbe annuali nitrofile di taglia da media ad alta, con numero di specie variabile. Le entità dominanti sono, alternativamente, *Polygonum hydropiper*, *P. mite* e *Bidens tripartita*. Gli otto rilievi eseguiti sono stati riferiti all'associazione *Polygonetum hydropiperis*, nota per l'Europa centrale e settentrionale (Kiesslich *et al.*, 2003). La seconda comunità è ricondotta all'associazione *Ranunculetum scelerati*, tipica di substrati ricchi in nutrienti periodicamente emergenti, anche se solamente per brevi periodi. Al *Chenopodion* sono ascritti due popolamenti elementari, di dubbio valore sintassonomico, per questo sono considerati due fitocenon basali, rispettivamente dominati da *Eragrostis pectinacea* e *Portulaca oleracea*.

Vegetazione erbacea nitrofila di margini boschivi e ambienti ripariali

Le comunità dominate da specie erbacee perenni che si affermano lungo i margini delle formazioni boscate e dei corpi idrici sono ricondotte alla classe **Galio-Urticetea** che comprende le fitocenosi igro-nitrofile di ambienti ripariali (ordine *Convolvuletalia sepium*), cui sono ricondotte le comunità caratterizzate strutturalmente da *Equisetum telmateja* e *Amorpha fruticosa* in stretta associazione con *Rubus caesius* (Allegato 1 – tabella IX). Le formazioni ad *Equisetum telmateja* (qui rappresentate da un popolamento elementare) sono contrassegnate dalla prevalenza delle specie caratteristiche della classe **Galio-Urticetea** e, in particolare, di quelle diagnostiche dell'ordine *Convolvuletalia sepium* e dell'alleanza *Senecionion fluviatilis*. L'assenza di riferimenti sintassonomici per questa fitocenosi ci ha indotto a riferirle a un Fitocenon a *Equisetum telmateja* nell'ambito dell'alleanza *Senecionion fluviatilis* in accordo a quanto proposto da Tomaselli *et al.* (2003). Ampiamente diffuse sono, invece,

le formazioni a dominanza di *Amorpha fruticosa*, neofita alto arbustiva, a cui si associa prevalentemente nello strato arbustivo inferiore *Rubus caesius*.

Frequentemente nei due strati arbustivi svolge un ruolo di copertura non trascurabile la specie lianosa *Humulus lupulus*, la cui diffusione individua una variante alla forma tipica della comunità. Lo strato erbaceo è caratterizzato dalla predominanza delle specie di *Senecionion fluviatilis*, *Convolvuletalia sepium* e **Galio-Urticetea**. In accordo con Tomaselli *et al.* (2003) si propone l'inquadramento di queste formazioni all'interno di un Fitocenon ad *Amorpha fruticosa* in relazione alla prevalenza della neofita nordamericana (Allegato 1 – tabella IX).

Boschi igrofilii

Nei contesti planiziali la diffusione di nuclei arborei è estremamente ridotta e puntiforme, pochissimi sono i nuclei di bosco planiziale giunti intatti fino ai giorni nostri. All'interno della riserva è stato descritto una sola tipologia ascrivibile ai boschi igrofilii, riferito alla classe **Alnetea glutinosae**. Classe che raggruppa le formazioni boscate, le boscaglie e gli arbusteti a distribuzione eurosiberiana, tipiche di habitat igrofilii da mesotrofici ad eutrofici in cui la falda acquifera è superficiale e si possono avere prolungati periodi di sommersione. La formazione arbustiva è dominata da *Salix cinerea* ed è riconducibile all'associazione *Salicetum cinereae* (Allegato 1 – tabella VIII).

Boschi ripari a salici

I boschi ripari raggruppano i nuclei arbustivi e arborei a predominanza di salici. La presenza di significative fluttuazioni della falda e di periodici eventi di sommersione del suolo, alternati a fasi di relativo prosciugamento estivo, rappresentano i presupposti ecologici essenziali all'insediamento di queste fitocenosi. La diffusione dei salici e, in particolare, la loro potenzialità colonizzatrice nei contesti perifluviali è resa possibile dagli adattamenti morfologici e strutturali evoluti per limitare l'impatto degli eventi di piena e favorire una rapida rigenerazione delle strutture vegetative eventualmente danneggiate. Le formazioni a salici sono ricondotte in termini fitosociologici alla classe *Salicetea purpureae* a distribuzione eurosiberiana, costituita da un solo ordine (*Salicetalia purpureae*). L'ordine è suddiviso in due alleanze: il *Salicion eleagno-daphnoidis*, che comprende i saliceti arbustivi ripariali pionieri sui suoli alluvionali dei corsi d'acqua montani e collinari e il *Salicion albae*, in cui sono compresi saliceti arborei e arbustivi chiusi, distribuiti lungo i corsi d'acqua delle pianure e delle prime colline. Nel Parco Oglio Sud è rappresentata solo quest'ultima alleanza, con un'unica associazione: *Salicetum albae*. La comunità è dominata da individui di salice bianco (*Salix alba*) di altezza compresa tra i 25 e 30 m e presenta una copertura percentuale dello strato arboreo variabile tra il 50 e il 90%. Complessivamente lo stato di conservazione dei saliceti bianchi all'interno del Parco va ritenuto critico, non si osserva un'attiva rinnovazione da parte del salice e l'elevato grado di emerobia è specchio delle profonde alterazioni funzionali portate al sistema fluviale dell'Oglio (regime idrico, inquinamento diffuso e puntiforme) da cui dipende la vitalità della riserva.

Formazioni ad elevata artificialità

Lungo gli argini del fiume Oglio sono state rilevate vegetazioni annuali adattate alle peculiari condizioni ecologiche connesse alle fluttuazioni del livello idrometrico fluviale. Le specie dominanti sono rampicanti volubili esotiche quali *Humulus scandens* e *Sycios angulatus*.

La loro composizione floristica e la loro spinta connotazione nitrofila e ruderale non ci permettono di giungere all'individuazione di una tipologia vegetazionale di riferimento, si propone in via preliminare di inquadrare queste in un Fitocenon a *Humulus scandens*.

6.2 Analisi dei descrittori fisici e funzionali

Le analisi di campo hanno permesso di acquisire una discreta mole di informazioni, che elaborate hanno fornito una prima analisi sulla funzionalità e sullo stato degli ambienti considerati.

I descrittori geometrici rilevano le peculiarità strutturali dei siti. Il descrittore "area" (**g1**) evidenzia un'ampia variabilità; il valore minimo è pari, infatti, a 1.164 m², mentre il massimo raggiunge i 115.695 m², mostrando un *range* di variabilità di ben due ordini di grandezza. La superficie media (\pm dev.st.) raggiunge i 13.486 \pm 17.326 m²; l'elevato valore assunto dalla dev.st. rivela l'elevata eterogeneità degli ambienti studiati. La dimensione arealica rappresenta un descrittore molto importante per gli ambienti acquatici relittuali inseriti in un contesto agricolo sottoposto ad un intenso sfruttamento agro-zootecnico; superfici superiori all'ettaro possono garantire, infatti, un livello sufficiente di resilienza e resistenza alle perturbazioni portate dai contesti laterali, permettendo la conservazione di un livello adeguato di biodiversità e funzionalità ecosistemica. D'altro canto però, queste aree sono più vulnerabili ai carichi di inquinanti in quanto presentano una maggiore superficie di contatto con l'esterno. I perimetri (descrittore **g2**) variano da un massimo di 2.804 m a un minimo di 158 m, mostrando una elevata diversità, inferiore a quella rilevata per il descrittore "area"; il valore medio è 745 \pm 586 m. Il massimo valore assunto dal rapporto perimetro/area (descrittore **g3**) è 0,30, mentre il minimo raggiunge l'0,01. I valori di media e deviazione standard sono pari a 0,08 \pm 0,06; i valori ottenuti, relativamente modesti, sono indice di un buon livello di naturalità degli ambienti. Tale parametro indica, infatti, che le forme degli ambienti indagati tendono a preservare una buona integrità ecologica interna dell'ecosistema tanto più si avvicinano alla forma sferica, assetto strutturale che permette di ridurre gli effetti degenerativi esercitati dall'esterno sulle dinamiche interne al sito. Gli ambienti stretti e sviluppati in senso longitudinale, invece, presentano un assetto che non consente la presenza di zone protettive e lo sbilanciamento tra perimetro e area evidenzia l'incapacità di controllare adeguatamente i carichi veicolati dagli ambiti ripari.

Nell'ambito dei descrittori idrologici, la profondità media (descrittore **i1**) si mostra molto variabile, si passa, infatti, da ambienti poco profondi come mostra il valore minimo che corrisponde a 0,10 m, ad ambienti con una discreta profondità (il valore massimo assume il valore di 6,00 m); mediamente questo parametro è pari a 1,69 \pm 1,20 m. Il valore medio indica una predominanza di ambienti a bassa profondità e dunque sensibilmente influenzabili dalle fluttuazioni del livello idrometrico, da eventuali

apporti di carichi azotati e caratterizzati da elevate variazioni diurne e stagionali del contenuto di O₂ e della temperatura (Bolpagni, 2006; Bolpagni *et al.*, 2004).

Queste condizioni possono indurre, quindi, la riduzione della diversità delle comunità acquatiche (pleustofite e rizofite), favorendo lo sviluppo di cenosi anfibe legate alla periodica emersione del substrato e dei fanghi eutrofici che costituiscono il fondo dei nuclei in studio. La maggioranza degli ambienti presenta infatti una periodicità di prosciugamento (SP; descrittore **i2**), soltanto 8 ambienti presentano un prosciugamento temporaneo, indice di come questo parametro sia determinante nell'influenzare le dinamiche interne di questi sistemi. La fonte di alimentazione idrica (descrittore **i3**) arriva naturalmente dal sottosuolo per 35 siti, mentre i restanti non hanno questo tipo di approvvigionamento e sono quindi più sensibili ai periodi di prosciugamento. La connessione degli ambienti con il reticolo idrografico è stata valutata mediante il descrittore idrologico di isolamento (descrittore **i4**). Solamente 20 ambienti naturali sono connessi direttamente ad esso; i restanti 2/3 sono da considerarsi isolati. In un contesto golenale come quello che stiamo studiando la vicinanza con il reticolo idrografico può essere un fattore di vulnerabilità per questi ambienti, in quanto tale connessione implica un facile scambio dei carichi inquinanti veicolati dal reticolo idrografico secondario.

L'origine dei siti (descrittore **f1**) è ripartita in parti uguali tra artificiali e naturali; la maggior parte di entrambe le classi presentano ambienti di tipo lentic, precisamente 20 ambienti lentic naturali e 20 ambienti lentic artificiali. Gli ambienti di tipo lotico sono numericamente inferiori (1/3 del numero complessivo dei siti analizzati). Rispetto alle fasce di funzionalità fluviale (**f2**) vi è una predominanza di ambienti collocati in fascia C (31 ambienti) e in fascia A (27), soltanto uno è collocato in fascia B ed uno è esterno ad esse. La distanza media dal fiume (**f3**) è di 835 m ed anche in questo caso il valore della deviazione standard è maggiore (924 m); la dispersione è dunque elevata, infatti, il valore minimo è pari a 8 m, mentre quello massimo è 3.630 m. La vicinanza con l'asta fluviale determina una serie di effetti positivi a carico delle aree laterali, consente, infatti, di ristabilire un contatto pulsato tra i due ambienti permettendo una complessiva "rivivificazione" del contesto laterale del fiume.

Tabella 9. Media e dev.st dei tre descrittori geometrici (**g1-g3**), **i1** (profondità media) e **f3** (distanza media dal fiume), e relativi massimi e minimi (max e min).

descrittori	g1	g2	g3	i1	f3
media	13486	745	0,08	169	835
dev. st.	17326	585	0,06	120	923
max	115695	2804	0,30	600	3630
min	1164	156	0,01	10	8

I restanti descrittori definiscono il tipo e l'entità della pressione antropica sull'ecosistema degli ambienti naturali. 25 ambienti sono utilizzati a scopi irrigui (descrittore **p1**) e, dunque, il disturbo antropico si concentra nel periodo di attività delle bonifiche (da maggio a fine agosto, circa).

Il disturbo diretto sulla vegetazione è indicato dal livello di gestione delle formazioni naturali (descrittore **p2**) che principalmente è determinato dalla frequenza degli sfalci e delle opere di gestione meccaniche di sponde e fondo. Vi sono ambienti che sono caratterizzati da un livello di gestione attivo (16 ambienti) e altri totalmente non gestiti (16 ambienti); per lo più gli ambienti analizzati sono gestiti moderatamente: a questa categoria appartengono 28 ambienti. L'area di *buffer* (50 m) è stata individuata per valutare il livello di conservazione strutturale del contesto territoriali in cui i siti si collocano; tanto più la tipologia di uso del suolo si discosterà da un uso storico o naturaliforme, maggiore sarà l'impatto esercitato sull'ambiente analizzato. Dall'analisi dell'uso suolo (descrittore **p3**) si evidenzia che le aree agricole (AA) rappresentano una grossa percentuale sul totale pari al 59,5% delle aree *buffer*. Una discreta porzione è rappresentata dalle aree naturali (AN) e dagli ambienti acquatici (AQ) che rivestono rispettivamente il 22,1% ed il 14,3%. Solo il 4,1% è rappresentato dalle aree urbanizzate. I valori corrispondenti espressi in m² sono riportati in tabella 10.

Tabella 10. Descrittori di assetto uso suolo (**p3**), espressi come superficie totale occupata dalle singole unità di uso (AA, ecc., per gli opportuni approfondimenti relativi ai codici utilizzati rimandiamo al testo) o come percentuale complessiva rispetto all'area del buffer.

p3	superfici complessive (m²)				percentuali di copertura (%)			
	AA	AN	AU	AQ	AA	AN	AU	AQ
media	24581	10022	1485	7113	59,5	22,1	4,1	14,3
dev. st.	17829	12698	3426	12468	24,9	22,1	9,3	21,3
max	101299	66311	18722	58006	100,0	99,3	44,5	96,0
min	91	0	0	0	0,2	0,0	0,0	0,0

Questa ripartizione d'uso evidenzia come, tra le pressioni esercitate sugli ambienti, non si possa trascurare quella del carico azotato derivante dall'agricoltura e dalla zootecnia (descrittore **p4**), che è chiaramente il contesto più sviluppato in queste aree e a cui vanno sommati i contributi relativi agli insediamenti umani. Il valore medio del surplus azotato è di 530 t N comune SAU⁻¹ anno⁻¹, con una variazione standard di 482 t N comune SAU⁻¹ anno⁻¹. L'apporto massimo è di 1134 t N comune SAU⁻¹ anno⁻¹, mentre quello minimo è di 23 t N comune SAU⁻¹ anno⁻¹. La differenza fra i due valori è sostanziale, come dimostra l'alto valore di dispersione intorno alla media. Esprimendo i valori in relazione agli ettari di territorio otteniamo un valore medio pari a 153 kg N ha SAU⁻¹ anno⁻¹ e uno

scarto intorno al valore medio di 63 kg N ha SAU⁻¹ anno⁻¹. In questo caso, la deviazione standard è di molto inferiore alla media e quindi ci si aspettano valori confrontabili.

Si può notare infatti che il valore massimo e minimo sono rispettivamente 225 e 51 kg N ha SAU⁻¹ anno⁻¹ (Soana *et al.*, in stampa).

Tabella 11. Descrittore di vulnerabilità ai carichi azotati (**p4**), espressi rispetto alla superficie dei comuni o su base unitaria (per ha).

p4	su base comunale (t N comune SAU ⁻¹ anno ⁻¹)	su base arealica (kg N ha SAU ⁻¹ anno ⁻¹)
media	530	153
dev. st.	483	63
max	1134	225
min	23	51

7. DISCUSSIONE

7.1 Analisi floristico-vegetazionali

L'analisi del dataset relativo ai caratteri floristico-vegetazionali evidenzia un numero relativamente significativo di specie all'interno dei siti analizzati; il numero medio (\pm dev.st) dei taxa è pari a $24,9 \pm 13$, con il massimo di 68 specie rilevato nel sito 337 (LeN), mentre il minimo è risultato pari a 3, dato rilevato nell'ambiente 142 (ambiente LoN). Tali evidenze sono in linea con studi analoghi condotti da Edvardsen e Okland (2006a, 2006b) nel sud della Svezia in un numero comparabile di ambienti acquatici lenticivi artificiali (*ponds*). Quanto alla rappresentatività delle singole specie, il numero medio di siti nei quali compaiono è $7,0 (\pm 7,8)$; questo dato mostra, come atteso, un ampio range di variabilità, oscillando tra 41 e 1. Infine, per quanto riguarda la diversità cenologica, il numero medio di meso-habitat è $2,8 (\pm 1,6)$, con un massimo di 7 (rilevato in tre distinti ambienti lenticivi: 74, 337 e 339) e un minimo di 1 (12 ambienti, 11 dei quali sono lenticivi, di cui 7 di origine artificiale). La formazione maggiormente diffusa è il *Phragmitetum australis* (28 ambienti sui 60 complessivi, il 46,7% del totale), seguito dalle formazioni ruderali e nitrofile ad *Amorpha fruticosa* e *Rubus caesius* (18 ambienti complessivi) e dalle comunità a *Polygonum hydropiperis* (*Polygonetum hydropiperis*) (8 ambienti complessivi). Se consideriamo la distribuzione delle tipologie di vegetazione, in funzione dello schema sintassonomico elaborato (appartenenza ad una specifica classe), le formazioni maggiormente diffuse sono quelle elofitiche (classe **Phragmito-Magnocaricetea**) rilevate all'interno di ben 43 ambienti sui 60 analizzati (pari al 71,7%), seguite per importanza dagli habitat a dominanza di specie ripariali nitrofile erbacee, arbustive o arboree (classi **Galio-Urticetea**, **Salicetea purpureae**, **Alnetea glutinosae**), cui si associano le formazioni ad elevata artificialità caratterizzate dalla

predominanza della lianosa alloctona *Humulus scandens*, rilevate in 23 siti differenti (38,3%). Le due classi che aggruppano pleustofite e rizofite (**Lemnetea** e **Potametea**) sono state, rispettivamente, individuate in 21 e 13 ambienti (pari al 35,0 e 21,7%), mentre le comunità effimere dei substrati molli tendenzialmente ricchi in nutrienti (o ipertrofici), ascritte alle classi **Isoëto-Nanojuncetea** e **Bidentetea**, sono state rilevate in un numero di siti pari a 16 e 9 (corrispondente al 26,7 e al 15%). Se consideriamo la distribuzione delle unità cenologiche, le fitocenosi del *Phragmition*, *Magnocaricion* e *Glycerio-Sparganion* si distribuiscono unicamente all'interno della piana inondabile (all'esterno del bankfull) con una netta prevalenza per i siti lentici (34 sui 43 ambienti complessivi); le formazioni retro-ripariali seguono una distribuzione sovrapponibile con una chiara preferenza per gli ambienti lentici (18 su 23) extra alveo attivo. Quanto alle comunità acquatiche in senso stretto, se le formazioni pleustofitiche non evidenziano una preferenza tipologica (sono state rilevate in 10 ambienti lentici e 11 ambienti lotici), le comunità rizofitiche si rinvengono in termini preferenziali all'interno dei sistemi lentici (10 su 13, il 76,9%). Infine, per quanto riguarda le fitocenosi terofitiche, la classe **Bidentetea** predomina nei contesti perifluviali (ben 7 dei 9 ambienti in cui sono state rilevate sono formazioni lineari di ripa del fiume Oglio), mentre le formazioni della classe **Isoëto-Nanojuncetea** complessivamente si equipartiscono tra sistemi lentici (9 ambienti) e lotici (7 siti).

7.2 Analisi fisica e funzionale

L'analisi dei descrittori ha permesso una descrizione di tipo fisico e funzionale degli ambienti indagati, in relazione al contesto di sfruttamento e pressioni antropiche tipiche del territorio in cui si trovano.

Alcune caratteristiche rilevano una buona funzionalità ecosistemica residuale degli ambienti analizzati, come il rapporto perimetro/area che assume un valore medio (\pm dev. st.) pari a $0,08 \pm 0,06$, dimostra un buon livello di naturalità (forma dei nuclei naturalistici prossima al cerchio). Il livello di connessione con il fiume è molto variabile, si hanno distanze tra i siti e l'asse centrale del fiume da molto ridotte ad elevate, come dimostrano i valori minimi e massimi calcolati, rispettivamente 8 m e 3.630 m. Il grado di rigenerazione e mantenimento del sito sarà facilitato laddove la vicinanza col contesto fluviale permetta l'instaurarsi di processi di scambio chimico e fisico ma anche biologico. La volontà di intervenire su questi ambienti per ripristinarne la naturalità dovrà tenere conto di questi fattori, andando dunque ad orientarsi verso quei siti in cui gli esiti degli interventi possano essere mantenuti nel tempo, preferendo ambienti di dimensioni relativamente ampie (circa 100 m², soglia spaziale al di sotto della quale si riscontra il completo prosciugamento estivo della colonna d'acqua) e con un buon grado di connessione al fiume. Non trascurabile ai fini di un corretto ripristino e mantenimento della naturalità è la valutazione dei disturbi antropici. L'analisi dell'uso suolo mostra chiaramente come le aree agricole, in media il 59,5%, facciano da contorno ai contesti naturali, che assumono le caratteristiche di vere e proprie isole di biodiversità. In aggiunta al disturbo fisico queste aree sono soggette a forti input di carichi di nutrienti, derivanti principalmente dall'apporto agricolo e

zootecnico, ma anche dagli apporti civili, pari a $153 \text{ kg N ha SAU}^{-1} \text{ anno}^{-1}$. La mancanza di aree di *buffer* intorno agli ambienti induce ad un inevitabile apporto di inquinanti verso queste zone, che è tanto maggiore quanto più l'area è maggiore, in quanto aumenta la superficie di contatto con l'esterno. La vulnerabilità da un punto di vista chimico di questi ambienti può essere incrementata dalla connessione al reticolo idrografico, in quanto spesso quest'ultimo veicola le sostanze inquinanti. In riferimento ai siti analizzati questa situazione si verifica per 1/3 degli ambienti.

7.3 Analisi statistica del dataset

L'Analisi delle Coordinate Principali (PCoA) è stata utilizzata per elaborare, valutare e comparare la diversità floristica (informazione standardizzata in una matrice di presenza/assenza delle singole specie) rilevata all'interno delle aree in studio in relazione alle variabili descrittive acquisite (descrittori geometrici, idrologici, funzionali e di pressione).

In figura 7 è riportato il risultato della PCoA, da cui è possibile rilevare come gli ambienti LoN (i lotici naturali) si separino nettamente lungo il primo asse dai rimanenti tipi di ambienti ($F_{3,56} = 17.68$, $P < 0.001$); i siti LoA (lotici artificiali) e Le (lenticoli, sia naturali che artificiali; LeN e LeA) mostrano, invece, una distribuzione meno chiaramente interpretabile. Lungo il secondo asse è possibile invece rilevare una segregazione significativa tra coppie di siti LoA-LeA e LoA-LeN ($F_{3,56} = 6.3031$, $P < 0.001$).

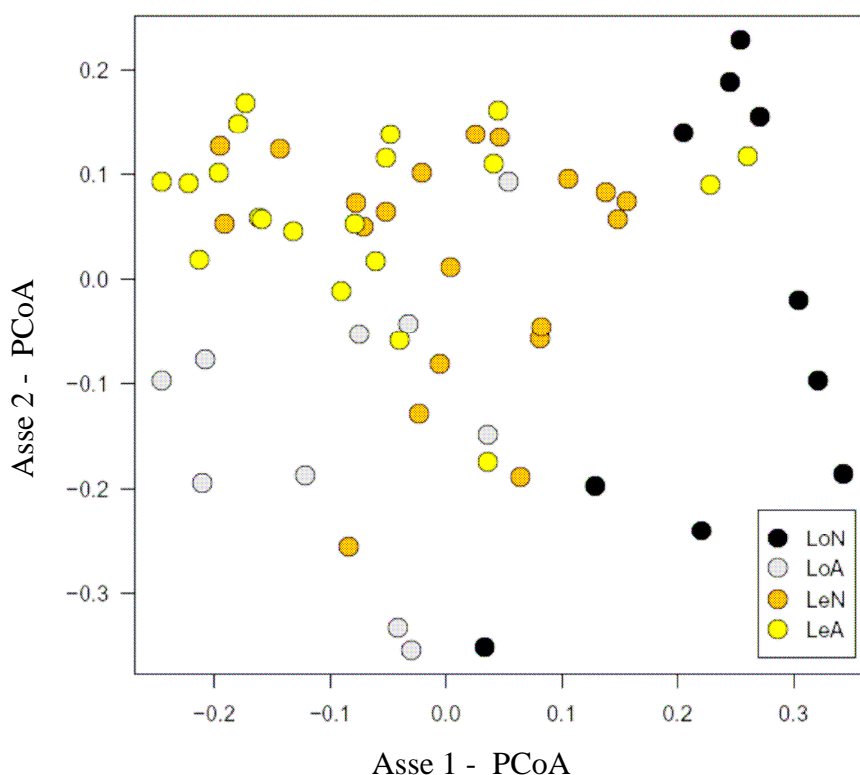


Figura 7. Analisi delle Coordinate Principali (i codici si riferiscono al descrittore origine; LoN= ambiente lotico naturale, LoA=ambiente lotico artificiale, LeN=ambiente lenticolo naturale, LeA= ambiente lenticolo artificiale).

Analizzando l'importanza di ciascun descrittore nel determinare la ripartizione spaziale dei siti ottenuta, è stata rilevata l'esistenza di una relazione lineare negativa significativa tra primo asse della PCoA, distanza lineare dal fiume (**f3**; $F_{1,58}=14.77$, $P<0.001$, $R^2=0.18$) e grado di artificializzazione dell'uso suolo, espresso in termini di superficie occupata da aree urbanizzate (AU) all'interno del *buffer* costruito tutt'attorno agli ambienti indagati (**p3**; $F_{1,58}=14.06$, $P<0.001$, $R^2=0.11$); queste evidenze giustificano la separazione degli ecosistemi ripari (rilevati all'interno dei siti LoN), posti in prossimità dell'alveo attivo (*bankfull*) in contesti scarsamente urbanizzati, dalle aree naturali o naturaliformi disposte all'interno della piana inondabile (*floodplain* + terrazzo morfologico).

Il primo asse rivela una differenza significativa tra gruppi formati applicando i descrittori idrologici (**i2**, **i3** e **i4**, cioè in termini di periodicità del prosciugamento, della presenza di uno *spring well*, e del grado di isolamento dal reticolo idrografico secondario), funzionali (**f1** e **f2**, per tipologia di origine e appartenenza a fascia PAI) e di pressione (**p1** e **p2**), in relazione al livello di gestione, attiva, dei siti.

Il secondo asse della PCoA si dimostra, invece, significativamente differente tra i gruppi formati applicando il descrittore per/area (**g3**), questo rapporto permette di valutare l'intrinseca capacità di resilienza di un nucleo naturale alle perturbazioni provenienti dall'esterno, tanto più il valore del descrittore è basso tanto più la capacità di rispondere in modo attivo alle pressioni è significativa.

I risultati acquisiti evidenziano, dunque, l'esistenza di relazioni significative tra il *database* floristico-vegetazionale e i descrittori indagati; le analisi condotte si limitano alla verifica delle correlazioni tra dato di presenza/assenza dei taxa riconosciuti in campo e descrittori; l'ampia mole di dati raccolti si presta ad essere indagata in modo più approfondito, in una fase successiva di indagine, applicando altre metodologie di analisi statistica, partendo dal dato mediato di abbondanza/copertura delle specie rilevato all'interno dei plot di campionamento individuati in ciascuno dei siti studiati.

8. BIBLIOGRAFIA

AdbPo, 2009. Valutazione dell'assetto ecologico del fiume Po. Parma.

AdbPo, 1999. Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, interventi sulla rete idrografica e sui versanti. 7.Norme di attuazione. Titolo II-Norme per le fasce fluviali. Allegato 3-Metodo di delimitazione delle fasce fluviali.

AdbPo, 2003. Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Oglio nel tratto da Sonico alla confluenza in Po e del suo affluente Cherio dal lago di Endine alla confluenza.

ALESSANDRINI A., 2000. La flora delle zone umide d'acqua dolce: importanza e problemi di conservazione. In: Atti Conv. Zone umide d'acqua dolce, Tecniche e strategie di gestione della vegetazione palustre. Regione Lombardia e Comune di Ostiglia. Quad. Ris. Nat. Paludi di Ostiglia 1: 11-19.

ARMITAGE P.D. & PARDO I., 1995. Impact assessment of regulation at the reach level sing macroinvertebrate information from mesohabitat, "Regulated Rivers: Research & Management", 10, pp. 147-158.

BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ E., MUCINA L., ELLMAUER T. & WALLNÖFER S., 1993. Phragmiti-Magnocaricetea. In: GRABHERR G. & MUCINA L. (eds.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs, 2, Natürliche waldfreie Vegetation,79-130.

BALESTRINI R., ARESE C. & DELCONTE C., 2004. Funzionalità degli ecosistemi acquatici: il ruolo delle fasce riparie nella dinamica dei nutrienti. Istituto di Ricerca Sulle Acque – CNR. Quaderni, n° 121, 132 pp.

BARTOLI M. & VIAROLI P., 2006. Zone umide perifluviali: processi biogeochimici, funzioni ecologiche, problemi di gestione e conservazione. *Biologia ambientale* 20 (2), 43-54.

BETTINETTI R., CROSA G. & GALASSI S., 2007. *Ecologia delle acque interne*, Città Studi Edizioni, Milano, 150 pp.

BOLPAGNI R., 2006. Adattamenti di macrofite radicate in sedimenti di ambienti umidi a diverso grado di anossia: implicazioni per i cicli biogeochimici dei nutrienti e i processi microbici nella rizosfera. Tesi di Dottorato in ecologia, XVII ciclo, Università degli Studi di Parma.

BOLPAGNI R., BARTOLI M. & P. VIAROLI, 2004. Caratterizzazione di acque, sedimenti e idrofite nella riserva naturale "Paludi di Ostiglia". *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biolo.*, 80 (2003): 169-174.

BOLPAGNI R., ROBERTI A. & M. TOMASELLI. La Paül di Lemprato, un ambiente umido relitto nel territorio comunale di Idro (Valle Sabbia). *Natura Bresciana* 35 (2006): 63-78.

BONALI F., 2000. La flora spontanea del centro storico di Cremona. *Monografia di Pianura*, 4. Provincia di Cremona, Cremona.

BRAUN-BLANQUET J., 1964. *Pflanzensoziologie*. 3. Aufl., Vienna.

BRINSON M.M., LUGO A.E. & S. BROWN, 1981. Primary productivity, decomposition and consumer activity in freshwater wetlands. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 12: 123-161.

COWARDIN L.M., CARTER V., GOLET F.C. & E.T. LA ROE, 1979. *Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States*. FWS/OBS-79/31, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., 103 pp.

- CUZZI D., CASALE F., VIAROLI P., BARTOLI M., BOLPAGNI R., LONGHI D., TOMASELLI M. & FRACASSO G., 2005. Gestione delle zone umide e conservazione attiva degli habitat e delle specie di importanza comunitaria. Il progetto LIFE-Natura 2000/IT/7161 delle Paludi di Ostiglia. I quaderni della Riserva Naturale Paludi di Ostiglia, n°3, 200 pp.
- DELLA BELLA V., BAZZANTI M., DOWGIALLO M. & INERITE M., 2008. Macrophyte diversity and physico-chemical characteristics of Tyrrhenian coast ponds in central Italy: implications for conservation. *Hydrobiologia* 597: 85-95.
- DEN HARTOG C., 1981. Synecological classification of aquatic plant communities. *Colloques phytosociologiques* 10 "Végétation aquatiques": 171-182.
- DEN HARTOG C. & SEGAL S., 1964. A new classification of the water-plant communities. *Acta Bot. Neerl.* 13: 367-393.
- EDVARDSSEN A. & ØKLAND R. H., 2006. Variation in plant species composition in and adjacent to 64 ponds in SE Norwegian agricultural landscapes. *Aquatic botany* 85: 92-102.
- EDVARDSSEN A. & ØKLAND R. H., 2006. Variation in plant species richness in and adjacent to 64 ponds in SE Norwegian agricultural landscapes. *Aquatic botany* 85: 79-91.
- FRISSELL C.A., LISS W.L., WARREN C.E. & HURLEY M.D. – 1986 – A hierarchical frame work for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context - *Environmental Management* (1986) 10: 199-214.
- GERDOL R. & M. TOMASELLI, 1993 - The vegetation of wetlands in the Northern Apennines (Italy). *Phytocoenologia* 21: 421-469.
- GERDOL R. & M. TOMASELLI, 1997 - Vegetation of wetlands in the Dolomites. *Dissertationes Botanicae* 281. Cramer, Berlin, Stuttgart.
- GILMAN K., 1994. *Hydrology and wetland conservation*. John Wiley & Sons, Chichester, 101 pp.
- GOVI M. & TURITTO O., 1993. Processi di dinamica fluviale lungo l'asta del Po. *Aria e Acqua* 6, 575-588.
- ILLIES J. & BOTOSANEANU L., 1963. Problèmes et methodès de l classification et de la zonation ècologique des eaux courantes, considerèes surort du point de vue faunistique. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, 12, 1-57.
- JUNK W.J, BAYLEY P.B. & SPARKS R.E., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can.Spec. Publ. Fish.Aquat. Sci* 106, 110-127.
- KIESSLICH M., DENGLER J. & BERG. G., 2003. Die Gesellschaften der Bidentetea tripartitae Tx. et al. ex von Rochow 1951 in Mecklenburg-Vorpommern mit Anmerkungen zur Synsystematik und Nomenklatur der Klasse. *Fedds Repertorium* 114 (1-2): 91-139.
- KLADDEC R.H. & KNIGHT R.L., 1996. *Treatment wetlands*. CRC, Lewis Publishers, Boca Raton.
- LICCI S., 2008. Le comunità macrofite del torrente Baganza: analisi strutturale ed ecologica. Università degli studi di Parma.
- MARCHETTI A., 1993. Quadro di sintesi. *Aria e Acqua* 6, 775-789.

- MITSCH W.J. & J.G. GOSSELINK, 2000. *Wetlands*, 3rd edition, 920 pp. New York, John Wiley & Sons.
- MUCINA L., 1991. Vicariance and clinal variation in synanthropic vegetation. In: Nimis P.L., Crovello T.J. (eds.). *Quantitative approach to phytogeography. Tasks for Vegetation Science 24*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 263-276.
- MÜLLER T., 1992. Klasse: Lemnetaea (Lemnetaea minoris). In Oberdorfer E. (ed.). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil I, 3. Aufl.*, Fischer, Stuttgart: 67-77.
- MÜLLER T. & GÖRS S., 1992. Klasse Potamogetonetea. In: OBERDORFER E. (ed.), *Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil I, 3. Aufl.*, Fischer, Stuttgart: 89-118.
- MUTTI T., 2008. *Metabolismo dell'ecosistema in una sezione del tratto planiziale del fiume Po*. Università degli studi di Parma.
- PALMER M.A. & POFF N.L., 1997. Heterogeneity in stream; the influence of environmental heterogeneity on patterns and processes in stream, "Journal of the North American Benthological Society", 16(1), pp. 169-173.
- PERSICO G. & TRUZZI A., 2008. *Manuale per lo studio della flora e della vegetazione delle zone umide della pianura mantovana*, 264 pp.
- PETRAGLIA A. e A.M.C. ANTONIOTTI, 2004. Analisi floristica dell'area golenale di Casalmaggiore e delle Isole di Santa Maria e di Maria Luigia (CR). *Pianura 18*: 25-61.
- PHILIPPI G., 1992. Klasse: Phragmitetea Tx. et Prsg. 42. In Oberdorfer E. (ed.). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil I, 3. Aufl.*, Fischer, Stuttgart: 119-165.
- PIGNATTI S., 1982. *Flora d'Italia*. 3 vol., Edagricole, Bologna.
- PIGNATTI S. (et al.), 1995. *Ecologia Vegetale*. UTET, Torino, 531 pp.
- PIGNATTI S. & MENGARDA F., 1962. Un nuovo procedimento per l'elaborazione delle tabelle fitosociologiche. *Acc. Naz. dei Lincei, Rend. cl. Sc. fis. mat. nat.*, s.VIII 32: 215-222.
- POLDINI J. & SBURLINO G., 2005. Terminologia fitosociologica essenziale. In: *Fitosociologia. Journall of the Italian Association for Phytosociology associated with the "International Federation of Phytosociology"*, 42 (1).
- POTT R., 1995 - *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands*. Ulmer, Stuttgart.
- RAUNKIAER C., 1934 - *Life forms and terrestrial plant geography*, Oxford Clarendon Press, Oxford.
- RESH V.H. & ROSENBERG D.M., 1984. *The ecology of aquatic insects*, Praeger, New York.
- RICHARDS C., HARO R.J., JOHNSON L.B. & HOST G.E., 1997. Catchment and reach-scale properties as indicators of macroinvertebrate species traits, "Freshwater Biology", 37, pp. 219-230.
- ROBERTI A., 2005. *Vegetazione acquatica e riparia del lago d'Idro (Italia settentrionale)*. Università degli studi di Parma.
- SARIKA-HATZINIKOLAOU, M., YANNITSAROS A. & D. BABALONAS, 2003 - The macrophytic vegetation of seven aquatic ecosystems of Epirus (NW Greece). *Phytocoenologia 33* (1): 93-151.

- SBURLINO G. & MARCHIORI S., 1985. Considerazioni sulle cenosi a *Carex elata* All. della Pianura padana. *Not. Fitosoc.*, 21: 23-34.
- SBURLINO G., TOMASELLA M., ORIOLO G. & POLDINI L., 2004. La vegetazione acquatica e palustre dell'Italia nord-orientale. 1 – La classe Lemnetea Tüxen ex Bolòs et Masclans 1955. *Fitosociologia*, 41 (1) suppl. 1: 27-42.
- SCHRATT L., 1993a. Lemnetea. In Grabherr G., Mucina L. (eds.). *Die Pflanzengesellschaften Österreichs 2. Natürliche waldfreie Vegetation*, Fischer, Jena: 31-44.
- SCHRATT L., 1993b. Potametea. In Grabherr G., Mucina L. (eds.). *Die Pflanzengesellschaften Österreichs 2. Natürliche waldfreie Vegetation*, Fischer, Jena: 55-78.
- SCHWABE-BRAUN, A. & R. TÜXEN, 1981 - *Prodromus der Europäischen Pflanzengesellschaften*, 4: Lemnetea minoris. Cramer, Vaduz.
- SCOPPOLA A., 1982. Considérations nouvelles sur les végétations des Lemnetea minoris (R. Tx. 1955) em. A. Schwabe et R. Tx. 1981 et contribution à l'étude de cette classe en Italie centrale. *Documents phytosociologiques*, n. s., 6: 1-130.
- SOANA E., RACCHETTI E., ROMANI F., LONGHI D., GARDI C. & BARTOLI M., in stampa. Analisi comparata dei carichi azotati puntiformi e diffusi nel bacino dell'Oglio sublacuale mirata ad individuare strategie di riqualificazione del territorio.
- SODERQUIST T., MITSCH W.J. & TURNER R.K., 2000. The values of wetlands: landscape and institutional perspectives. *Ecol. Econ.*, 34: 1-132.
- TOMASELLI M. & BOLPAGNI R., giugno-luglio 2006. Naturalità residua e conservazione della biodiversità nella pianura emiliana occidentale. *ArpaRivista*, n° 3: 32-33.
- TOMASELLI M., BOLPAGNI R., GUALMINI M., BORGHI M. L., PERLINI S. & SPETTOLI O., 2003. La vegetazione dei nuclei naturalistici del Parco Regionale dell'Oglio Sud. *I Quaderni del Parco*, n° 2.
- TOMASELLI M., BOLPAGNI R., PETRAGLIA A., GUALMINI M. & LONGHI D., 2006. Studio fitosociologico, cartografia della vegetazione ed analisi dello stato trofico delle acque della "Palude del Busatello" (Italia settentrionale). *Bollettino del Museo Civico di Scienze Naturali di Verona*, 30, *Botanica Zoologia*: 3-37.
- TOMASELLI M., GUALMINI M. & O. SPETTOLI. 2002 - La vegetazione della Riserva Naturale delle Valli del Mincio. *Collana Annali Facoltà di Scienze Università di Parma*. Tecnografica snc. Parma.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2004. *Integrated watershed management- Ecohydrology & Phytotechnology- Manual*.
- VAN DER MAAREL E., 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. *Vegetatio* 39 (2): 97-114.
- VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.W., SEDELL J.R. & CUSHING C.E., 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37, 130-137.
- WARD J.V., 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* 8, 2-8.
- WETZEL R.G., 1990. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. *Verh.*

International Verein. Limology 24, 6-24.

ZALEWSKI M., JANAUER G.S. & JOLANKAI G. (eds.), 1997. Ecohydrology - A new Paradigm for the Sustainable Use of Aquatic Resources. International Hydrological Programme UNESCO. Technical Document on Hydrology No 7. Paris, 58 pp.

SITI INTERNET CONSULTATI

<http://www.ambiente.regione.lombardia.it>
<http://www.cartografia.regione.lombardia.it>
<http://www.centrointerregionale-gis.it>
<http://www.ogliosud.it>

Allegato 1 – Tabelle fitosociologiche

Tabella I - **Lemnetea**. *Lemnetalia*, **A**: Fitocenon a *Lemna minor*; **B**: *Lemno-Spirodeletum polyrhizae*; **C**: Fitocenon a *Lemna trisulca*; *Hydrocharition*, **D**: *Salvinio-Spirodeletum polyrhizae*; **E**: *Lemno minoris-Hydrocharitetum morsus-ranae*; *Ceratophyllion*, **F**: Fitocenon a *Ceratophyllum demersum*.

	A				B										C		D						E				F											
N° rilievo	31	41	99	101	10	13	203	53	73	182	181	56	58	44	105	14	100	102	83	86	125	111	93	87	34	134	149	129	35	106	40	146	200	38	33			
Sito	157	47	139	139	54	142	339	253	71	243	243	264	270	341	318	160	139	139	74	74	334	318	79	74	146	337	338	337	146	318	47	338	339	340	146	Fr %		
Superficie rilevata (mq)	4	.5	2	2	1	0,5	.5	0,5	10	8	10	0,5	1	1	1	1	2	2	1	1	.5	1	2	1	4	.5	.5	1	.5	1	1	1	2	1	1			
Copertura erbacea (%)	85	90	100	100	100	100	85	100	100	100	100	95	85	100	60	100	100	100	100	100	100	100	100	90	95	95	100	90	100	90	75	90	95	100	95			
N° specie	4	2	4	4	6	3	3	3	1	1	2	3	3	4	3	2	3	3	5	5	5	3	4	2	3	4	3	6	3	3	3	3	3	2	5			
Lemnion																																						
Lemna minor	4	4	5	5	1	1	1	1	.	.	2	2	+	+	+	+	.	.	.	+	1	.	+	+	1	+	+	3	+	69		
Spirodela polyrhiza	+	.	+	+	4	5	4	5	5	5	5	5	4	3	4	4	.	.	1	1	1	1	+	.	1	.	+	r	2	1	+	r	.	.	4	80		
Lemna trisulca	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	4	4	+	+	+	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	29
Wolffia arrhiza	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	r	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	20
Lemna gibba	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	14
Lemna minuta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	6
Hydrocharition																																						
Salvinia natans	1	.	.	5	5	5	4	5	4	.	.	.	2	23		
Hydrocharis morsus-ranae	1	.	.	4	3	4	4	14		
Utricularion																																						
Ceratophyllum demersum	.	+	1	1	+	.	.	.	5	4	5	5	4	5	3	31
Compagne																																						
Potametea																																						
Potamogeton nodosus	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Myriophyllum spicatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Potamogeton crispus	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Phragmito-Magnocaricetea																																						
Phragmites australis	.	.	.	.	+	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	9
Veronica anagallis-aquatica	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Carex elata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Butomus umbellatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Iris pseudacorus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3

Tabella II - **Potametea**. *Nymphaeion*, **A**: *Nymphaeetum albo-luteae*; **B**: Fitocenon a *Nymphaea alba*; **C**: Fitocenon a *Potamogeton natans*; *Potamion*, **D**: Fitocenon a *Potamogeton nodosus*; **E**: Fitocenon a *Potamogeton crispus*; *Potametalia*, **F**: Fitocenon a *Myriophyllum spicatum*.

	A									B						C		D	E						F			
N° rilievo	42	59	108	112	107	72	88	79		140	141	148	150	202	204	122	151	30	121	123	147	152	201	205	120			
Sito	47	270	318	335	318	71	74	74	337	337	199	199	338	338	339	339	333	338	157	333	333	338	338	339	339	330		
Superficie rilevata (mq)	4	2	.5	5	5	5	1	5	4	6	2	5	2	2	4	4	.5	.5	5	5	4	.5	.5	1	1	5	Fr %	
Copertura erbacea (%)	75	90	100	90	85	100	70	90	90	100	75	90	90	90	100	100	80	80	100	65	80	80	80	80	80	70		
N° specie	4	3	2	2	3	3	4	7	3	4	2	3	4	4	4	4	2	2	3	3	3	5	5	3	3	2		
<i>Nymphaeion</i>																												
Nuphar luteum	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	38
Nymphaea alba	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	5	4	4	4	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	27
Potamogeton natans	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	2	4	4	.	.	+	.	.	.	.	.	19
<i>Potamion</i>																												
Potamogeton nodosus	5	4
Potamogeton pectinatus	1	4
<i>Potametalia e Potametea</i>																												
Myriophyllum spicatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	2	.	1	1	.	3	4	4	4	4	4	r	42
Potamogeton crispus	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	12
Compagne																												
<i>Lemnetea</i>																												
Lemna minor	+	+	1	.	+	.	+	.	.	.	+	r	.	.	1	1	.	.	+	+	1	1	1	54
Spirodela polyrhiza	.	r	.	.	1	.	.	+	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	.	35
Ceratophyllum demersum	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	+	+	.	.	.	+	.	.	.	+	+	.	31
Salvinia natans	.	.	.	+	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12
Lemna trisulca	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	12
Hydrocharis morsus-ranae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	8
Wolffia arrhiza	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Altre																												
Rorippa amphibia	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Alisma plantago-aquatica	.	.	.	.	.	+	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Sp. sporatiche	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Tabella III – **Phragmito-Magnocaricetea**. *Phragmitetum australis*.

N° rilievo	37	127	153	48	49	57	158	180	55	63	98	196	164	194	157	161	109	207	133	191	69	70	132	212	71	91	156	110	113	165	167	166	189	190	206	171	162	Fr %					
Sito	146	79	338	253	270	178	242	264	33	284	269	198	261	251	187	318	339	337	260	71	71	337	244	71	334	251	318	335	342	342	225	250	251	339	229	190							
Superficie rilevata (mq)	5	20	4	10	5	15	140	15	10	20	20	35	250	30	20	25	10	40	25	20	25	20	20	15	40	200	20	10	10	120	100	100	20	15	25	40	80						
Copertura strato arbustivo (%)							5					10			5	15											30						10				5						
Copertura erbacea (%)	90	100	75	95	100	100	100	100	90	100	100	70	95	100	100	85	90	100	100	100	100	100	100	85	100	100	100	85	95	100	95	100	100	90	90	100	100						
N° specie	30	18	21	5	6	6	7	10	3	11	10	7	16	12	21	12	11	16	9	16	12	10	14	21	6	8	18	27	18	13	7	16	17	14	25	20	13						
Phragmition																																											
Phragmites australis	4	5	3	5	4	5	4	5	5	4	5	3	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	5	3	3	5	5	4	5	4	4	4	4	88					
Typha latifolia	1	1	.	.	12		
Sparganium erectum	+	10			
Magnocaricion																																											
Lythrum salicaria	+	.	+	.	+	+	.	+	.	.	.	+	+	+	+	1	+	+	r	+	1	+	.	.	+	+	43		
Carex acutiformis	2	r	.	1	.	2	20		
Carex elata	1	2	+	.	1	1	+	r	.	.	20		
Lysimachia vulgaris	1	1	+	18		
Carex riparia	1	.	+	1	1	+	.	+	.	16		
Stachys palustris	r	.	.	.	r	+	+	+	16		
Cyperus longus	+	.	+	1	.	+	.	10	
Typhoides arundinacea	8	
Carex gracilis	1	+	.	1	6		
Scutellaria galericulata	r	+	.	6	
Galium elongatum	r	.	2	
Galium palustre	+	4	
Phragmitetalia e Phragmito-Magnocaricetea																																											
Lycopus europaeus	r	.	r	.	r	.	+	+	r	+	+	.	r	+	.	+	.	+	+	.	+	+	.	+	+	+	41			
Iris pseudacorus	+	.	+	1	.	+	.	1	+	+	.	.	.	1	+	+	33			
Rorippa amphibia	.	.	+	r	14	
Berula erecta	1	4	
Veronica anagallis-aquatica	4	
Bolboschoenus maritimus	+	.	2
Myosotis scorpioides	2	
Compagne																																											
Lemnetea																																											
Spirodela polyrhiza	1	+	.	r	12		
Lemna minor	r	6	
Ceratophyllum demersum	+	6	
Hydrocharis morsus-ranae	.	.	1	4	
Salvinia natans	.	1	4	
Wolffia arrhiza	4	
Potametea																																											
Nelumbo nucifera	2	
Isoeto-Nanojuncetea																																											
Paspalum paspaloides	.	.	r	6		
Cyperus fuscus	.	r	6	
Ludwigia palustris	4	
Lindernia dubia	2	
Ludwigia peploides subsp. monte	2	

Tabella IV – **Phragmito-Magnocaricetea**. **A:** *Typhetum latifoliae*; **B:** *Butometum umbellati*; **C:** *Sparganietum erecti*; **D:** *Glycerietum maximae*; **E:** *Leersietum oryzoidis*; **F:** Fitocenon a *Mentha aquatica*.

	A				B	C	D				E	F	
N° rilievo	142	208	36	29	81	76	45	197	187	210	188	80	
Sito	199	339	146	216	74	71	341	279	243	281	243	74	Fr %
Superficie rilevata (mq)	5	5	3	25	25	5	20	15	10	15	10	50	
Copertura strato arbustivo (%)													
Copertura erbacea (%)	100	95	90	100	90	85	70	85	100	100	100	95	
N° specie	7	13	9	12	9	13	4	4	5	13	8	16	
Phragmition													
Typha latifolia	4	4	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	33
Butomus umbellatus	.	+	1	.	4	.	.	.	.	+	.	+	42
Sparganium erectum	.	.	1	.	.	3	.	.	.	.	.	.	17
Glyceria maxima	.	.	.	.	.	.	4	5	4	4	.	.	33
Leersia oryzoides	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	5	.	17
Mentha aquatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	8
Phragmites australis	1	1	.	+	1	+	+	.	.	.	.	.	50
Magnocaricion													
Carex acutiformis	+	+	.	1	.	+	.	.	1	+	.	.	50
Lysimachia vulgaris	.	1	.	.	+	r	.	.	.	.	.	.	25
Lythrum salicaria	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	r	25
Carex riparia	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	17
Carex elata	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Typhoides arundinacea	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Galium palustre	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	8
Phragmitetalia e Phragmito-Magnocaricetea													
Lycopus europaeus	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	33
Iris pseudacorus	.	.	.	r	.	+	.	.	.	+	+	.	33
Rorippa amphibia	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1	.	+	25
Alisma plantago-aquatica	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Berula erecta	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Oenanthe aquatica	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	8
Veronica catenata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	8
Veronica anagallis-aquatica	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	8
Compagne													
Lemnetea													
Spirodela polyrhiza	.	r	1	.	.	.	.	.	.	.	.	+	25
Lemna minor	.	.	2	.	.	.	.	.	.	+	.	.	17
Ceratophyllum demersum	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Hydrocharis morsus-ranae	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Lemna trisulca	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Salvinia natans	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	8
Wolffia arrhiza	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Potametea													
Nuphar luteum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	8
Myriophyllum spicatum	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Isoeto-Nanojuncetea													
Cyperus fuscus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	r	17
Cyperus glomeratus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	8
Paspalum paspaloides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	8
Bidentetea													
Ranunculus sceleratus	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	r	25
Bidens frondosa	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.	.	+	25
Xanthium italicum	.	.	.	.	r	.	.	.	.	r	.	1	25
Echinochloa crus-galli	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	17
Bidens tripartita	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	r	17
Polygonum hydropiper	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	8
Altre													
Amorpha fruticosa (pl.)	.	+	.	.	+	.	.	.	.	+	.	+	33
Calystegia sepium	.	+	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	25
Poa sylvicola	.	.	.	.	1	r	.	r	.	.	.	.	25
Solanum dulcamara	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	+	17
Lysimachia nummularia	.	.	.	.	r	1	.	.	.	.	.	.	17
Urtica dioica	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	r	.	17
Sp. sporache	2	2	-	1	1	-	-	-	1	-	3	-	

Tabella V – *Magnocaricion*, **A:** *Caricetum elatae*; **B:** *Caricetum acutiformis*; **C:** *Caricetum gracilis*; **D:** *Galio palustris-Caricetum ripariae*; **E:** *Phalaridetum arundinaceae*; **F:** Fitocenon a *Veronica anagallis-aquatica*.

	A								B				C			D							E	F								
N° rilievo	28	50	54	51	43	192	195	193	39	145	135	170	64	75	97	155	32	46	47	52	198	211	103	104	172	168	185					
Sito	216	253	264	253	47	260	269	261	340	199	337	229	37	71	276	283	157	341	431	253	279	281	342	139	229	226	243	Fr %				
Superficie rilevata (mq)	40	20	10	10	3	15	20	25	1	5	30	20	20	25	20	18	4	10	18	10	20	20	25	30	25	200	5					
Copertura erbacea (%)	100	95	80	100	65	95	85	100	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	85	100	100	100	100	100	80	100	100					
N° specie	13	8	10	9	21	8	13	10	13	19	9	11	14	10	11	17	11	4	8	9	17	27	14	13	16	15	5					
Magnocaricion																																
Carex elata	5	5	4	5	3	4	4	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			37	
Carex acutiformis	r	1	+	+	.	.	.	.	+	4	5	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			44	
Carex gracilis	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	+	.	.	4	4	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			26
Carex riparia	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	5	5	5	5	5	4	4	4	3	.	+	48				
Typhoides arundinacea	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	r	19
Lythrum salicaria	1	1	r	.	+	+	+	+	+	1	+	+	+	1	.	.	.	.	.	1	+	+	+	+	+	+	+	+	.			67
Lysimachia vulgaris	.	.	.	1	.	+	1	+	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			52
Stachys palustris	.	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.			26
Scutellaria galericulata	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			22
Galium elongatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.			15
Galium palustre	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			11
Carex otrubae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Cyperus longus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			4
Glycero-Sparganion																																
Veronica anagallis-aquatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5		11
Berula erecta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.			7
Phragmition																																
Phragmites australis	1	1	+	.	+	+	1	2	.	.	.	r	.	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.			52
Glyceria maxima	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	+	+	.	.	.	.	1		22
Typha latifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			15
Butomus umbellatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.			11
Sparganium erectum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.			4
Mentha aquatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			4
Schoenoplectus lacustris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			4
Phragmitetalia e Phragmito-Magnocaricetia																																
Iris pseudacorus	+	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	1	.	+	+	+	1	.	.	.	.	.			44
Lycopus europaeus	.	.	.	.	.	1	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	r	r	r	.	.	.			33
Alisma plantago-aquatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			11
Rorippa amphibia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			11
Myosotis scorpioides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Bolboschoenus maritimus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			4
Compagne																																
Lemnetea																																
Lemna minor	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			11
Lemna trisulca	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.			7
Ceratophyllum demersum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			4
Spirodela polyrrhiza	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			4
Bidentetia																																
Bidens frondosa	+	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.			26
Polygonum mite	.	.	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			19
Polygonum lapathifolium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			19
Ranunculus sceleratus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+		19
Echinochloa crus-galli	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			11
Bidens tripartita	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Polygonum hydropiper	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Xanthium italicum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.			4
Isoeto-Nanojuncetia																																
Paspalum paspaloides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			15
Mentha pulegium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Altre																																
Calystegia sepium	+	+	+	.	.	.	1	r	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+	r	.	.			44
Urtica dioica	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			22
Amorpha fruticosa	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			22
Poa sylvicola	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			19
Rubus caesius	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			19
Eupatorium cannabinum	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			19
Galium mollugo	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			19
Potentilla reptans	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			19
Cucubalus baccifer	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			19
Erigeron annuus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			15
Amaranthus chlorostachys	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			11
Carex hirta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			11
Cirsium arvense	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			11
Scrophularia nodosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			11
Thalictrum exaltatum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			11
Ranunculus repens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Euphorbia helioscopia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Equisetum telmateja	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Lysimachia nummularia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Rumex obtusifolius	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Solanum dulcamara	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Conyza canadensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Silene alba	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Valeriana officinalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			7
Alopecurus myosuroides																																

Tabella VI – Isoëto-Nanojuncetea. **A:** Fitocenon a *Paspalum paspaloides*; **B:** Fitocenon a *Cyperus fuscus*; **C:** Fitocenon a *Cyperus michelianus*; **D:** Fitocenon a *Lindernia dubia*; **E:** Fitocenon a *Ludwigia palustris*; **F:** Fitocenon a *Ludwigia peploides* subsp. *montevidensis*; **G:** Fitocenon a *Mentha pulegium*.

	A									B				C				D		E		F		G	
N° rilievo	4	6	26	15	169	62	17	94	95	84	126	85	199	136	137	176	177	175	178	130	131	11	154	67	
Sito	234	239	170	160	226	327	36	276	276	74	334	74	279	337	337	231	231	231	231	337	337	54	283	50	Fr %
Superficie rilevata (mq)	40	60	30	20	15	4	15	20	30	.3	1	1	5	200	140	200	120	100	80	3	3	5	5	20	
Copertura strato arbustivo (%)														5	5			5	5						
Copertura erbacea (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	90	65	100	100	100	85	100	100	100	100	100	100	95	
N° specie	10	9	10	6	9	6	13	10	5	7	3	6	6	13	20	12	12	11	12	9	7	4	8	28	
Nanocyperion																									
Paspalum paspaloides	5	5	4	5	5	5	5	5	5														1		42
Cyperus fuscus										5	4	2	3	1	+	r	1								38
Cyperus michelianus											1			4	3	5	4	2	1	r					33
Lindernia dubia																		3	4	2	2		1		25
Ludwigia palustris														1	1										17
Ludwigia peploides subsp. montevidensis																						5	5		8
Mentha pulegium																							4		4
Cyperus glomeratus			1							1	3														13
Isoeto-Nanojuncetea																									
Cyperus strigosus	+					1								2	1	1	r		+		r				38
Lindernia procumbens																									4
Compagne																									
Bidentetea tripartiti																									
Echinochloa crus-galli	1		+	1	1	+							r			1	1	1	4	2					46
Xanthium italicum	r	1	1				1	+	2						1	+	r	1					+		46
Polygonum laphatifolium			+			r	+									r	1						+		29
Bidens frondosa			1					1	1	r									1				+		25
Polygonum hydropiper	+	1	1	+			+																		21
Ranunculus sceleratus							+		r				+	r			r								21
Portulaca oleracea	+	+																+					+		17
Bidens tripartita														1	1										8
Panicum dichotomiflorum		+					+																		8
Polygonum mite																					r				8
Cyperus esculentus																		r							4
Phragmito-Magnocaricetea																									
Rorippa amphibia						+		r	+	+		+	3	1	1								r	r	42
Phragmites australis																								r	21
Oenanthe aquatica																		1	1						17
Mentha aquatica																								+	13
Veronica anagallis-aquatica	+						1						1												13
Lythrum salicaria																								+	8
Stachys palustris																								+	8
Butomus umbellatus																									4
Carex gracilis								1																	4
Carex otrubae																							r		4
Galium elongatum																							1		4
Glyceria maxima														r											4
Lycopus europaeus																		+							4
Lysimachia vulgaris																									4
Typhoides arundinacea					1																				4
Lemnetea																									
Spirodela polyrrhiza																					+	+	+	+	17
Lemna minor																					r	r			8
Azolla filiculoides																							r		4
Ceratophyllum demersum																						1			4
Lemna minuta						r																			4
Salvinia natans																							r		4
Potametea																									
Hottonia palustris																		+							8
Nuphar luteum																					3	2			8
Ranunculus trichophyllus																					r	r			8
Altre																									
Amaranthus chlorostachys	+	1	1	1	1		+							1	1	+	1	+	1						50
Amaranthus retroflexus	+	+	1		+										1	+	1	1	+						38
Amaranthus cruentus															1										21
Amaranthus lividus															1	+	r	+							21
Amorpha fruticosa																		r	+						17
Erigeron annuus																			r		r	+		+	17
Taraxacum officinale																			r	r				+	17
Salix alba (pl.)																					+	+			13
Abutilon theophrasti																			r						8
Amorpha fruticosa (pl.)																					+	1			8
Amaranthus deflexus	+	+																							8
Sicyos angulatus																		+			+				8
Sp. sporadiche	1							2										1			1			15	

Tabella VII - **Bidentetea**. **A:** *Polygonetum hydropiperis*; **B:** *Ranunculetum scelerati*; **C:** Fitocenon a *Eragrostis pilosa*; **D:** Fitocenon a *Portulaca oleracea*.

	A								B	C	D	
N° rilievo	2	12	7	5	16	21	18	65	173	9	8	
Sito	15	54	239	234	36	280	321	37	231	239	239	Fr %
Superficie rilevata (mq)	20	20	45	45	10	20	20	100	5	60	20	
Copertura erbacea (%)	100	90	100	85	100	100	100	100	90	65	60	
N° specie	6	12	15	13	18	16	13	8	7	8	9	
Polygonum hydropiper		+	+	2	5	3	3	2	.	.	.	64
Bidens frondosa	1	1	.	.	3	2	+	1	.	.	.	55
Polygonum mite (D)	.	.	.	.	1	+	2	.	1	.	.	36
Ranunculus sceleratus	.	.	.	.	+	r	r	.	5	.	.	36
Veronica catenata (D)	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	9
Eragrostis pilosa	.	.	.	.	+	+	.	.	.	3	r	36
Portulaca oleracea	.	.	.	r	.	.	.	.	.	+	3	27
Bidention												
Xanthium italicum	.	.	r	+	1	+	1	2	.	+	r	73
Polygonum laphatifolium	.	.	.	+	.	1	.	.	1	.	.	27
Bidens tripartita	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	18
Bidens cernua	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
Oenanthe aquatica (D)	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	9
Chenopodion												
Chenopodium album	.	.	r	.	r	.	r	.	.	.	.	27
Bidentetea tripartitae												
Echinochloa crus-galli	4	4	5	3	1	1	2	+	.	r	r	91
Panicum dichotomiflorum	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	18
Cyperus esculentus	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	9
Compagne												
Isoeto-Nanojuncetea												
Cyperus strigosus	.	+	r	+	+	1	.	.	.	.	.	45
Cyperus glomeratus	2	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	27
Cyperus fuscus	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	9
Ludwigia peploides subsp. montevidensis	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	9
Paspalum paspaloides	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	9
Phragmito-Magnocaricetea												
Lythrum salicaria	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	9
Veronica anagallis-aquatica	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	9
Carex acutiformis	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	9
Typhoides arundinacea	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	9
Altre												
Amaranthus chlorostachys	1	1	.	1	+	1	.	3	.	r	r	73
Amaranthus retroflexus	.	.	.	1	+	.	1	+	.	.	.	36
Amaranthus deflexus	.	.	.	1	.	.	.	.	.	r	r	27
Conyza canadensis	.	.	.	.	+	.	1	+	.	.	.	27
Poa sylvicola	.	.	+	.	.	+	.	.	r	.	.	27
Amaranthus cruentus	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	18
Amaranthus lividus	.	.	.	.	.	r	+	.	.	.	.	18
Amorpha fruticosa	.	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	18
Conyza albida	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	18
Plantago major	.	.	.	.	+	.	r	.	.	.	.	18
Rorippa sylvestris	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	r	18
Sicyos angulatus	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	18
Urtica dioica	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	18
Sp. sporadiche	1	3	2	-	2	1	1	-	1	2	-	

Tabella VIII – *Alnetea glutinosae*; *Salicetum cinereae*. D: specie differenziale, DL: specie differenziale locale; pl: plantula.

N° rilievo	90	116	143	144	209	159	163	
Sito	79	318	199	199	339	186	190	Fr %
Superficie rilevata (mq)	100		25	15	15	200	100	
Copertura strato arbustivo (%)	100	100	95	90	65	85	85	
Copertura strato erbaceo (%)	10					5		
Copertura erbacea (%)	25	25	45	30	75	10	25	
N° specie	15	13	9	9	14	12	8	
<i>Salicetum cinereae</i>								
Salix cinerea	5	4	4	4	3	4	4	100
Rubus caesius (D)	.	.	.	.	.	1	1	29
Carex acutiformis (DL)	.	+	1	.	.	.	.	29
Salix cinerea (pl.)	1	.	+	.	.	.	.	29
<i>Alnetea glutinosae</i>								
Thelypteris palustris	.	.	2	1	r	.	.	43
Frangula alnus	.	.	.	.	.	+	1	29
Compagne								
Salix alba	.	+	.	1	1	+	.	57
Phragmites australis	.	.	.	.	1	2	2	43
Cornus sanguinea	.	.	1	.	.	1	+	43
Solanum dulcamara	1	.	.	+	+	.	.	43
Amorpha fruticosa (pl.)	+	r	.	.	1	.	.	43
Urtica dioica	+	.	.	+	+	.	.	43
Lycopus europaeus	.	.	r	r	r	.	.	43
Humulus lupulus	1	1	.	.	.	.	.	29
Eupatorium cannabinum	.	.	.	1	.	+	.	29
Rubus ulmifolius	.	.	+	1	.	.	.	29
Calystegia sepium	.	r	.	.	.	.	1	29
Clematis vitalba	.	.	.	.	.	+	+	29
Cornus sanguinea (pl.)	.	.	.	+	+	.	.	29
Leucosium aestivum	+	+	.	.	.	.	.	29
Bidens frondosa	+	r	.	.	.	.	.	29
Solidago gigantea	.	.	.	.	+	r	.	29
Sp. sporadiche	7	5	2	-	4	3	1	

Tabella IX – **Galio-Urticetea**; Fitocenon ad *Amorpha fruticosa*.. D: specie differenziale, DL: specie differenziale locale; pl: plantula.

N° rilievo	19	23	22	60	77	184	92	82	89	183	74	119	117	96	174	138	139	179	118	25	66	27	61	124	128	160	186	
Sito	321	280	280	327	74	243	334	74	79	243	71	330	323	276	231	337	337	242	330	170	37	170	327	333	79	186	243	
Superficie rilevata (mq)	40	50	25	15	200	35	100	50	50	40	40	40	25	15	40	25	10	40	30	50	20	50	20	20	25	250	50	
Copertura strato arboreo (%)												0	10			15	25		0								25	
Copertura strato arbustivo (%)	80	95	55	90		95	95	90	95	70	75	95	90	95	95	70	45	70	75	85	85	95	75	80	80	85	75	
Copertura strato arbustivo basso (%)	35	25	80	5		5	35	35		10	5	5						45	10		20	25	15	40	35	10		
Copertura erbacea (%)	25	20	20	25	100	5	25	45	30	25	45	25	20	25	40	65	80	25	45	15	25	10	55	25	15	10	40	
N° specie																												
Fitocenon ad <i>Amorpha fruticosa</i>																												
<i>Amorpha fruticosa</i>	4	5	3	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	3	4	5	4	4	4	5	5	5	3	
<i>Rubus caesius</i>	2	+	1	+	1	1	.	2	2	1	1	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	1	2	2	.	1
<i>Amorpha fruticosa</i> (pl.)	1	+	2	+	+	.	.	1	1	.	.	+	.	.	1	1	1	+	1	+	.	+	1	.	.	+	.	
<i>Senecionion fluviatilis</i>																												
<i>Humulus lupulus</i>	1	.	1	+	2	1	1	1	.	1	1	.	.	+	1	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cucubalus baccifer</i>	+	.	r	+	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	.	.	r	+	+	.	.	.
<i>Lythrum salicaria</i> (L.)	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	r	r	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bidens tripartita</i> (D)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Convolvuletalia sepium</i>																												
<i>Poa sylvicola</i> (D)	+	.	1	r	.	.	.	+	1	r	1	.	+	1	.	1	+	+	1	.	r	.	.	.	.	.	r
<i>Calystegia sepium</i>	+	.	+	1	.	.	r	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Myosoton aquaticum</i>	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Galio-Urticetea</i>																												
<i>Urtica dioica</i>	.	.	.	.	+	.	+	+	+	.	.	.	.	+	+	+	.	.	1	1	1	2	+	+	.	.	1
<i>Bryonia dioica</i>	+	.	1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	+	1	.	.	.	.	1
<i>Solanum dulcamara</i>	+	.	1	r	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Galium aparine</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	r	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	r	1	+
<i>Parietaria officinalis</i>	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.
<i>Solidago gigantea</i>	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.
<i>Robinia pseudacacia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1
<i>Compagne</i>																												
<i>Sicyos angulatus</i>	.	1	4	+	.	+	1	1	r	.	.	.	.	.	2	1	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Cornus sanguinea</i>	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	1	.	1	1	.	2
<i>Aristolochia clematitis</i>	1	+	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+	.	.	r	.	.	.	.	.	+	+	.	.	1	r	.
<i>Salix alba</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	1	.	+	.	+	+	1	1
<i>Equisetum telmateja</i>	1	.	+	.	+	.	+	.	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agropyron repens</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	2	+	1	.	.	.	.	.	.
<i>Populus hybrida</i>	.	.	1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	2
<i>Humulus scandens</i>	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	1	1	2	.	.	.	.	.	.
<i>Phragmites australis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.
<i>Conyza canadensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	.	.	1	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Bromus sterilis</i>	.	.	1	.	.	.	+	.	r	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Salix alba</i> (pl.)	1	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Silene alba</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	+	+	+	.	.	.	.	.
<i>Potentilla reptans</i>	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bidens frondosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix cinerea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	1	1	.
<i>Cirsium arvense</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	r	.	.	.	.	.	+
<i>Galium mollugo</i>	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1
<i>Eupatorium cannabinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	+
<i>Torylis arvensis</i>	.	r	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	+	r	+	.	.	.
<i>Artemisia verlotiorum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.	+
<i>Rumex crispus</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Typhoides arundinacea</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca arundinacea</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Iris pseudacorus</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rubus ulmifolius</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Sorghum halepensis</i>	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vitis vinifera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.
<i>Juglans regia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Oxalis fontana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Setaria viridis</i>	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	r	.
<i>Xanthium italicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex gracilis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	+	.	.
<i>Acer negundo</i> (pl.)	+	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Morus alba</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lysimachia vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Valeriana officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	r	r	.
<i>Mentha aquatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Paspalum paspaloides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrimonia eupatoria</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Avena sterilis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex hirta</i>	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Frangula alnus</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Oenothera stuechii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

