Regione Umbria

Servizio Sistemi naturalistici e zootecnia

Sezione Aree protette e progettazione integrata

Umbria

PARCO REGIONALE DEL LAGO TRASIMENO

Sistema idraulico e risorse idriche

PSR Umbria 2007-2013

Misura 323 - azione a)

FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE

Regione Umbria

PROBLEMATICHE RELATIVE ALLE ACQUE

(RISORSE IDRICHE, CORSI D'ACQUA, ASSETTO IDROGEOLOGICO)

PARCO DEL LAGO TRASIMENO

RELAZIONE: ANALISI E AZIONI

PARTE 1: ANALISI TERRITORIALE

1. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA

Il Lago Trasimeno ha una superficie media di 121.5 km^2 (superficie massima di 124 km^2) che lo rende è per estensione il quarto lago d'Italia e il più grande del centro-sud Italia. Lo specchio lacustre ha una forma tondeggiante irregolare con sviluppo spondale di 53 km. Il lago Trasimeno è caratterizzato da acque poco profonde con massimi di pochi metri (profondità massima 5.5 m) e sponde con pendenze minime. Il volume delle sue acque, in condizioni idrologiche normali, è circa 590 Mm^3.

E' un lago laminare chiuso sostenuto dalle acque meteoriche di un bacino naturale di circa 308 Km^2, in cui sono presenti diversi piccoli corsi d'acqua di limitata lunghezza, massimo circa 10 km, e da un bacino artificialmente deviato di 75 km^2 per un totale di 383 km^2. Esclusa la superficie del lago, il bacino ha una superficie di 261 km^2.

Il Bacino è stato ampliato negli anni '50 del secolo scorso, quando è stato realizzato il canale artificiale dell'Anguillara che connette il lago con i bacini del Tresa, Rio Maggiore, Moiano e Maranzano, per un totale di circa 75 km^2. Una paratoia sul T. Tresa rappresenta, infatti, lo spartiacque (ad una quota di circa 260 m s.l.m.) in grado di far defluire le acque del Tresa, Rio Maggiore, Maranzano e Moiano (i primi due collegati nel 1957 e gli altri due nel 1961) alternativamente nella Val di Chiana (Lago di Chiusi) o nel bacino del Lago Trasimeno, tramite il Canale Anguillara, suo immissario. In realtà i corsi d'acqua Tresa e Rio Maggiore (circa 50 km^2) facevano in origine parte del bacino naturale del lago Trasimeno ma furono deviati nel XV secolo verso il lago di Chiusi e la deviazione nell'Anguillara ha ripristinato il bacino naturale.

L'emissario è costituito da un canale artificiale situato presso S.Savino e rende comunicanti le acque del Lago con il Fiume Nestore (e quindi con il bacino del Tevere). Tale canale è stato realizzato nel 1898, riprendendo la struttura dell'antico canale progettato dai Romani, e funziona come scolmatore del lago quando l'altezza idrometrica supera 257,33 m s.l.m.. Tale quota rappresentava storicamente lo zero idrometrico, attualmente posto a 257.50 m s.l.m.. Il livello medio del lago è di 257.1 m s.l.m..

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle caratteristiche del lago.

Superficie del lago (med/max)	121.5-124.0	km^2
Area bacino naturale	396	km^2
Quota media	257.1	m s.l.m.
perimetro	53,1	km
Profondità media	4,72	m
Profondità massima	5.5	m
Volume lago	590 x 10^6	m^3

L'uso del suolo, escludendo la superficie del lago, è per 48.1% vegetazione naturale, per il 5.5% vegetazione antropogena, per l'8.8% aree urbane e infrastrutture, per il 37.3% aree agricole e per lo 0.7% altre superfici.

Nel lago Trasimeno sono presenti tre isole che sono, in ordine di grandezza, la Polvese, la Maggiore e la Minore. L'isola Polvese è situata nella parte sud-orientale ed ha un'estensione di 69,60 ettari. Dal 1995 la Provincia di Perugia, che ne è la proprietaria dal 1973, l'ha dichiarata Parco Scientifico Didattico e vi svolge attività di ricerca scientifica, di sperimentazione e di didattica ambientale. Nella parte orientale e meridionale è presente una vasta zona umida con canneti che danno rifugio a varie specie di uccelli e anfibi. L'isola Maggiore è l'unica abitata in maniera stabile ed ha una superficie di di 24 ettari, racchiusa in un perimetro di di 2 km. L'isola è collegata con la terraferma da un servizio di traghetti verso i paesi di Tuoro, Passignano e Castiglione del Lago. Una fitta rete di sentieri copre l'isola intera, dipanandosi attraverso una macchia di ulivo, leccio, cipresso, pioppo ed altre varietà mediterranee. L'isola Minore è di proprietà privata, ha la forma di una virgola ed è ricoperta da una vegetazione boschiva composta da pini e lecci che dà rifugio a una colonia di cormorani e ardeidi.

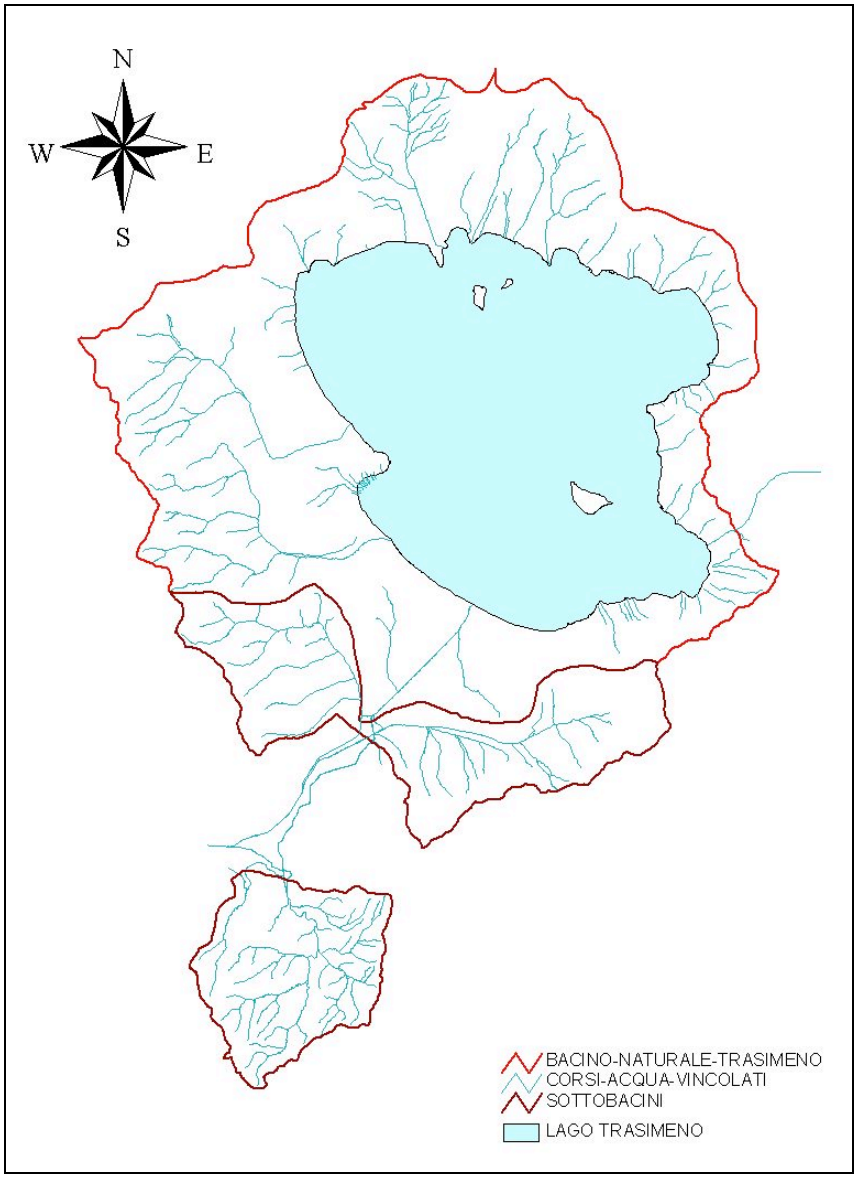

Figura 1 – Bacino naturale del Lago Trasimeno e sottobacini

2. LIVELLI IDRICI

Il lago Trasimeno è un lago laminare. Nella sua storia infatti è stato soggetto a ripetuti fenomeni di impaludamento in periodi di crisi idrica e ad esondazioni in prolungati periodi particolarmente piovosi. Tali fenomeni hanno richiesto l'intervento dell'uomo per la regimazione delle sue acque, con l'ampliamento artificiale del bacino da una parte e la realizzazione di un emissario dall'altra.

L'andamento dei livelli del lago sembra dipendere da un sistema complesso di interazione fra fattori meteo-climatici, quali temperature, evaporazione, distribuzione mensile delle precipitazioni, ecc., e esterni, quali prelievi, uso del suolo, ecc.. In ogni modo le oscillazioni più rilevanti dipendono principalmente dalla piovosità pluriennale.

Dal punto di vista socio-economico, le escursioni idriche rappresentano un problema, sia nel caso di bassi livelli, per cui si determinano condizioni di interramento e di impaludamento, sia nel caso di alti livelli in termini di rischio idraulico, in quanto molte aree costiere interessate da attività antropiche sono sottoposte a fenomeni di allagamento. Tale fenomeno è incrementato dalla presenza di attività incongrue e talvolta abusive lunghe le sponde del lago, in assenza di una zona di rispetto. Peraltro, la presenza di fenomeni prolungati di abbassamento del lago favorisce l'occupazione di terreni di pertinenza del corpo idrico che, una volta risalito il livello, risultano esposti a rischio alluvionale.

Nell'**Allegato** sono riportati gli andamenti storici dei livelli idrici del lago.

3. QUALITÀ DELL'ACQUA

Sebbene i recenti studi attestano un grado di qualità dello stato ecologico “sufficiente”, lo scarso ricambio idrico, il modesto volume/profondità, il continuo apporto e la mobilitazione di nutrienti rende il lago particolarmente sensibile alla tendenza di innesco di fenomeni eutrofici.

I dati rilevati evidenziano una variabilità significativa nelle concentrazioni di fosforo, in media già alta ma con picchi rilevanti in alcuni periodi (tipicamente quelli tardo estivi-inizio autunnali). Anche lo sviluppo algale raggiunge valori di un certo rilievo nel periodo tardo estivo-inizio autunnale.

Le principali fonti di nutrienti sono: scarichi civili, agricoltura e allevamenti. Il carico maggiore di nutrienti giunge al lago attraverso i tre sottobacini dell’Anguillara, del Pescia e del Paganico.

Si rimanda all'**Allegato** per approfondimenti e documentazione significativa dei monitoraggi della qualità delle acque effettuati e per dati e analisi, con particolare riferimento all'apporto di nutrienti. Nell'Allegato sono inoltre riportati estratti significativi da studi effettuati sulle condizioni trofiche e le relative fenomenologie riferibili al caso specifico "Elaborazione di linee di indirizzo per il risanamento del lago Trasimeno" e lo studio di fattibilità su tre siti per l’applicazione di soluzioni innovative di tipo naturale.

Un ruolo fondamentale (prevalente) sulla qualità dell'acqua, in particolare sul rischio eutrofizzazione) è legato alla mobilitazione dei nutrienti all'interno del lago, per cui si riporta di seguito uno specifico capitolo.

4. MOBILITAZIONE NUTRIENTI

Nei sopralluoghi effettuati, sono stati osservati, qualitativamente, i fenomeni di sospensione dei sedimenti per via del moto ondoso originato dall'azione eolica e legato alle basse profondità del lago, fenomeni ampiamente rilevati dagli studi sulla qualità dell'acqua richiamati in precedenza e documentati nell'Allegato.

Inoltre, recenti studi sull'ittiofauna rilevano un'elevata presenza di Carassio dorato, una specie ittica alloctona che si ciba "dragando" il fondale. Considerata l'entità di tale presenza, questo fenomeno potrebbe incidere in modo non trascurabile alla sospensione dei sedimenti e, quindi, alla mobilitazione dei

nutrienti. Inoltre, l'aumento della torbidità delle acque riduce la luce limitando di conseguenza la fotosintesi, e ciò provoca un danno significativo alle comunità vegetali.

La riduzione della vegetazione, operata anche da parte di altre specie ittiche alloctone, quali in particolare la carpa erbivora, favorisce l'erosione delle rive e favorire fenomeni eutrofici a causa del rilascio di nutrienti minerali accumulati nelle piante. Infine, la scomparsa di specie ittiche autoctone che si nutrivano di alghe, causata in particolar modo dall'introduzione del persico del Nilo, ha favorito una grande proliferazione di alghe verdi-azzurre, che contribuiscono all'instaurarsi di condizioni anossiche nel fondo del lago.

Per approfondimenti, si veda 1.

5. ACCUMULO SEDIMENTI

Una tematica molto sensibile è quella dell'interramento del lago. Risulta come in larga misura la percezione dell'interramento sia da ricondurre agli abbassamenti idrici, alla torbidità e alle modifiche ecologiche (e.g. riduzione canneto), piuttosto che ad un fenomeno diffuso.

Diverso giudizio deve essere dato a scala locale, dove le foci dei corsi d'acqua, condizioni morfologiche ed effetti di trasporto di origine idro-eolica determinano specifiche consistenti condizioni di interramento.

Anche a livello macroscopico si possono ipotizzare movimentazioni di sedimenti da una zona all'altra, in virtù di movimenti tettonici, subsidenza, movimenti idrici, ecc. Lo studio integrato tra i dati superficiali e i dati geofisici profondi ha messo in evidenza come il lago sia interessato da subsidenza progressivamente maggiore da est a ovest: la progressiva “rotazione” verso est del substrato crea lo spazio per l’accumulo di uno spesso cuneo di sedimenti, le cui geometrie interne sono controllate dalle variazioni di livello del lago. Si rileva però la necessità di studi più approfonditi, a livello idrologico-idraulico e geomorfologico-sedimentologico, che permettano di rilevare eventuali problematiche differenziali tra le diverse parti del bacino.

Negli anni 2010-2013 il problema dell'accumulo dei sedimenti si è manifestato con grave intensità, in particolare con l'interramento di alcune darsene. Pertanto la Provincia di Perugia e la Regione Umbria hanno avviato iniziative di valutazione e studio per affrontarlo sia nelle condizioni di emergenza locale che di mitigazione del fenomeno in generale. Sono stati quindi effettuati sopralluoghi e attività di analisi che hanno coinvolto anche gli scriventi. Di seguito sono riportate immagini significative della situazione riscontrata a Borghetto di Tuoro nel marzo 2012.

[1] Ghetti L. et al, "L'introduzione delle specie esotiche nelle acque dolci. Il caso del carassio dorato nel Lago Trasimeno". Regione Umbria, Provincia di Perugia, Università di Perugia. Città di Catello, 2007.

E' stata quindi incaricata la Facoltà di Economia dell'Università di Perugia per la redazione di uno studio sul tema fondato sull'applicazione dell'analisi multicriterio, al fine di definire una metodologia che permettesse di individuare scelte tecnicamente appropriate e condivise dai diversi attori coinvolti.

Per un quadro delle condizioni inerenti l'accumulo dei sedimenti si rimanda all'**Allegato**.

PARTE 2: ANALISI *SWOT* (Punti di forza e di debolezza)

1. PREMESSA

E' stata condotta un'analisi per individuare punti di forza, punti di debolezza, minacce e opportunità, facendo riferimento alla definizione seguente, riportata nel Portale Pubblica Amministrazione di Qualità del Dipartimento della Funzione Pubblica della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

L'analisi SWOT è uno strumento di pianificazione strategica semplice ed efficace che serve ad evidenziare le caratteristiche di un progetto, di un programma, di un'organizzazione e le conseguenti relazioni con l'ambiente operativo nel quale si colloca, offrendo un quadro di riferimento per la definizione di orientamenti strategici finalizzati al raggiungimento di un obiettivo.

L'analisi SWOT consente di ragionare rispetto all'obiettivo che si vuole raggiungere tenendo simultaneamente conto delle variabili sia interne che esterne. Le variabili interne sono quelle che fanno parte del sistema e sulle quali è possibile intervenire; quelle esterne invece, non dipendendo dall'organizzazione, possono solo essere tenute sotto controllo, in modo di sfruttare i fattori positivi e limitare i fattori che invece rischiano di compromettere il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

La SWOT Analysis si costruisce tramite una matrice divisa in quattro campi nei quali si hanno:

- i punti di forza (Strengths)
- i punti di debolezza (Weaknesses)
- le opportunità (Opportunities)

le minacce (Threats)

Punti di forza	**Punti di debolezza**	**Opportunità**	**Minacce**
Fattori interni al contesto da valorizzare	Limiti da considerare	Possibilità che vengono offerte dal contesto e che possono offrire occasioni di sviluppo	Rischi da valutare e da affrontare, perché potrebbero peggiorare e rendere critica una situazione

Nei primi due quadranti si evidenziano gli aspetti "interni", "propri", materiali e immateriali caratterizzanti in positivo e in negativo un determinato oggetto di analisi (comunità, territorio, settore, organizzazione, ecc).

Negli ultimi due quadranti andranno invece elencati le forze, le tendenze e i fattori - esterni all'oggetto di analisi - che possono offrire sostegno e occasioni di sviluppo, opportunità appunto, e

quelli che potrebbero peggiorare e rendere critica la situazione esistente o limitare le possibilità future: rischi, minacce.

2. PUNTI DI FORZA

1. Falda circumlacuale

L'alimentazione cospicua derivante dalla falda subalvea garantisce un ricambio idrico di acqua sostanzialmente pulita (ovvero con modeste concentrazioni di elementi inquinanti), e quindi tale da contribuire significativamente all'alleggerimento delle condizioni di criticità nel senso dell'innesco di processi eutrofici (effetti di diluizione, circolazione-movimentazione idrologica, riduzione termica).

2. Autodepurazione

In pratica il lago si comporta come un grande ecosistema filtro, con effetto tipico dei lagunaggi e dei sistemo di fitodepurazione a pelo libero, con abbattimento in particolare della sostanza organica e dei nutrienti.

3. Idrochimica

Come meglio specificato nell'Allegato (capitolo sulle condizioni trofiche), le caratteristiche chimiche del lago determinano un effetto inerziale e tampone nei confronti del metabolismo dei nutrienti.

4. Fonti inquinanti non cospicue

Gli insediamenti origine di carichi idrici inquinanti presenti nel bacino idrografico del lago, e quindi insistenti sulle sue condizioni di qualità, non sono molto elevati, in termini di abitanti equivalenti e in senso relativo alle dimensioni del bacino. Inoltre gli scarichi civili sono sottoposti a depurazione, con un grado di efficienza abbastanza elevato, e in buona parte sono collettati al di fuori dal bacino lacustre. Anche gli scarichi isolati non collettati non sono rilevanti e, in gran parte, vengono autodepurati dal reticolo scolante prima che questo giunga al lago (tuttavia, come vedremo, ciò non avviene in alcuni tratti perilacuali).

5. Scarsità di inquinanti biodegradabili

Gli scarichi che giungono, direttamente o indirettamente nel lago, presentano scarse concentrazioni di inquinanti carattere chimico (di origine industriale o agricola) e di difficile metabolizzazione biologica, che, se fossero presenti, considerando i fenomeni di accumulo nel bacino con scarso ricambio e tendenza a sedimentazione, provocherebbero un crescente e gravoso stato di inquinamento che tenderebbe a compromettere, forse irrimediabilmente, le qualità delle acque del lago.

3. PUNTI DI DEBOLEZZA

1. Scarso ricambio idrico superficiale

Lo scarso apporto di acque superficiali pulite, unitamente alla modesta profondità del lago, costituisce un fattore di elevata vulnerabilità del sistema idrico, nel senso che riduce la possibilità

di diluizione degli inquinanti, favorisce sensibilmente condizioni di accumulo degli stessi e l'instaurarsi di processi di degradazione biologica, tali da tendere a innescare fenomeni eutrofici (all'opposto, tale criticità è mitigata dall'input di falda - punto di forza n.1).

2. *Apporto di nutrienti*

Come si è visto nel capitolo relativo alla Qualità delle acque (fase di Analisi), gli input di nutrienti, perlopiù derivanti da dilavamento di superfici coltivate soggette a concimazioni, ma anche di origine civile e zootecniche, non sono trascurabili, considerandone l'accumulo. Anche se, in termini assoluti, tali apporti non sono molto elevati, nelle condizioni di vulnerabilità evidenziate, costituiscono un rischio importante per la futura sopravvivenza dell'ecosistema lacustre.

3. *Bassa profondità del lago*

Ciò comporta una maggiore esposizione alla luce e alla temperatura esterna, nonché una elevata influenza sulla movimentazione dei sedimenti a causa della forzante eolica superficiale.

4. *Ittiofauna alloctona*

Elevata presenza di specie ittiche alloctone, che incidono anche in modo significativo sulla qualità delle acque (in particolare il Carassio dorato - sospensione dei sedimenti e quindi dei nutrienti ivi contenuti).

5. *Accumulo di sedimenti*

Come abbiamo evidenziato nel capitolo di Analisi, in caso di bassi livelli idrici del lago si determinano condizioni tali da rendere difficoltose alcune delle importanti attività economiche legate al turismo e alla fruizione prossime alle sponde, fino a rendere inagibili alcuni moli o darsene necessarie per la navigazione verso le isole.

6. *Crescita incontrollata dei livelli idrici*

All'opposto del caso precedente, quando i livelli idrici sono elevati, a seguito di prolungati periodi piovosi e considerata la scarsa possibilità di evacuazione, le acque del lago si estendono su una fascia perimetrale più ampia andando ad occupare e a sommergere manufatti, strutture e aree utilizzate dall'uomo per fini di fruizione o economiche, perlopiù turistiche.

7. *Usi conflittuali del suolo*

In particolare questi avvengono nella fascia perilacuale e riguardano essenzialmente: pratiche agricole, residenze (più o meno stabili), attività e attrezzature per il turismo e la fruizione, destinazione per la tutela ecologica e il potenziamento degli habitat. Il problema principale quindi consiste nel trovare soluzioni tali da soddisfare, contestualmente e in maniera equilibrata, i diversi interessi che insistono sugli stessi contesti.

8. *Scarichi occasionali*

I piccoli insediamenti non censiti, i camper e gli usi incontrollati che determinano emissioni sono difficilmente individuabili, censibili e controllabili. Siccome molti si trovano a ridosso del lago e sono distribuiti su tratti di una certa estensione complessiva, il loro contributo all'inquinamento non è trascurabile essendo a ridosso del bacino lacustre (si veda p.e. Il caso di S. Feliciano, illustrato nella fase di Analisi).

9. Bacino scolante esterno al Parco

Il fatto che il bacino idrografico, le cui acque gravitano sul volume del lago, è praticamente tutto esterno a quest'ultimo, rappresenta un forte limite alla possibilità di agire, con strumenti di pianificazione, gestione e controllo, da parte del soggetto preposto all'amministrazione/gestione del parco.

4. MINACCE

1. Eutrofizzazione

L'apporto dei nutrienti e il conseguente rischio di eutrofizzazione rappresenta un notevole elemento di criticità. Parti significative del bacino presentano rischio elevato di rilascio di nutrienti. Il lago ha discrete capacità autodepurative, legate a caratteristiche morfologiche, idrogeologiche e climatiche, che fanno in modo che si creino frequenti turbolenze che favoriscono la diluizione e l'ossigenazione. Ciò nonostante la ridotta profondità, il modesto ricambio idrico e le caratteristiche del bacino rappresentano fattori di rischio rilevanti.

Se non si opererà celermente per ridurre l'apporto di nutrienti al lago e per migliorare la capacità autodepurativa dello stesso, il perdurare dell'accumulo nel lungo periodo potrebbe portare a fenomeni di grave crisi ecologica causati dai processi eutrofici. Però tale criticità potrebbe avvenire anche in tempi più vicini e in modo imprevedibili, a fronte di prolungate stagioni calde e siccitose (effetti combinati di insolazione, temperatura, attività biologiche, depressione della falda).

2. Interramento

Il Lago è Trasimeno stato soggetto ad un progressivo interramento non omogeneo sulla superficie. Tale fenomeno, unitamente all'abbassamento del livello idrico nei decenni scorsi (1990-2012), ha prodotto una significativa riduzione del battente medio. Negli ultimi anni (2013-2014) l'innalzamento del livello del lago ha mitigato le problematiche; ciò nonostante non si può escludere che in futuro un ciclo di anni meteorologicamente sfavorevole produca un nuovo abbassamento del livello. Il problema dei sedimenti in termini assoluti è significativo ma non elevato (circa 0.3 cm/anno nell'ultimo secolo); tuttavia, tale fenomeno non è omogeneo e risulta maggiore in alcune zone, portando a fenomeni localizzati di interramento di darsene e fasce riparie. I sedimenti presentano una complessa dinamica spazio temporale che richiederebbe studi specifici.

Sempre nel lungo termine, il continuo apporto di sedimenti, unitamente alle caratteristiche morfologiche del lago (in particolare la modesta profondità) e meteoclimatiche (in particolare venti che influenzano determinate condizioni idrauliche), determina una tendenza all'interramento dello stesso, fino alla trasformazione a un ecosistema di tipo palustre.

Siccome il fenomeno dell'accumulo di sedimenti provoca danni e disagi, e quindi incidenza sulle economie locali, solo in corrispondenza di bassi livelli idrici nella stagione turistica (estiva), malgrado la rilevanza del problema tende ad essere affrontato con modalità emergenziali

(perlopiù lo scavo del materiale) e dimenticato nei periodi di alti livelli idrici (come il presente), trascurando quindi iniziative programmatiche lungimiranti.

5. OPPORTUNITÀ

A seguito di azioni volte:

- al miglioramento della qualità delle acque,
- alla riduzione dell'accumulo dei sedimenti in aree problematiche,
- alla riqualificazione delle aree degradate e riconversione degli usi impropri della fascia perilacuale,

si determinerebbero le seguenti opportunità:

1. Incremento del turismo sostenibile

Il miglioramento paesaggistico, della qualità dello stato ambientale, della salubrità, della biodiversità, nonché della qualità dei servizi, tale da incrementare l'immagine e l'*appeal* e la peculiarità del luogo, otterrebbe una probabile crescita dell'offerta turistica.

2. Incremento della biodiversità dell'ambiente acquatico

3. Incremento quali-quantitativo dell'ittiofauna

4. Miglioramento della qualità della vita per i residenti

In termini di fruizione e condizioni igienico-sanitarie.

5. Riduzione dei costi di gestione

PARTE 3: PROPOSTE AZIONI

1. PREMESSA

Il Piano Stralcio del Lago Trasimeno, approvato con DPCM il 19 luglio 2002, definisce i seguenti obiettivi:

1. Ripristino e mantenimento di un ottimale livello idrometrico

2. Tutela della qualità delle corpi idrici e conseguente riduzione dell'apporto di sostanze inquinanti

3. Manutenzione delle rete idrografica del bacino, dei canali e delle sponde e difesa idrogeologica

4. Razionalizzazione dell'uso delle risorse idriche

5. Razionalizzazione e regolamentazione dell'uso del territorio

Quadro di sintesi – Relazione tra gli obiettivi del Piano Stralcio Trasimeno e del Piano di Tutela delle Acque

	Obiettivi del Piano di Tutela delle Acque						
	Prevenzione e riduzione dell'inquinamento	Risanamento dei corpi idrici inquinati	Miglioramento stato quantitativo e qualitativo delle acque	Protezione acque destinate a usi particolari	Uso sostenibile delle risorse con priorità alla destinazione potabile	Mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici e sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate	Tutela quali – quantitativa delle risorse idriche
Obiettivi del PS 2 Trasimeno							
Ripristino e mantenimento di un ottimale livello idrometrico			x	x		x	x
Tutela della qualità dei corpi idrici e riduzione apporti inquinanti	x	x	x	x		x	x
Razionalizzazione e regolamentazione dell'uso del territorio	x		x	x			x
Razionalizzazione dell'uso delle risorse idriche			x	x			x
Manutenzione delle rete idrografica del bacino, dei canali e delle sponde e difesa idrogeologica	x		x			x	x

Si riportano le misure di regolamentazione individuate dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere2.

Le azioni da intraprendere per la tutela del lago sono riassunte di seguito:

- *la dismissione completa dell'approvvigionamento idrico a fini potabili dal lago Trasimeno,*
- *l'utilizzo degli scarichi civili trattati per uso irriguo;*
- *la promozione e l'incentivazione di sistemi innovativi di compostaggio che non prevedono emissioni di reflui, da sostituire alle pratiche di fertirrigazione;*
- *l'applicazione del Codice di Buona Pratica Agricola;*
- *una sorveglianza sempre più stringente dell'evoluzione dell'ecosistema lacustre.*

[2]Osservatorio Ambientale Trasimeno, "Progetto messa a punto dello stato delle conoscenze ambientali di riferimento dell'area del lago Trasimeno e definizione di un modello concettuale per un piano di gestione". Decreto n.52/2006 del Segretario generale. Task 1: Raccolta e integrazione dati – Quadri di Sintesi, Ottobre 2008.

Il documento dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere prima citato, relativamente al Quadro conoscitivo dell'idrogeologia del Trasimeno, propone quanto segue.

Dall'insieme dei lavori esaminati emerge la necessità di disporre di dati idrologici, idrometrici ed evaporimetrici attendibili, dato che dalla qualità e quantità dei dati utilizzati, dipende la bontà di modelli e simulazioni dei bilanci idrogeologici, indipendentemente dalla loro validità teorica. Con una rete di acquisizione dati carente, è possibile ottenere solamente delle stime approssimative, che contrastano con l'urgenza di conoscere a fondo tutti i processi fisici e le dinamiche che si instaurano all'interno del sistema lago. Solamente disponendo di tali conoscenze è possibile attuare piani di gestione della risorsa idrica efficaci e salvaguardare l'ecosistema lacustre.

Evangelisti C.3 suggerisce di inserire nel già esistente sistema S.I.G.L.A., stazioni adeguatamente attrezzate per la misura dell'evaporazione dallo specchio; effettuare prove di pompaggio per definire i parametri idrogeologici dell'acquifero che circonda il lago; effettuare indagini piezometriche dettagliate e continue, in modo da poter quantificare il deflusso sotterraneo verso il lago; eseguire sondaggi per definire le caratteristiche stratigrafiche del bacino del Trasimeno e, quindi, accertare se esso possa essere effettivamente definito un bacino chiuso. L'autrice suggerisce, inoltre, di condurre studi geochimici ed isotopici, utili nella verifica del bilancio del lago.

Il monitoraggio deve rispondere ai dettami contenuti nella norma vigente, in particolare nel DECRETO Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 8 novembre 2010, n. 260 "Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo". Il sistema di monitoraggio deve essere progettato con la finalità di supportare gli strumenti di pianificazione e gestione degli interventi.

Segue l'elenco delle azioni che si propongono nel presente lavoro, che potranno essere considerate come parti integranti o specifiche rispetto a quanto già previsto dalla pianificazione vigente.

2. ASPETTI GENERALI

1. Zoning

Considerando il fatto che attualmente il confine del Parco praticamente coincide con le sponde del lago, a fronte della connessione e importanza ecologica, paesaggistica ed ecoturistica delle aree limitrofe, si riterrebbe opportuno prevedere un ampliamento dell'area protetta, che comprenda gli affluenti e una fascia perilacuale, in modo da poter agire su una superficie significativa agli

[3] "Il lago Trasimeno: stato delle conoscenze e nuova modellizzazione idrogeologica". Tesi di Dottorato in "Geologia applicata, geomorfologia e idrogeologia" XII. Ciclo UniPG.

effetti delle influenze sul sistema idrico. Tuttavia il percorso per l'eventuale estensione non è di facile risoluzione, sul piano amministrativo e sociale, a causa degli interessi conflittuali insistenti sulle aree interessate; sarebbe comunque importante poterlo estendere almeno di alcune decine di metri, per poter intervenire con azioni di pianificazione, di "cuscinetto" e di potenziamento degli habitat.

2. Sistema di supporto alle decisioni d'intervento tramite analisi multicriterio

Le decisioni relative alle politiche e alla gestione del lago interessano diverse tematiche, ambientali e socio-economiche. Pertanto per tenere in conto questi aspetti si ritiene necessario affiancare al processo decisionale strumenti tecnici in grado di confrontare gli effetti su diverse tematiche. In tal senso l'introduzione modalità programmatiche e gestionali bastate sull'*analisi multicriterio*, quale strumento di supporto alle decisioni (VAS, VIA, studi di fattibilità, Valutazioni di Incidenza, Regolamenti comunali, ecc.) e percorsi partecipati permette di raggiungere questo obbiettivo.

L'adozione di tale approccio si ritiene prioritario perché rappresenta il “contenitore” ove collocare/valutare tutte le altre azioni.

3. Ottimizzazione regolazione livelli del lago (sistema esperto)

Il livello del lago rappresenta un elemento problematico sia se troppo basso (interramento, eutrofizzazione, ecc.) che se troppo alto (rischio idraulico). La gestione dei processi di regolazione deve permettere modalità di controllo basate su parametri e modelli complessi, che tengano conto dei vari indicatori e delle loro dinamiche nel tempo. In tal senso l'applicazione di un approccio *sistema esperto* (algoritmo di calcolo di carattere previsionale, in grado di risolvere problemi complessi con prestazioni simili a quelli di un operatore esperto) permetterebbe la definizione di un protocollo funzionale, ma applicabile anche da operatori non esperti. Ovviamente la messa a punto di tale sistema (taratura del modello) necessita di dati completi e adeguati al modello stesso e della definizione di criteri e priorità.

4. Previsione inquinamento

Messa a punto di un modello di simulazione spazio-temporale della qualità dell'acqua del lago in funzione di tutti i dati di input, output e dello stato del sistema, monitorati in modo finalizzato alla taratura del modello stesso.

5. Razionalizzazione e risparmio dei prelievi idrici

L'attuazione di misure per la riduzione degli emungimenti favorirebbe il ripascimento della falda sub-lacuale, con benefici sui battenti e sulla qualità della risorsa idrica stessa.

1. QUALITÀ ACQUE E RISCHIO EUTROFIZZAZIONE

Pianificazione

1. Misure di salvaguardia: soglie-regole apporto nutrienti

Occorre in particolare fissare i quantitativi massimi di spargimento di reflui e concimi derivanti dalle stalle e controllarne l'attuazione. Si propone di applicare all'interno del bacino del lago le misure previste dal D.G.R. 2052/2005 per le aree vulnerabili ai nitrati.

2. Sviluppo modalità colturali a minimo impatto

Le seguenti misure potrebbero essere applicate almeno alle aree “contigue”, più vicine al lago, soggette a colture agricole.

Riduzione delle colture intensive, introduzione di siepi e fasce di rispetto, potenziamento o riconversione ad agricoltura biologica e biodinamica. In relazione al punto precedente programmi di informazione e incentivo di tali tecniche permetterebbero di ridurre gli interventi finalizzati alla riduzione dell'apporto dei nutrienti.

3. Regolamentazione zootecnia

L’area del Trasimeno è stata dichiarata zona vulnerabile ai nitrati di origine agricola. Lo spandimento dei reflui zootecnici è possibile limitando la distribuzione al campo di una quantità di azoto organico non superiore a 170 kg ad ettaro. Gli agricoltori devono predisporre preventivamente il “Piano di Utilizzazione Agronomica”, in cui deve essere individuato l'apporto di azoto minimo necessario alle colture.

E' opportuno ridurre al massimo il concime chimico e sostituirlo con il concime organico, proveniente dagli allevamenti della zona, tenendo però conto delle aree idonee in termini di rischi inquinamento4.

Dovrà comunque essere verificato con maggior dettaglio l'effetto degli scarichi zootecnici e dell'apporto dei prodotti derivanti sul suolo, in funzione di scenari di miglioramento e ottimizzazione della filiera dell'impiego del concime derivante, e, di conseguenza, stabilire regole e limiti sulì modalità e ubicazione degli apporti sul territorio e sulla presenza, entità e gestione delle unità produttive all'interno del bacino.

Gestione

1. Monitoraggio indicatori qualità delle acque

Prioritariamente i parametri che individuano l'instaurasi di condizioni eutrofiche e fenomeni di inquinamento e rischio sanitario; in particolare: ossigeno disciolto, COD, torbidità, clorofilla, fosforo e azoto, carica batterica.

[4]Si veda a tal proposito Mennella V., Vizzari M. (2008), "Rischio ambientale nel bacino del lago Trasimeno, Vulnerabilità del territorio e impatti legati alla gestione dei liquami suinicoli", Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Perugia.

E' opportuno che siano raccolte anche misure in tempo reale, tramite centraline automatiche, in punti significativi e prioritari dal punto di vista degli usi della risorsa idrica, per poter intervenire rapidamente nel caso si manifestino criticità.

2. Incremento apporto idrico

- afflusso dagli invasi di Montedoglio[5] (per dettagli si veda l'**Allegato**) e del Chiascio
- estensione bacino scolante

Una simulazione dell'effetto di apporti esterni è stata condotta nell'ambito del Progetto di Ricerca PRIN 2003-2005 "Impatto dell'attività antropica e delle variazioni climatiche sul bilancio idrogeologico dei più importanti laghi dell'Italia Centrale: modellizzazione dei processi in corso e possibili strategie di gestione"[6].

È stata messa a punto una versione aggiornata di un modello matematico di simulazione dei livelli lacustri, utile per stimare grandezze incognite del bilancio e per definire possibili scenari sotto varie situazioni climatiche e diverse ipotesi di gestione. I risultati ottenuti applicando il modello, pur partendo da ipotesi diverse e con diverse configurazioni del modello, convergono verso una unica soluzione dei problemi di crisi idrica del lago: sotto le attuali condizioni climatiche, il livello attorno alla quota di sfioro dell'emissario può essere mantenuto solo agendo sui prelievi artificiali e/o su apporti idrici esterni al bacino, in modo tale che la somma di tali azioni corrisponda ad un volume medio complessivo di almeno 1.5×10^7 m^3/anno. Ciò, peraltro, porterebbe ad un miglioramento della qualità delle acque, dato che l'entrata in funzione dell'emissario, produrrebbe un immediato e significativo ricambio delle acque stesse.

Occorrerà inoltre prendere in considerazione il problema della qualità delle acque immesse nel lago. Questo per motivi sia di ordine ecologico, in quanto provenienti da un sistema biochimico diverso da quello del Trasimeno, sia di ordine sanitario, poiché la qualità delle acque degli invasi non è costante e potrebbero verificarsi anche condizioni di incompatibilità. Infatti il trend climatico degli ultimi anni determina condizioni di crisi idrica dei sistemi idrografici, naturali e artificiali, a fronte di consumo cospicui e pianificati in passato in funzione di apporti pluviometrici maggiori e meno variabili.

Oltre al controllo della qualità delle acque prima della loro immissione, si potranno valutare interventi finalizzati al controllo ed eventuale trattamento depurativo, quali ecosistemi filtro e bacini di equalizzazione.

1. Gestione vegetazione acquatica

Un abnorme sviluppo di macrofite, favorito da un accumulo di sostanza organica e nutrienti nei sedimenti, determina la rottura del delicato equilibrio CO_2, HCO_{3-} e CO_{3--} (che tampona il pH intorno a valori non pericolosi per la vita acquatica). Ne consegue pertanto la necessità di effettuare operazioni di controllo e

[5]Tale soluzione è stata prevista dall'Ordinanza Ministeriale emanata in seguito all'emergenza idrica della Regione Umbria del periodo 2002-2004.

[6]Giornale di Geologia Applicata 3 (2006) 39-46. Risultati del progetto di ricerca PRIN "laghi 2003-2005", W. Dragoni, V. Piscopo, L. Di Matteo, L. Gnucci, A. Leone, F. Lotti, M. Melillo, M. Petitta.

limitazione dello sviluppo abnorme delle idrofite sommerse nelle zone a rischio, mediante sfalcio ed asportazione di tale vegetazione, anche per impedire il progressivo accumulo di sostanza organica nei fondali delle zone litorali. Tale intervento non pregiudica, a livello di intero corpo idrico, la capacità del sistema di controllare la concentrazione dei fosfati e quindi di mantenere anche l'attuale stato trofico di moderata produttività, pienamente accettabile per tutti gli usi previsti per il corpo idrico.

Per quanto riguarda la presenza del canneto e la sua gestione, occorre tenere conto degli effetti fitodepurante dello stesso e di mantenimento di condizioni favorevoli alla chiarificazione delle acque, effetti la cui importanza andrà valutata, anche in relazione alle ipotesi di manutenzione.

Abbattimento (depurazione)

1. Inquadramento

Per inquadrare la problematica e le modalità di intervento, sono stati visionati numerosi studi, applicati soprattutto a laghi in Nord America. A titolo esemplificativo e riassuntivo, si riporta il quadro delle azioni proposte da UNEP 1969[7], che rappresenta un'opera di riferimento fondamentale nel campo dei problemi di analisi e controllo dei nutrienti in ambito lacustre e delle relative strategie per il risanamento e la riqualificazione ecosistemica.

[7] S.E. Jørgensen e R.A. Vollenweider in "Guidelines of Lake Management, vol. 1 Principles of lake management"

Ecotechnological methods applied in lake restoration

Method	Problem to solve	Direct Change of forcing function (F) or state variables (S)	Principle (see section 1.3)
Aeration	Oxygen depletion in hypolimnion. Release of P and Fe^{-} from sediment (eutrophication)	F (+S)	C
Siphon of hypolimnion water	Removal of P and oxygenpoor water (eutrophication)	F	C
Nitrate to sediment	Reduce release of P from sediment (eutrophication)	F (+S)	C
Aeration with circulation	Eutrophication: depression of algal growth	S	C
Removal of upper sediment layer	Reduce release of P from sediment or remove toxic substances (eutrophication and toxic substance pollution	S	C
Removal of P or algae from water	Eutrophication (reduce P/algae in water)	S	C
Wetland	Removal of N and P from non-point sources (eutrophication)	F	A(B)
Decreased retention time	Reduce P and toxic substances concentration (eutrophication and toxic substances pollution)	F	C
Precipitation of P in lake	Eutrophication (reduced P in water)	S	C
Precipitation of P in inflowing water	Eutrophication (reduced P input)	F	C
Addition of $Ca(OH)_2$	Change of pH	F (+S)	C
Coverage of sediment	Eutrophication	F (+S)	C
Preimpoundment	Eutrophication (reduce P-input)	F	B
Plastic beads or sheet dyes or soot	Reduce of high penetration (eutrophication)	F (+S)	C
pH-modification shock	Eutrophication (reduce inorganic carbon in water)	S	C

2. Impianti di trattamento

a) Denitrificazione reflui in uscita dai depuratori. Solo completando i classici processi di depurazione meccanici-biologici con processi specifici di rimozione del fosforo (rimozione biologica oppure precipitazione chimica) si conseguono rese elevate (fino a concentrazioni residue di 0.1÷0.5 [mg/l]).

b) *Collettamento e trattamento scarichi isolati o non serviti da fognatura mediante impianti di fitodepurazione (cfr Allegato)*

1. Ecosistemi filtro e fasce tampone

Gli ecosistemi filtro hanno la funzione di abbattere i nutrienti provenienti dagli affluenti in aree di una certa estensione, per cui saranno preferibilmente da realizzare presso le confluenze al lago dei corsi d'acqua. Per dettagli tipologici si faccia riferimento all'**Allegato**, ove vi è un capitolo appositamente dedicato a questo tema.

Le fasce tampone devono essere collocate lungo gli scoli dei campi e i fossi (cfr Allegato).

2. Rimozione o riqualificazione di insediamenti non a norma

Si veda il prossimo Capitolo 5. L'intervento è finalizzato a eliminare o depurare gli scarichi fognari.

1. ACCUMULO SEDIMENTI

1. Controllo del trasporto solido e conseguente pianificazione delle attività perilacuali

Si ritiene necessario uno studio sulle dinamiche dei sedimenti che permetta di individuare le aree più critiche (maggior apporti e maggiori criticità locali), in modo da agire sui relativi bacini con interventi mirati a ridurre l'apporto idrico (fasce tampone, trappole per sedimenti, bacini di raccolta, ecc.). Di conseguenza occorre dotarsi di un modello che interpreti la dinamica sedimentologica e simuli scenari di cambiamento in funzione di diverse ipotesi di intervento (rimozione dei sedimenti, delocalizzazione delle attività, adozione di nuove attrezzature, come le barche a fondo piatto,...).

2. Mitigazione sulla navigazione

Si tratta di ridurre gli impatti ambientali provocati dalle imbarcazioni a motore. Attraverso percorsi di carattere informativo e incentivante (individuando misure finanziarie), si dovrebbe tendere a minimizzare l'uso di mezzi a motore a scoppio, sostituendoli con mezzi elettrici, anche alimentati con energie rinnovabili (fotovoltaico), come già avviene in alcuni laghi del centro Europa.

Per ridurre i problemi sulla navigazione determinati all'interramento delle darsene, i traghetti

attualmente presenti potrebbero essere sostituiti da mezzi con scafo a fondo piatto.

Minitraghetti fotovoltaici per trasporto passeggeri e biciclette (Lago di Costanza)

3. Gestione puntuale dei sedimenti

Movimentazione e trattamento (vedi l'**Allegato** per approfondimenti)
Nell'ambito del progetto S.I.G.L.A.[8] è stato proposto un approccio integrato. In particolare la rimozione dei sedimenti dovrebbe essere effettuata solo da alcune zone critiche, mediante tecnologie che minimizzino l'impatto ambientale conseguente a questo tipo di operazione. Questo dovrebbe avvenire all'interno di un più ampio progetto di riduzione del carico dei nutrienti

[8]Taticchi M.I., Mearelli M., Cicchella F., Posati S., Valentini M., Saltalamacchia G., Maraziti A., Micheli A. Piano per la gestione ed il controllo del bacino del lago Trasimeno finalizzato al contenimento dell'eutrofizzazione. Ministero Dell'ambiente Cipla - Provincia di Perugia (S.I.G.L.A.) 1995.

confluenti al bacino. Nel "Piano per la riduzione degli apporti solidi al lago Trasimeno"[9], viene evidenziata l'importanza di effettuare una attenta valutazione dei possibili impatti ambientali conseguenti alla rimozione dei sedimenti. Tra le soluzioni proposte per la riduzione del carico solido verso il lago, vi è l'escavazione di alcune vasche di colmata nei pressi delle foci dei torrenti della costa sudoccidentale, unitamente all'esecuzione di barriere semisommerse in terra ricoperte da canneto.

Monitoraggio

1. Introduzione

Monitoraggio e valutazione periodica delle dinamiche dei sedimenti, attraverso la misura delle batimetriche e delle correnti in punti rappresentativi, al fine di poter tarare un modello matematico che permetta di stimare la distribuzione dei sedimenti in funzione dello spazio e del tempo.

Si dettaglia di seguito quest'ultima azione in quanto, essendo quella meno "ordinaria" o abituale rispetto alle precedenti ma al contempo complessa, si ritiene opportuno elencare i sub-indicatori che di cui è necessario disporre per poter valutare adeguatamente il fenomeno.

Come si è anticipato in precedenza, malgrado una notevole quantità di dati raccolti e di studi per la valutazione del grado di inquinamento legato ai sedimenti, non esistono analisi e valutazioni finalizzate a comprendere la dinamica spazio-temporale della distribuzione dei sedimenti nel lago. A tal fine, occorre quindi procedere tramite le seguenti azioni:

2. Caratterizzazione batimetrica e tendenze evolutive

Per ottenere un modello digitale georeferenziato, a scala di dettaglio, soprattutto nelle aree più interessate da problematiche di interramento, da aggiornare periodicamente, in modo da disporre di uno strumento per la verifica e il confronto dell'evoluzione del fondale nel tempo, che si esplica in un modello di simulazione delle dinamiche sedimentologiche che acquirà i profili batimentrici come dato di input.

3. Dati idrologici e correntometrici

Per la taratura di un modello interpretativo delle dinamiche idrauliche e del trasporto solido, occorre, come dati di base, disporre delle condizioni delle dinamiche delle correnti in funzione del tempo e per ogni cella volumetrica del corpo lacuale; a tal fine si devono effettuare una serie di campagne di misura in corrispondenza di condizioni diversificate rappresentative delle condizioni idrologiche presenti.

4. Caratterizzazione granulometrica dei sedimenti

[9] L.Gervasi, G.Sciurpi, P.Tenti, S.Vignali,W.Galinari, D.Spaccapelo, D.Pallotti, S.Merlini, M.Lorenzoni,S.M.Murgia, W.Dragoni. Piano per la riduzione degli apporti solidi al lago Trasimeno. Prov. di Perugia-Serv. Difesa e Gestione Idraulica, UNIPG e CIPLA, 2003

Le dimensioni dei sedimenti è un dato indispensabile per la costruzione del modello interpretativo di cui al prossimo punto; questa caratterizzazione implica la realizzazione di una specifica campagna dati e anch'essa deve fare riferimento ad aree rappresentative del fondale.

5. Modello numerico di simulazione idrodinamica del lago accoppiato con modello di trasporto solido

Si tratta dello strumento centrale per la valutazione quantitativa delle condizioni inerenti le dinamiche dei sedimenti e, per il supporto informativo per l'implementazione di analisi multicriteriale per la pianificazione delle azioni possibili.

6. Caratterizzazione dei sedimenti in aree prioritarie

ritenute omogenee e/o interessate da problemi gestionali, quali il dragaggio (caratteristiche granulometriche, contenuto organico e determinazione in laboratorio di indici di sedimentabilità a campione disturbato); tali dati dovranno quindi essere inseriti nel modello per simulare le condizioni di interramento prevedibili in funzione di possibili scenari dei fattori influenti e delle eventuali misure gestionali.

7. Caratterizzazione geotecnica e igroscopica dei siti di eventuale collocazione dei materiali dragati

Questa serve per valutare le misure strutturali e gestionali da adottare in relazione alle caratteristiche del materiale da trattare e stoccare e alle modalità di rimozione e trasporto; in particolare, nel caso di una ricollocazione in ambiente lacustre o soggetto a sommersione, si dovrà tenere conto della stabilità del rilevato che si andrà a creare col materiale dragato, ovviamente coadiuvato da opere di contenimento.

1. RIQUALIFICAZIONE FASCIA PERILACUALE

1. Riqualificazione e riconversione delle fascia circumlacuale

Le diverse aree attorno e a ridosso del lago interessate da insediamenti, permanenti e consolidati o provvisionali, dovrebbero essere soggette a un piano di riqualificazione, che preveda anche la delocalizzazione e la riconversione a elementi meno impattanti.

Gli obiettivi primari di tale operazione sono:
- la riqualificazione paesaggistica e ambientale
- il controllo e risanamento degli scarichi e degli inquinanti
- l'istituzione di regole per la fruizione compatibile con l'ambiente e il paesaggio
- la tutela e il potenziamento degli ecosistemi presenti e potenziali

A tal fine si dovrà partire dalla predisposizione di linee guida tecnico-architettoniche per il rispetto di compatibilità paesaggistiche e ambientali, attraverso un abaco tipologico di forme, dimensioni e materiali, a supporto di una pianificazione urbanistica e territoriale orientata a un consistente miglioramento.

2. Compensazione ambientale

Nel caso di operazioni di risanamento urbanistico e amministrativo di abusivismi e di conseguenti interventi di riqualificazione, riconversione e delocalizzazione, si dovranno prevedere meccanismi di perequazione, da ottenere tramite contributi finanziari da parte dei soggetti coinvolti (titolari delle procedure), tali da permettere all'Ente amministratore del parco di acquisire e potenziare ecologicamente aree opportunamente individuate.

PARTE 4: SCHEDE DI PREFATTIBILITÀ PROPOSTE PROGETTUALI

1a - Incremento apporto idrico - afflusso dall'invaso di Montedoglio

Tecnologia	Rete di tubazioni con eventuali serbatoi di accumulo, allacciata ad altre reti di adduzione idrica (potabile o irrigua) provenienti da Montedoglio e presenti nelle vicinanze. Sistema di gestione con telecontrollo e modellazione con sistema "esperto".
Funzionamento	Attivazione a seguito del raggiungimento di valori soglia individuati mediante modellazione tempo dipendente, ovvero che tengano conto della naturale escursione dei livelli durante l'anno.
Localizzazione	Possibilmente in zone in cui già sono presenti apporti idrici, come affluenti o scarichi, in modo da non produrre alterazione a livello locale ad habitat esistenti e da favorire la diluizione dei carichi inquinanti.
Impatto ambientale	All'interno di un sistema di gestione che consideri la regolazione soprattutto su criteri di tipo ambientale, l'impatto diretto è positivo. La corretta localizzazione dei punti di arrivo della/e conduttura/e è particolarmente significativo per contenere l'impatto locale. In tal senso dovranno essere preferiti affluenti del reticolo esistente, in corrispondenza dello sbocco, piuttosto che arrivi diretti. Esternamente al lago la realizzazione della rete può produrre impatti in fase di cantiere e di gestione, per mitigare i quali si dovrà ridurre l'estensione della rete ad uso esclusivo del ricarico del lago. Questa misura riduce anche il rischio di non funzionamento, in quanto una rete a funzionamento intermittente (di fatto a seguito di periodo prolungati non siccitosi potrebbe rimanere inutilizzata per anni) ha intrinsecamente il rischio di inefficienza nel momento dell'attivazione. Tale eventualità rappresenterebbe un rischio che potrebbe assumere anche proporzioni rilevanti.
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	La rete di Montedoglio serve molte zone vicine anche ad usi non potabili (e.g. rete irrigua della Valdichiana). Ciò nonostante la possibilità di utilizzo di reti esistenti deve essere verificata con i soggetti gestori di tali reti.
Tempi di realizzazione	Alcuni anni.
Grado di entità economica	Dipendente dalla dimensione della rete, da alcune centinaia di migliaia di

	euro ad alcuni milioni di euro.
Grado di fattibilità complessivo	Basso, vista la necessità di verifica della possibilità di allaccio con quantitativi potenzialmente significativi ma anche saltuari.

1b - Incremento apporto idrico - estensione bacino scolante

Tecnologia	Deviazione di canali bacino scolanti verso la Valdichiana o verso il Lago di Chiusi. Opere in terra con eventuali manufatti in calcestruzzo. Interventi atti a mantenere la continuità ecologica di zone di valore. Realizzazione di ecosistemi filtro allo sbocco
Funzionamento	L'intervento è stato già realizzato in passato all'interno della regimazione del lago. Si tratta di far scaricare un bacino limitrofo verso il lago, mediante la deviazione. L'intervento può essere anche parziale, deviando solo una quota dei deflussi di un bacino mediante idonei manufatti.
Localizzazione	Nella zona a sud del lago.
Impatto ambientale	L'inserimento di un nuovo bacino produce anche l'incremento di carichi inquinanti e di sedimenti. Dovranno quindi essere selezionati bacini con bassi carichi inquinanti e trasporto solido, creando allo sbocco ecosistemi filtro. L'intervento potrebbe produrre un incremento del rischio idraulico in alcune aree e dovranno essere quindi individuate specifiche misure di mitigazione. La variazione dei regimi idrici nel bacino originario dovrà essere attentamente valutata poiché comporta impatti potenzialmente elevati. Impatti locali anche significativi dipenderanno dalla localizzazione delle opere (p.e. il nuovo canale produce un taglio all'interno di un ecosistema di valore). Nella progettazione si dovranno considerare approcci morfologici e naturalistici nella progettazione del nuovo canale, creando fasce di mobilità ed ecosistemi rinaturalizzati collegati agli ecosistemi presenti nel territorio ed attraversati dall'opera.
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Deve essere verificata la compatibilità con i Piani di Bacino e di Tutela delle acque, probabilmente da integrare e modificare. L'intervento è condizionato dal non incremento del rischio idraulico in altre aree. L'intervento interesserebbe comuni, province, regioni e bacini differenti, richiedendo di allineare i diversi strumenti pianificatori e gestionali con un'attività di coordinamento ai diversi livelli.
Tempi di realizzazione	2-4 anni.
Grado di entità economica	Dipendente dalla dimensione della rete, da alcune centinaia di migliaia di euro a alcuni milioni di euro.
Grado di fattibilità complessivo	Basso, per la complessità e i potenziali impatti ambientali e sul rischio idraulico. Inoltre la soluzione non permette la regolazione, dipendendo solo

	dai regimi naturali del bacino. Fattibilità medio-bassa per la soluzione di deviazione parziale di una quota del regime di alcuni bacini, per quanto più costosa a parità di efficienza. Questa soluzione permetterebbe anche una certa regolazione.

2a - Abbattimento nutrienti - post-trattamento di denitrificazione reflui in uscita dai depuratori

Tecnologia	Prevedere, a valle degli impianti di depurazione, sistemi di fitodepurazione tale da contenere e confinare i reflui anche in caso di condizioni anomale quale fitodepurazione multistadio, ovvero combinando diversi sistemi di fitodepurazione quali: • Sistemi con macrofite galleggianti (presenza di piante acquatiche quali Eichhornia crassipes, Lemma minor, Lemna gibba, Lemna oscura, Lemna trisculca) • Sistemi con macrofite radicate sommerse (presenza di macrofite quali Phragmites australis, Typha latifolia, Scirpus lacustris, Scirpus robustus, Scirpus validus) *1.* Sistemi con macrofite radicate emergenti (presenza di macrofite quali Phragmites australis, Typha latifolia, Scirpus lacustris, Scirpus robustus, Scirpus validus) con denitrificazione, orizzontale e verticale, e affinamento tramite lagunaggio. *2.* Sistemi a flusso superficiale (FSW: Free Water Surface Wetland): *3.* Sistemi a flusso sub-superficiale (SF: Sub-Surface Flow Wetland): a) a flusso orizzontale; b) a flusso verticale. al fine di raggiungere alti livelli di denitrificazione, mediante sistemi afflusso orizzontale e verticale, e eventuale affinamento tramite lagunaggio. Eventuali vasche di stoccaggio.
Funzionamento	Il principio di funzionamento è assimilabile a quello degli impianti di depurazione tradizionali, ma i processi sono governati dalla biodiversità che si instaura per la presenza di elementi vegetali. La sostanziale differenza è che si ottiene una affidabilità intrinseca (in termini di efficienza) e un'adattabilità significativa a condizioni variabili, situazione che invece rende anche in condizioni ordinarie non funzionanti impianti di tipo tradizionale.
Localizzazione	Prossima ai depuratori esistenti.
Impatto ambientale	L'impatto ambientale dell'intervento è positivo, in quanto produce un miglioramento della qualità delle acque.
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Da verificare con il gestore degli impianti. Oltre alla disponibilità economica è necessario verificare la disponibilità di aree, in funzione delle esigenze localizzative e dimensionali.

Tempi di realizzazione	Da pochi mesi a pochi anni, a seconda della dimensione dell'impianto e della localizzazione.
Grado di entità economica	Il costo della fitodepurazione come post trattamento, considerando l'entità dei trattamenti in questione, potrà essere dell'ordine di 100'000-500'000 €.
Grado di fattibilità complessivo	Medio, in quanto richiede di attivare procedure di una certa complessità sia amministrative che tecniche per la realizzazione della fitodepurazione, elemento che si ritiene necessario per il raggiungimento di adeguati livelli di qualità.

2b - Abbattimento nutrienti - intercettazione affluenti e creazione di aree tampone

Tecnologia	Formazione di ecosistemi filtro e aree tampone tali da svolgere proprietà di depurazione naturale legata alla vegetazione e ai microorganismi presenti (foreste umide, fasce vegetali depresse, lagune e aree umide costruite). Formazione di lunghi percorsi per il deflusso idrico con vasche e salti.[10]
Funzionamento	Il funzionamento è di tipo naturale per gravità. Il percorso idrico è allungato e la corrente rallentata, aumentando il tempo di ritenzione e favorendo al naturale depurazione dell'acqua. Il prelievo può essere regolato automaticamente o manualmente, qualora si intercetti solo una quota del deflusso per evitare che fenomeni di piena rovinino il sistema. Possibile intercettazione di scarichi puntuali non particolarmente inquinati. Poiché ogni intervento permette l'intercettazione di un solo affluente o eventualmente di un numero ridotto, è necessario uno studio di fattibilità finalizzato alla determinazione degli affluenti maggiormente inquinanti, mediante analisi multicriterio.
Localizzazione	In prossimità dei principali affluenti.
Impatto ambientale	L'impatto ambientale sulla qualità delle acque è positivo in quanto produce un miglioramento della qualità degli ingressi nel lago. A livello locale, l'impatto dell'intervento sulla componente naturale è positivo in quanto prevede la formazione di un habitat potenzialmente di pregio, a condizione di non interferire con altri habitat naturali preesistenti. La localizzazione dovrebbe avvenire in aree marginali di scarso valore ambientale. Alternativamente l'impatto ambientale su habitat o altre componenti ambientali di pregio deve essere valutato. Per contro, si tenga presente che gli ecosistemi filtro possono svolgere essi stessi un ruolo naturalistico positivo.
Compatibilità sul piano giu-	Da verificare con il Piano di Bacino e di Tutela delle Acque che dovranno es-

[10] Per approfondimenti sul tema si vedano in particolare: 1) Rivista *Biologia Ambientale*, speciale n. 1/2002; 2) *Studio di fattibilità per la definizione di linee guida per la progettazione e gestione di fasce tampone in Emilia-Romagna*, Regione Emilia-Romagna e CIRF, 2012; oppure www.cirf.org.

ridico-amministrativo	sere verosimilmente adeguati. Da verificare la disponibilità di terreni idonei.
Tempi di realizzazione	Da pochi mesi a pochi anni, a seconda della dimensione dell'impianto e della localizzazione.
Grado di entità economica	Il costo della formazione di un'area tampone può essere dell'ordine di 50'000-200'000 €, a seconda dell'estensione e della tipologia.
Grado di fattibilità complessivo	Medio, in virtù della necessità di disponibilità di ampie aree e di adeguamento degli strumenti di pianificazione. I singoli interventi permettono di mitigare l'impatto di singoli affluenti, un utilizzo diffuso su tutti gli affluenti presenta problematiche economiche e di disponibilità di aree..

3. Potenziamento capacità autodepurative - realizzazione di fasce tampone

Tecnologia	L'intervento consiste nella configurazione di una fascia vegetale "tampone" eventualmente leggermente depressa rispetto alla campagna, attorno lago (ecosistema filtro), formata da specie erbacee e arboree, concentrata specialmente nei tratti da dove possono provenire i deflussi principali. Eventuali estensioni lineari lungo le linee di drenaggio dei campi.
Funzionamento	In pratica consisterebbe in un'area che realizzi una captazione e una ritenzione idraulica tale da contenere e depurare naturalmente il carico biologico tramite processi di fitodepurazione.
Localizzazione	Intorno al lago in più zone, possibilmente dove provengono maggiori apporti idrici da versante o da piccoli bacini. Estensione lungo fossi dei campi e agli affluenti.
Impatto ambientale	L'impatto ambientale dovrebbe essere tendenzialmente positivo, in quanto oltre all'effetto sulla qualità delle acque si favorisce la qualità paesaggistica ed ecologica del sito.
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Le principali problematiche riguardano le proprietà delle aree. Da valutare anche forme di intervento che non richiedano l'acquisizione dell'area (e.g. Incentivi per i proprietari).
Tempi di realizzazione	L'intervento iniziale richiede pochi mesi, l'efficacia del sistema cresce nel tempo e il funzionamento ottimale si ottiene quando la fascia vegetale si è sviluppata non prima di circa 5 anni.
Grado di entità economica	Il costo dipende in larga misura dall'estensione e dalle acquisizioni. Si può ipotizzare un costo complessivo di 20'000-50'000 €/km oltre i costi di acquisizione (in linea di massima del medesimo ordine di grandezza).
Grado di fattibilità complessivo	Medio, in quanto vincolato alla disponibilità delle aree.

4 - Collettamento e trattamento scarichi isolati o non serviti da fognatura

Tecnologia	Collettamento a depuratori esistenti mediante sistemi di tubazioni ed eventualmente pompe o realizzazione di impianti di fitodepurazione (v. scheda 2a).
Funzionamento	Intercettazione di scarichi esistente e loro adduzione a sistema di depurazione.
Localizzazione	Lungo il bacino e con particolare attenzione alle zone più prossime al lago.
Impatto ambientale	L'impatto ambientale è positivo, perché prevede il trattamento di reflui, che allo stato attuale vanno a ridurre la qualità dell'acqua del lago, con tecniche a basso impatto e alta efficienza.
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Legata al rispetto sulla normativa degli scarichi.
Tempi di realizzazione	L'intervento in senso stretto richiede pochi mesi.
Grado di entità economica	Il costo della fitodepurazione di scarichi contenuti a pochi A.E. è dell'ordine di 50'000-100'000 €. Può anche essere imposto al privato qualora non fosse a norma.
Grado di fattibilità complessivo	Basso, perché richiede di individuare gli scarichi, verificarne la legittimità, prevedere interventi in zone probabilmente attualmente non disponibili, coinvolgere o obbligare soggetti privati all'attuazione dell'intervento.

5 - Movimentazione sedimenti

Tecnologia	Dragaggio sedimenti da terra (escavatori) o in acqua (chiatte), loro trattamento (perlopiù disidratazione) e successiva collocazione in aree limitrofe o smaltimento esterno. Gli interventi con mezzi da terra possono richiedere il prosciugamento di zone del lago mediante sistemi di palancole o similari.
Funzionamento	In zone a battente ridotto con problemi per la fruizione del lago (e.g. impaludamento, non navigabilità, ecc..): si tratta di scavare il fondo per rimuovere accumuli di sedimenti. I bassi livelli idrici sono direttamente e maggiormente connessi con i livelli idrici del lago. Tale intervento non dovrebbe essere attuato come soluzione diffusa per risolvere i problemi dovuti alla siccità, ma piuttosto dove si rilevano effettivi fenomeni straordinari di accumulo di sedimenti o come soluzione d'emergenza per aree strategiche per la navigazione e il turismo.
Localizzazione	Nelle rive ove è strettamente necessario, soprattutto nelle zone soggette ad interramento per motivi antropici (porti, attracchi darsene) o naturali (affluenti).
Impatto ambientale	Potenzialmente elevato a livello locale, specie in fase di cantierizzazione, in

	relazione alla movimentazione e produzione di rifiuti speciali. Da attuare, previa valutazione di incidenza ecologica, evitando i periodi di riproduzione di specie autoctone di pregio e operando possibilmente "a zone", in modo da ridurre il disturbo sull'ecosistema.
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Legata alla positiva valutazione di incidenza e alla corretta gestione dei sedimenti (normativa rifiuti).
Tempi di realizzazione	L'intervento in senso stretto richiede da poche settimane a pochi mesi. L'attuazione di eventuali misure di mitigazione può portare ad un prolungamento dei tempi.
Grado di entità economica	Indicativamente 200'000-500'000 € a singolo intervento, ma potenzialmente maggiori o inferiori in base all'estensione delle aree interessate, nonché al volume e alla tipologia dei materiali dragati.
Grado di fattibilità complessivo	Medio. L'intervento è fattibile (e infatti è già stato attuato in alcune zone), ma ogni operazione è soggetta a verifica della gestione delle terre e all'autorizzazione delle operazioni di scavo, trasporto, lavorazione, smaltimento o collocazione/riuso.

6 - Demolizione di opere e manufatti abusivi

Tecnologia	Demolizione, raccolta e smaltimento dei materiali. Scasso nell'area interessata, per il risanamento cautelativo del suolo, e successivo ripristino ambientale. Rimozione di vegetazione infestante e sostituzione con piantagione di specie autoctone. Rimozione di manufatti su sponde del lago o di canali ed eventuale sostituzione con piccole opere di ingegneria naturalistica. Per lavori di questo tipo, considerando la modesta entità strutturale degli elementi interessati, la demolizione può essere eseguita con mezzi ordinari.
Funzionamento	Eventuale manutenzione della vegetazione e controllo dell'evoluzione ambientale del sito interessato dall'intervento.
Localizzazione	Prossima alle rive del lago occupate da manufatti abusivi.
Impatto ambientale	Positivo, considerando la possibile rinaturalizzazione dei luoghi. Eventuali possibili ricadute negative a livello sociale.
Compatibilità sul piano giuridico-amministrativo	Se attuato da soggetto diverso dal proprietario del terreno dove è sito il manufatto, richiede delle autorizzazioni amministrative e/o giuridiche di legge.
Tempi di realizzazione	L'intervento in senso stretto può richiedere da alcuni giorni a pochi mesi; l'attuazione della procedura amministrativi può richiedere alcuni mesi.
Grado di entità economica	Indicativamente 2'000-20'000 € a demolizione per interventi di dimensioni non elevata, potenzialmente maggiori in caso di strutture di una certa di-

	mensione, da valutare di volta in volta. Possibile anche attuare forme di coercizione o incentivazione all'attuazione da parte del privato, senza costi pubblici o addirittura con benefici per la collettività (misure di compensazione ambientale).
Grado di fattibilità complessivo	Medio-basso. La principale criticità è legata all'impatto sociale sui proprietari e all'ingresso in proprietà privata in caso di rifiuto da parte degli stessi.