

Schema Direttore Fluviale RENO VIVO

Strategia per la riqualificazione fluviale di un tratto del fiume Reno
compreso tra l'immissione del Torrente Setta e l'inizio del tratto
arginato di pianura



Consegna finale – 16/04/2008

Autori:

Ing. Marco Monaci
Dr. Bruno Boz
Ing. Andrea Goltara
Dr. Giulio Conte
Ing. Anna Polazzo
Studio Associato “Elementi” (Ing. Giuliano Trentini)

Ringraziamenti:

Si ringraziano i tecnici e gli amministratori degli Enti che hanno fornito dati utili al progetto nonché consigli necessari al buon svolgimento del lavoro.

Si ringraziano in particolare, per i suggerimenti e gli spunti forniti:

Studio Viel & Sangiorgi: Giovanni Viel e Samuel Sangiorgi
Dr.ssa Bruna Gumiero
Ing. Simone Bizzi
Ing. Andrea Nardini
Dr. Giovanni Rossi

La responsabilità per i contenuti del presente documento resta comunque esclusivamente a carico del CIRF

INDICE

1	AMBITO DI STUDIO E OBIETTIVI GENERALI	6
2	SINTESI DELLE ATTIVITÀ (PASSI CHIAVE) SVOLTE PER LA DEFINIZIONE DELLO SCHEMA DIRETTORE (SD)	8
	SISTEMATIZZAZIONE DATI E STUDI ESISTENTI	12
3	SISTEMATIZZAZIONE DEI DATI E DEGLI STUDI ESISTENTI	13
	CARATTERIZZAZIONE INTEGRATA PRELIMINARE E INDIVIDUAZIONE DI PROBLEMI E OPPORTUNITÀ.....	14
4	APPROCCIO METODOLOGICO GENERALE.....	15
4.1	CARATTERIZZAZIONE INTEGRATA DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE.....	15
4.1.1	<i>Definizione dell'albero dei valori</i>	<i>16</i>
4.1.2	<i>Costruzione dell'indice relativo al valore dell'ecosistema fluviale.....</i>	<i>19</i>
4.2	CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROMORFOLOGICO.....	22
5	APPLICAZIONE AL FIUME RENO.....	23
5.1	CARATTERIZZAZIONE INTEGRATA DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE.....	23
5.1.1	<i>Albero dei valori adottato</i>	<i>23</i>
5.1.2	<i>Condizioni generali.....</i>	<i>28</i>
5.1.3	<i>Presenza di sostanze pericolose.....</i>	<i>35</i>
5.1.4	<i>Macroinvertebrati.....</i>	<i>38</i>
5.1.5	<i>Fauna ittica.....</i>	<i>43</i>
5.1.6	<i>Vegetazione terrestre</i>	<i>62</i>
5.1.7	<i>Regime idrologico.....</i>	<i>72</i>
5.1.8	<i>Continuità fluviale</i>	<i>80</i>
5.1.9	<i>Equilibrio geomorfologico.....</i>	<i>85</i>
5.1.10	<i>Condizioni morfologiche.....</i>	<i>87</i>
5.1.11	<i>Indici di qualità "chimico-fisica", "biologica" e "idromorfologica"</i>	<i>92</i>
5.1.12	<i>Indice "Stato ecologico".....</i>	<i>93</i>
5.1.13	<i>Aggregazione spaziale (dall'indice in un tratto all'indice di valutazione per il Reno)</i>	<i>94</i>
6	RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE INTEGRATA	95
6.1	STATO DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE.....	95
6.1.1	<i>Qualità chimico-fisica dell'acqua.....</i>	<i>95</i>
6.1.2	<i>Macroinvertebrati.....</i>	<i>108</i>
6.1.3	<i>Fauna Ittica</i>	<i>112</i>
6.1.4	<i>Vegetazione terrestre</i>	<i>124</i>
6.1.5	<i>Regime idrologico.....</i>	<i>131</i>
6.1.6	<i>Continuità fluviale</i>	<i>134</i>
6.1.7	<i>Equilibrio geomorfologico.....</i>	<i>136</i>
6.1.8	<i>Condizioni morfologiche.....</i>	<i>139</i>
6.1.9	<i>Qualità biologica</i>	<i>141</i>
6.1.10	<i>Qualità idromorfologica</i>	<i>142</i>
6.1.11	<i>Indice "stato ecologico".....</i>	<i>144</i>
	DEFINIZIONE DELLO SCHEMA DIRETTORE FLUVIALE "RENO VIVO".....	146
7	APPROCCIO MULTIOBIETTIVO E VALUTAZIONE INTEGRATA MULTICRITERIO.....	147
8	DEFINIZIONE PRELIMINARE DELLA VISION E DEGLI OBIETTIVI.....	149
8.1	VISION "RENO VIVO"	149
8.2	OBIETTIVI DELLO SCHEMA DIRETTORE	151

9	LINEE D’AZIONE	154
9.1	IDENTIFICAZIONE DELLE LINEE DI AZIONE	154
9.1.1	<i>Linea d’azione “migliorare la qualità dell’acqua riducendo i carichi e aumentando la capacità di autodepurazione del territorio”</i>	<i>158</i>
9.1.2	<i>Linea d’azione “ripristinare la continuità longitudinale e favorire i processi per la creazione di habitat idonei”</i>	<i>165</i>
9.1.3	<i>Linea d’azione “modificare la morfologia del corso d’acqua e forestare per migliorare lo stato della vegetazione terrestre”</i>	<i>167</i>
9.1.4	<i>Linea d’azione “migliorare il regime idrologico, per coniugare le esigenze antropiche con quelle dell’ecosistema fluviale”</i>	<i>171</i>
9.1.5	<i>Linee d’azione “Riqualificare per migliorare stato morfologico e habitat (e per ridurre il rischio idromorfologico)”</i>	<i>173</i>
10	STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE IN ATTO.....	187
10.1	PTCP – VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	187
10.2	PTCP – RETI ECOLOGICHE.....	191
10.3	PTCP – TUTELA DEI SISTEMI AMBIENTALI E DELLE RISORSE NATURALI E STORICO-CULTURALI	195
10.4	PAI – ZONIZZAZIONE	199
10.5	RETE NATURA 2000 – ZONE SIC	204
11	IDENTIFICAZIONE DI ALTERNATIVE DI PIANO	205
11.1	ALT 1 - PIANIFICAZIONE ESISTENTE	207
11.2	ALT 2 - PIANIFICAZIONE ESISTENTE E AZIONI PUNTUALI NON GEOMORFOLOGICHE DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE	213
11.3	ALT 3 - RIQUALIFICAZIONE GEOMORFOLOGICA	215
11.4	ALT 4 – RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA	218
12	DEFINIZIONE DELLO SCHEMA CONCETTUALE PER LA VALUTAZIONE MULTICRITERIO DELLE ALTERNATIVE	221
12.1	MATRICE DI VALUTAZIONE CONCETTUALE PER IL SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE IN AMBITO FLUVIALE ..	221
12.2	MATRICE DI VALUTAZIONE ADOTTATA PER LO SCHEMA DIRETTORE RENO VIVO.....	228
13	RISULTATI PRELIMINARI QUALITATIVI DELLA VALUTAZIONE MULTICRITERIO	229
14	IPOSTESI PRELIMINARE DI SCHEMA DIRETTORE “RENO VIVO”	231
14.1	DESCRIZIONE DELLO SCHEMA DIRETTORE RENO VIVO (ALT 4).....	231
14.1.1	<i>Linee d’azione “assetto fisico”</i>	<i>231</i>
14.1.2	<i>Linee d’azione “biologia-quantità&qualità acqua”</i>	<i>233</i>
14.2	SCHEDE DI SINTESI DELLE POSSIBILI AZIONI DI RIQUALIFICAZIONE.....	242
14.3	LOCALIZZAZIONE DELLE AZIONI PROPOSTE IN RELAZIONE ALLE AREE DEMANIALI E ALLA ZONIZZAZIONE “ALVEO ATTIVO”, AREE DI “PERTINENZA FLUVIALE” E AREE DI “TUTELA FLUVIALE”.....	257
15	FASE 2: UN POSSIBILE PERCORSO PER L’ATTUAZIONE DELLO SCHEMA DIRETTORE.....	261
15.1	UN POSSIBILE PERCORSO	261
15.2	MONITORAGGIO POST-INTERVENTI	262
16	VALUTAZIONI IN MERITO ALL’APPLICAZIONE A LIVELLO PROVINCIALE DEL METODO DI CARATTERIZZAZIONE FLEA E DEL PERCORSO METODOLOGICO GENERALE DEL PRESENTE STUDIO.....	263
	APPENDICE	264
17	APPENDICE – TABELLE RIASSUNTIVE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE INTEGRATA.....	265
17.1	STATO ECOLOGICO	265
17.2	QUALITÀ CHIMICO-FISICA	266
17.3	QUALITÀ BIOLOGICA	267
17.4	QUALITÀ IDROMORFOLOGICA.....	268

17.5	CONDIZIONI GENERALI.....	269
17.6	MACROINVERTEBRATI.....	269
17.7	FAUNA ITTICA.....	270
17.8	VEGETAZIONE TERRESTRE.....	271
17.9	REGIME IDROLOGICO.....	272
17.10	CONTINUITÀ FLUVIALE.....	273
17.11	EQUILIBRIO GEOMORFOLOGICO.....	274
17.12	CONDIZIONI MORFOLOGICHE.....	275
18	APPENDICE – LA FUNZIONE VALORE.....	276
19	APPENDICE - SCHEDE DI SINTESI “CASI STUDIO INTERNAZIONALI”.....	279
20	APPENDICE - IL SISTEMA DI OBIETTIVI PER LA VALUTAZIONE DI UN PIANO A SCALA DI BACINO.....	279
21	SISTEMATIZZAZIONE DI DATI, PIANI, STUDI, PROGETTI ESISTENTI.....	279
22	APPENDICE - BIBLIOGRAFIA.....	280
23	ELENCO ALLEGATI.....	287

1 Ambito di studio e obiettivi generali

Il presente studio prende in considerazione un tratto di Reno lungo circa 20 Km, relativo ad una porzione di corso d'acqua compresa tra l'immissione del Torrente Setta e l'inizio del tratto arginato di pianura (Figura 1).

Tale attività ha preso avvio nell'ambito del finanziamento concesso dalla Giunta della Regione Emilia Romagna alla Provincia di Bologna¹ per il progetto di riqualificazione ambientale di un tratto di fiume Reno attraverso il rimodellamento di zone di ex-cava per il sostegno del regime idrico, finanziamento che include anche la realizzazione del lavoro oggetto del presente documento.

Scopo del lavoro è la definizione di uno Schema Direttore denominato RENO VIVO (nel seguito SD) per la definizione di una strategia di riqualificazione fluviale del tratto di fiume Reno indicato, adottando a tal fine una logica di pianificazione di tipo multiobiettivo, con l'intento di coniugare:

- il miglioramento dell'ecosistema fluviale (in tutte le sue componenti, inclusa la qualità dell'acqua e le condizioni e dinamiche geomorfologiche);
- maggiore sostenibilità della derivazione dalla Chiusa di Casalecchio nel rispetto del Deflusso Minimo Vitale così come definito dal Piano Tutela delle Acque nella sua componente idrologica e morfologica;
- la gestione del rischio idraulico;
- la fruizione dell'area.

Gli obiettivi generali che il lavoro intende perseguire sono:

- sperimentare l'approccio integrato multiobiettivo proprio della riqualificazione fluviale²
- dare un segnale e un indirizzo di innovazione nella gestione di ambiti fluviali e risorse idriche ridemanializzando, in particolare, aree fluviali ora private, creare invasi a basso impatto ambientale che abbiano il massimo della efficacia tra i volumi invasati e quelli forniti all'utenza
- aumentare la consapevolezza pubblica dell'utilizzo delle acque di superficie del Fiume Reno mediante il confronto tra le varie istituzioni ed i portatori di interesse, al fine di soddisfare le priorità di uso indicate dalle vigenti leggi in materia.

¹ La Giunta Regionale con delibera n. 2007/1079 del 16/7/2007 ha concesso i finanziamenti necessari all'attuazione del progetto, denominato "Reno Vivo", di riqualificazione ambientale di un tratto di fiume Reno attraverso il rimodellamento di zone di ex-cava per il sostegno del regime idrico, impegnandone le relative somme;

Il Presidente del Consiglio dei Ministri con decreto in data 4/5/2007 ha dichiarato lo stato di emergenza nei territori delle regioni dell'Italia centro-settentrionale, interessati dalla crisi idrica;

Il Presidente del Consiglio dei Ministri con ordinanza n. 3598 del 15/6/2007 ha emanato disposizioni urgenti di protezioni civile dirette a fronteggiare lo stato di emergenza in atto nei territori interessati dalla crisi idrica, prevedendo che i presidenti delle regioni interessate concorrano all'attuazione di tutte le iniziative di carattere straordinario atte a contrastare e mitigare gli effetti delle crisi idriche anche mediante la predisposizione ed attuazione di specifici piani di interventi infrastrutturali e gestionali.

Il Presidente della Giunta Regionale con decreto n. 175/2007 del 27/7/2007 ha approvato il "Piano degli interventi per fronteggiare la crisi idrica"; in tale Piano è stato ricompreso l'intervento di riqualificazione "Reno Vivo", già inserito nel "Piano di Azione Ambientale per un futuro sostenibile 2004/2006".

² Si vedano i principi ed i metodi del manuale "La riqualificazione fluviale in Italia - Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio" - CIRF (a cura di A.Nardini, G.Sansoni e coll.), Mazzanti editore (collezione CIRF), Mestre, 2006.

In particolare, lo Schema Direttore, secondo i compiti assegnati al gruppo di lavoro, deve perseguire i seguenti obiettivi specifici:

- incrementare la disponibilità di risorsa idrica, nel rispetto del DMV, nei periodi di magra estiva nel tratto interessato dalla Chiusa di Casalecchio del Consorzio del Canale di Reno;
- avviare la riqualificazione dell'ecosistema fluviale, indicativamente attraverso il miglioramento dei seguenti aspetti:
 - mobilità laterale ed equilibrio geomorfologico
 - continuità laterale
 - continuità longitudinale
 - diversificazione morfologica
 - vegetazione riparia
- migliorare la sicurezza idraulica o non peggiorarla;
- promuovere la fruizione del fiume attraverso il miglioramento dell'accessibilità/percorribilità e della percezione estetica del paesaggio.

Lo SD intende pertanto creare la cornice entro la quale si sviluppano sia il progetto già citato di rimodellamento delle zone di ex-cava per il sostegno del regime idrico, sia le future attività di pianificazione e progettazione che si svolgeranno nell'ambito studiato.

2 Sintesi delle attività (passi chiave) svolte per la definizione dello Schema Direttore (SD)

Lo SD è stato predisposto mediante la realizzazione dei *passi chiave* cerchiati in rosso (descritti di seguito) indicati in figura 2 (che schematizza il processo ideale completo proposto dal CIRF per la predisposizione di Piani territoriali partecipati):

- caratterizzazione integrata *preliminare* dell'ecosistema fluviale nel tratto di Reno in studio e individuazione di problemi ed opportunità (compresa una sintesi delle principali problematicità di tipo antropico, come rischio idraulico, usi economico-produttivi dell'acqua e fruizione)
- definizione *preliminare* della vision e dell'immagine obiettivo che si intende raggiungere in relazione ai diversi obiettivi considerati
- identificazione di linee d'azione e *idee* di assetto del fiume (alternative di SD), in particolare per la sua riqualificazione, sistematizzando le principali idee progettuali e pianificatorie esistenti sul corso d'acqua e ipotizzandone di nuove
- identificazione degli *stakeholder* per l'avvio del processo di partecipazione che dovrebbe accompagnare lo SD (nella fase 2)
- definizione dello schema concettuale entro il quale effettuare la valutazione multicriterio delle diverse alternative ipotizzabili, ed effettuazione di una prima valutazione *qualitativa* sulla base delle informazioni esistenti così da selezionare quella "ottimale", che diviene lo SD

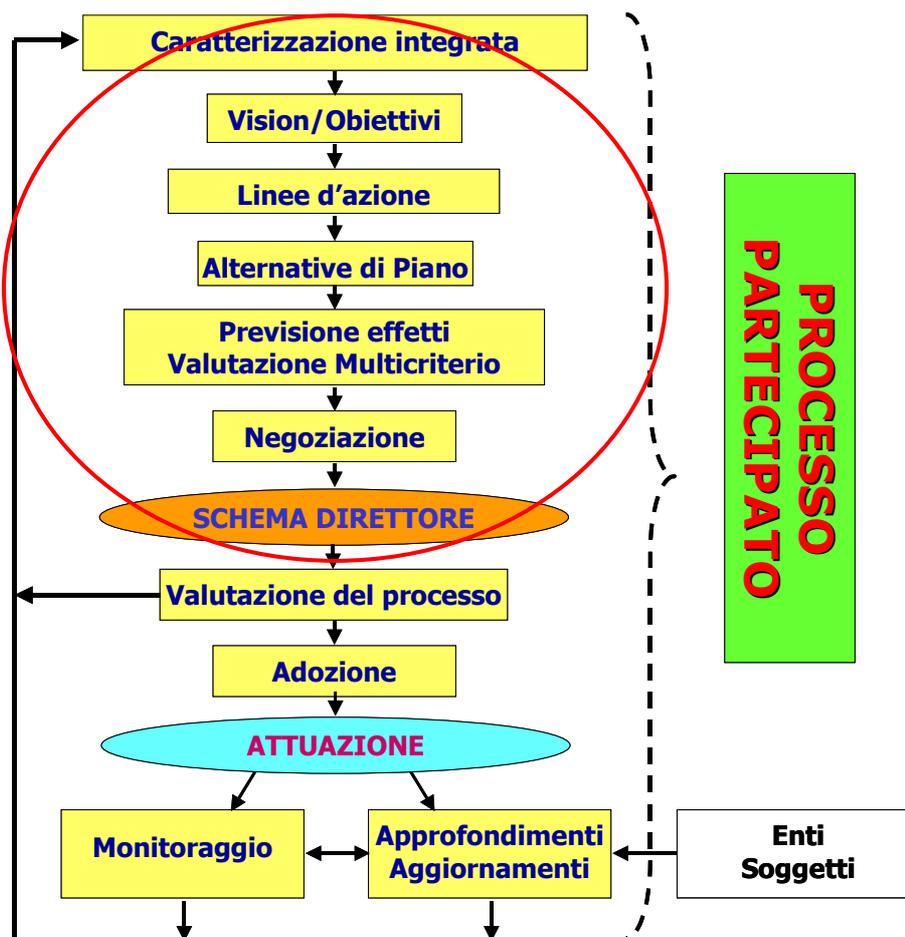


Figura 1 – Passi chiave per la predisposizione di un Piano territoriale partecipato; cerchiati in rosso sono indicati i passi chiave che sono stati sviluppati nell'ambito dello Schema Direttore Fluviale (SD) "Reno Vivo"

Nell'ambito del presente lavoro, lo SD è stato delineato a livello di massima e potrà essere integrato, modificato, dettagliato e completato mediante una *fase 2* che esula da tale proposta (Figura 2), dove potranno essere eseguiti gli studi e gli approfondimenti necessari per giungere ad una versione definitiva (analisi geomorfologiche ed ecologiche sul campo, modellizzazioni idrauliche specifiche, ecc.) e un processo partecipato che accompagna le scelte.

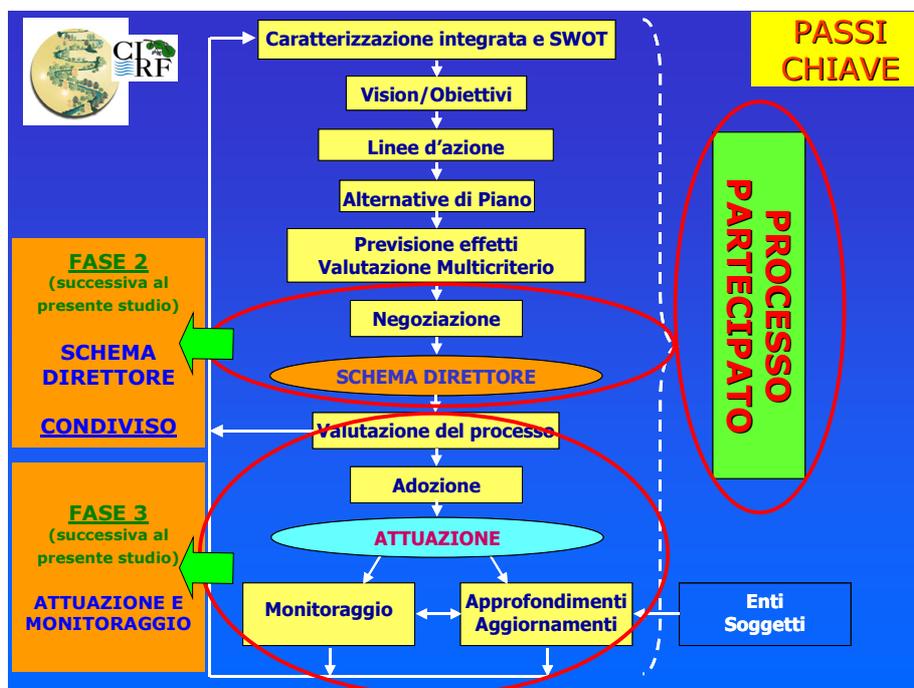


Figura 2 - Passi chiave per la predisposizione di un Piano territoriale partecipato; cerchiati in rosso sono indicati i passi chiave che dovranno essere sviluppati successivamente al presente studio per ottenere uno Schema Direttore condiviso

(a) Caratterizzazione integrata preliminare e individuazione di problemi e opportunità

La caratterizzazione integrata del tratto in studio è stata effettuata utilizzando lo schema concettuale (*albero dei valori*) denominato FLEA (FLuvial Ecosystem Assessment), sviluppato dal CIRF e presentato nel suo Manuale (si veda in bibliografia).

FLEA segue i principi ispiratori della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, che definisce l'impianto generale attorno al quale occorrerà sviluppare, alla sua adozione in Italia, la caratterizzazione integrata dei corsi d'acqua; si tratta di un metodo sperimentale e innovativo, che anticipa il recepimento della Direttiva e lo sviluppa in un'ottica maggiormente vocata alla pianificazione territoriale.

La Direttiva e FLEA descrivono lo stato dell'ecosistema fluviale sulla base dei seguenti attributi e li specificano mediante un articolato sistema di sotto-attributi:

- *Qualità chimico-fisica*
- *Qualità biologica*
- *Qualità idromorfologica*

Il risultato finale della caratterizzazione è espresso tramite un sistema di indici che misura lo scostamento da uno stato di riferimento (definito in via preliminare per la situazione in esame, in attesa delle disposizioni

ministeriali per l'applicazione della Direttiva) per ognuno degli attributi considerati; i risultati dell'applicazione degli indici vengono poi rappresentati mediante apposite mappe di qualità.

La caratterizzazione integrata è stata realizzata analizzando e sistematizzando il quadro conoscitivo attuale, così da poter utilizzare le informazioni contenute nei numerosi studi e piani esistenti per il calcolo degli indici di FLEA. Se si escludono le specifiche attività legate al rimodellamento dell'area di ex cava, infatti, per la costruzione dello SD non sono previste attività specifiche di ricerca e analisi di campo.

Una caratterizzazione così realizzata è da considerarsi di tipo preliminare, in quanto sfrutta la sola informazione esistente per stabilire lo stato delle diverse componenti dell'ecosistema fluviale, adottando, quando possibile e necessario, indici di tipo "proxy" (che misurano altri attributi per fornire indicazioni indirette sull'attributo indagato di cui non si hanno sufficienti informazioni) per sopperire ai dati mancanti.

Il grado di approfondimento raggiunto dalla caratterizzazione si ritiene sufficiente per fornire indirizzi a livello pianificatorio (linee d'azione), senza però scendere a livello di indicazioni di valenza progettuale; sarà infatti la fase 2 dello SD, o i futuri progetti nel tratto in oggetto, a dover colmare le lacune informative evidenziate dalla caratterizzazione preliminare, mediante la realizzazione di apposite analisi e studi, utilizzando lo schema concettuale impostato dallo SD come guida.

Oltre alle conoscenze relative all'ecosistema, lo SD ha preso in considerazione le principali problematiche/opportunità che investono il tratto interessato, relativamente in particolare al rischio idraulico, agli usi economico-produttivi dell'acqua e alle necessità di fruizione, utilizzando a tal fine la base informativa presente nei piani territoriali (PAI, PTCP, PSC, ecc.).

(b) Definizione preliminare della vision e degli obiettivi dello SD

Una volta identificate le problematiche/opportunità del tratto di Reno in studio, lo SD ha identificato la *vision* verso la quale ci si intende muovere, ovvero un'*immagine obiettivo* che sintetizza (a parole e mediante elaborazioni grafiche) come ci si immagina il futuro del territorio, ed in particolare del fiume, una volta attuate le azioni dello SD, fornendo così un messaggio chiaro ed esplicito della direzione verso cui tendere.

(c) Identificazione delle linee d'azione

Sulla base degli obiettivi stabiliti per lo SD, si sono ipotizzate le linee d'azione da seguire, che sono state utilizzate in modo differenziato per la definizione delle diverse ipotesi alternative di SD (si veda di seguito).

(d) Identificazione di ipotesi alternative di Schema Direttore

Sulla base dei problemi evidenziati dalla caratterizzazione integrata e dall'analisi problemi/opportunità e degli obiettivi che ne conseguono, sono state individuate alternative base di assetto del fiume, che cercano di soddisfare a diversi livelli la necessità di una sua riqualificazione ecologica con gli interessi di tipo antropico; si è a tal fine partiti dalle principali idee progettuali e pianificatorie esistenti sul corso d'acqua per poi ipotizzarne di nuove, seguendo il già citato approccio della riqualificazione fluviale e delle linee d'azione che ne conseguono, così da individuare l'alternativa che meglio soddisfa tutti gli obiettivi, che diviene così la prima ipotesi di SD da portare al vaglio di Enti e portatori di interesse nell'ambito di un processo partecipato.

Le ALTERNATIVE ipotizzate sono costituite da un insieme di LINEE D'AZIONE applicate a determinate porzioni di territorio e si traducono graficamente in una ZONIZZAZIONE dello stesso; non sono invece state localizzate e dimensionate azioni specifiche, per le quali sono necessari gli approfondimenti già citati ad inizio paragrafo, possibili solo in una fase 2 del lavoro che esula dal presente studio.

(e) Definizione dello schema concettuale per la valutazione multicriterio, effettuazione di una valutazione qualitativa preliminare e scelta dell'alternativa "Schema Direttore Reno Vivo"

La valutazione comparata delle Alternative è stata realizzata definendo innanzitutto i *criteri di valutazione* e realizzando poi una *matrice di valutazione* ove le diverse Alternative sono state messe in relazione ai criteri-obiettivi che occorre raggiungere.

Tale fase implicherebbe la stima degli effetti di ogni alternativa sul sistema territoriale (ad esempio, stima degli effetti sulla qualità dell'acqua delle azioni 1 e 2; stima degli effetti idraulici dell'area di laminazione y; ecc.); i tempi ed i costi necessari per effettuare tali simulazioni non sono compatibili con il presente studio, per cui si è provveduto ad eseguire la valutazione in modo qualitativo, mediante *giudizio esperto* da parte del gruppo di lavoro e tenendo conto dei risultati di analoghi progetti di riqualificazione svolti a livello internazionale, così da fornire un'indicazione tendenziale del grado di miglioramento ottenibile per i principali criteri di valutazione utilizzati, indicazione che occorrerà poi confermare e quantificare nell'ambito della successiva applicazione di tipo progettuale del metodo.

Una valutazione realizzata in tal modo è da considerarsi preliminare, ma non per questo inutile, in quanto permette di effettuare delle scelte in modo trasparente e ripercorribile, sulla base di limiti dichiarati (l'informazione esistente); d'altra parte, l'attendere di avere a disposizione tutte le informazioni auspicabili per decidere, comporterebbe la paralisi sino a quel momento.

(f) Identificazione degli stakeholder

Il problema che si dovrà affrontare in un'eventuale fase 2 sarà quello di confrontare tra loro le alternative ora ipotizzate, o altre che nasceranno in futuro, individuando i vantaggi e gli svantaggi che ognuna di esse comporterebbe se attuata o, in altre parole, verificare quanto ognuna di queste raggiunga gli obiettivi prefissati e aumenti (o diminuisca) il grado di soddisfazione dei diversi portatori di interesse.

Il processo di valutazione multicriterio delle alternative qui impostato costituisce quindi una base concettuale utile anche in futuro per modifiche, integrazioni o ulteriori specificazioni dello SD.

SISTEMATIZZAZIONE DATI E STUDI ESISTENTI

3 Sistematizzazione dei dati e degli studi esistenti

La metodologia mediante la quale si è svolta la caratterizzazione integrata è basata in modo prevalente sull'utilizzo e la rielaborazione di dati e studi esistenti; allo stesso modo, anche la definizione delle linee d'azione tiene conto dei principali piani, studi e progetti già attivi o in procinto di essere avviati.

Si è perciò provveduto grazie al fondamentale contributo degli Enti coinvolti a creare un database delle informazioni disponibili (si veda in Appendice, Cap. 21), suddivise per tipologia (piani e studi) e per comparto o argomento (inquadramento generale, qualità biologica, qualità dell'acqua, rischio idraulico, geomorfologia, fruizione): tale documento deve essere considerato come uno strumento da aggiornare in modo continuo, potendo così recepire nuove indicazioni da parte degli Enti e dei portatori di interesse coinvolti e valorizzando le conoscenze sia di natura locale che sovraordinata, che possono non essere ancora note o catalogate.

CARATTERIZZAZIONE INTEGRATA PRELIMINARE E INDIVIDUAZIONE DI PROBLEMI E OPPORTUNITÀ

4 Approccio metodologico generale

4.1 Caratterizzazione integrata dell'ecosistema fluviale

Le fasi generali previste dalla metodologia, descritte dettagliatamente nel seguito del paragrafo, sono:

- 1) Definizione dell'albero dei valori (gerarchia di attributi) che consiste nella scelta degli attributi e degli indicatori utili per descrivere, nello specifico problema pianificatorio/decisionale, il *valore dell'ecosistema fluviale* in funzione del suo stato (ovvero dal valore assunto dalle variabili chiave scelte per descriverne lo stato)³, misurato o simulato. Più precisamente, ma schematicamente, i passi sono i seguenti:
 - scelta di *attributi* rilevanti per descrivere lo stato dell'ecosistema fluviale, sintetizzati in un *albero dei valori* (si veda l'esempio di Figura 5, dove sono indicati solo gli attributi di livello superiore, e Figura 6, Figura 7 e Figura 8 per gli attributi di livello inferiore);
 - definizione di un *indicatore* per descrivere matematicamente ogni attributo (ai fini della *misura di stato*);
 - definizione di uno *stato di riferimento* per ogni indicatore e per ogni eventuale tipologia fluviale assunta dal fiume, che individua il "valore migliore" che ogni indicatore può assumere
- 2) Costruzione dell'indice dell'ecosistema: si tratta di aggregare in un unico indice i diversi indicatori selezionati; per questa sintesi si utilizza lo strumento matematico denominato Funzione Valore (si veda in proposito l'Appendice – Cap. 18).
 - per ogni indicatore: discretizzazione del corso d'acqua in *tronchi* omogenei (generalmente diversi da indicatore a indicatore);
 - per ogni indicatore: definizione di *indici di valutazione (di vicinanza)* che valutano appunto la vicinanza tra stato attuale e stato di riferimento per quell'indicatore; questa operazione contiene inevitabilmente un giudizio di valore soggettivo, ma esplicito, espresso da esperti (valore indice = 1 significa coincidenza tra stato attuale e di riferimento; valori inferiori segnalano un allontanamento dallo stato di riferimento che, nel caso peggiore, conduce al valore 0) (NOTA: tale passo è svolto matematicamente mediante l'utilizzo di Funzioni Valore scalari – si veda l'Appendice – Cap. 18)
 - successiva discretizzazione in *tratti* omogenei, ottenuti dall'intersezione di tutti i tronchi, validi per tutti gli indici di valutazione;
 - costruzione e applicazione di un sistema di *aggregazione* degli indici di valutazione (nella maggior parte dei casi si tratta in pratica di somme pesate) per ogni *tratto* di corso d'acqua capace di fornire *indici di sintesi*, sia a livello settoriale (es. sub-indice *vegetazione*) che complessivo (indice *Stato ecologico*) (NOTA: tale passo è svolto matematicamente mediante l'utilizzo di Funzioni Valore multi-attributo – si veda l'Appendice – Cap. 18).

La metodologia adottata nell'applicazione pilota al caso del Reno, coerente con la metodologia generale qui descritta, ma contenente anche elementi e soluzioni specifici, legati al contesto e allo stato delle conoscenze nell'area in esame, viene approfonditamente descritta, insieme ai risultati conseguiti, nei Capitoli 5 (Applicazione al Reno) e 6 (Risultati ottenuti).

³ Merita qui sottolineare la differenza tra "stato" e "valore" dell'ecosistema: il primo non contiene in sé un giudizio; il secondo invece viene attribuito proprio tramite un giudizio; l'albero dei valori vuole permettere di misurare il secondo; i singoli attributi foglia caratterizzano invece lo stato.

4.1.1 Definizione dell'albero dei valori

4.1.1.1 Criteri adottati per la definizione dell'albero dei valori

Questa fase prevede la scelta di una struttura gerarchica di attributi che rappresentino il valore dell'ecosistema fluviale. Ogni attributo può essere rappresentato da una serie di altri attributi organizzati in un albero di livello inferiore, fino ad arrivare ai cosiddetti "attributi-foglia", misurabili tramite opportuni indicatori, ad esempio la concentrazione di determinati contaminanti nell'acqua, il numero di specie, l'abbondanza di individui, il grado di autoctonia, ecc. (si veda come esempio l'albero dei valori di FLEA - Figura 3).

Gli attributi, ed i relativi indicatori, che compongono l'albero, devono rispettare i seguenti criteri:

- essere concettualmente soddisfacenti per descrivere il valore/stato dell'ecosistema fluviale in modo scientificamente corretto; devono cioè esprimere e interpretare chiaramente (e coerentemente con le attuali conoscenze scientifiche) strutture e processi dell'ecosistema; quando possibile si dovrebbero utilizzare indicatori ed indici già validati dalla comunità scientifica internazionale e già ampiamente utilizzati; va poi sottolineato che il nostro obiettivo non è di cercare bioindicatori⁴ per risalire a "che cosa sta impattando questo fiume", bensì dire "come sta questo ecosistema", dal punto di vista del suo valore di *esistenza e filantropico*;
- essere il più possibile coerenti con quanto richiesto dalla Direttiva Quadro (per quanto consentito dal suo stato di attuazione, ancora molto ridotto);
- richiedere il minimo possibile in termini di dati da acquisire (pregressi e primari, cioè rilevati esplicitamente in campo), ovvero garantire la massima efficienza dell'informazione;
- devono esistere dati disponibili per valutarli nello stato attuale;
- deve essere possibile definirne lo stato di riferimento;
- deve essere possibile effettuare una predizione (anche solo qualitativa) in base alle alternative pianificatorie/gestionali considerate;
- essere il più possibile rappresentabili, cioè comprensibili anche ai non esperti (che devono riuscire a capire perché una determinata situazione sia meglio di un'altra). A tal fine, andrebbe formulato un apposito questionario per verificare la comprensibilità dell'albero dei valori da parte dei "non-esperti" (in particolare dei portatori d'interesse coinvolti nello studio).

La definizione dell'albero è tipicamente un processo iterativo, perché va aggiustata in base alle risposte ottenute dai portatori di interesse e ai dati disponibili.

Prima di addentrarci nella descrizione dell'albero, è utile chiarire perché cerchiamo di costruire un nuovo indice invece di utilizzarne uno di letteratura. La risposta è, molto semplicemente, che un indice utilizzabile per il nostro scopo, capace di considerare tutti gli aspetti...non esiste.

Per esempio (ma se ne potrebbero citare molti altri) l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF):

- non è concepito come vicinanza allo *stato di riferimento*: può dire che un fiume è in cattivo stato perché "ha scarsa funzionalità", anche se perfettamente naturale (ma naturalmente a bassa funzionalità); non soddisfa la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, che richiede il confronto con lo stato di riferimento
- non comprende alcuni attributi chiave: qualità dell'acqua, regime idrico, fauna ittica, ...

⁴ Organismi particolarmente sensibili (es. macroinvertebrati) che permettono lo studio di una modificazione ambientale, tipicamente l'inquinamento delle acque, poiché oltre una certa soglia di date variabili ambientali, ad esempio in presenza di determinate concentrazioni di inquinanti, subiscono variazioni evidenti e rilevabili del loro stato naturale (modificazioni morfologiche e/o fisiologiche o danni genetici)

- non è esplicito: non usa indicatori oggettivi, ma un sistema di punteggi poco trasparente e replicabile
- non è modellizzabile (automaticamente calcolabile in funzione dei fattori causali)

Questa brevissima disanima non significa ovviamente che l'IFF sia un cattivo indice, ma solo che non è adatto al nostro scopo.

Ciò detto, va chiarito che ogni qualvolta si possa utilizzare un indice esistente, per una qualche componente dell'albero generale, certamente vale la pena di farlo.

4.1.1.2 *Scelta degli attributi e degli indicatori: possibile albero dei valori per l'ecosistema fluviale*

L'albero dei valori adottato per la caratterizzazione dell'ecosistema fluviale del Reno, origina da quanto sviluppato nel progetto STRARIFLU⁵ e ne costituisce un'ulteriore evoluzione, denominata FLEA (Fluvial Ecosystem Assessment – CIRF, 2006).

Rispetto a STRARIFLU, FLEA segue infatti in modo più puntuale e approfondito i dettami della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, che definisce l'impianto generale attorno al quale occorrerà sviluppare, alla sua adozione in Italia, la caratterizzazione integrata dei corsi d'acqua; l'impianto logico adottato in STRARIFLU era invece stato sviluppato per rispondere alla specifica esigenza operativa del Piano di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia, seppur già nell'ottica di una futura implementazione della suddetta Direttiva.

La Direttiva e FLEA prendono in considerazione l'ecosistema fluviale sulla base dei seguenti tre macro-attributi e le specificano mediante un articolato sistema di indicatori e indici:

- *Qualità chimico-fisica*
- *Qualità biologica*
- *Qualità idromorfologica*

La Figura 3 mostra questi primi tre attributi e quelli di livello inferiore utilizzati per dettargli, sino ad arrivare alle “foglie” dell'albero (gli ultimi attributi) e, nell'ultima colonna di destra, ad alcuni dei possibili indicatori atti a misurarli; per una descrizione degli attributi e degli indicatori utilizzati nel presente lavoro si vedano i relativi paragrafi (da Par. 5.1.1 a Par. 5.1.10), mentre per una descrizione più generale di FLEA si veda CIRF (2006).

⁵ STRARIFLU (“STRAtegia di RIqualificazione FLUviale”) è un progetto sviluppato nell'ambito del Piano di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia (allegato 13)

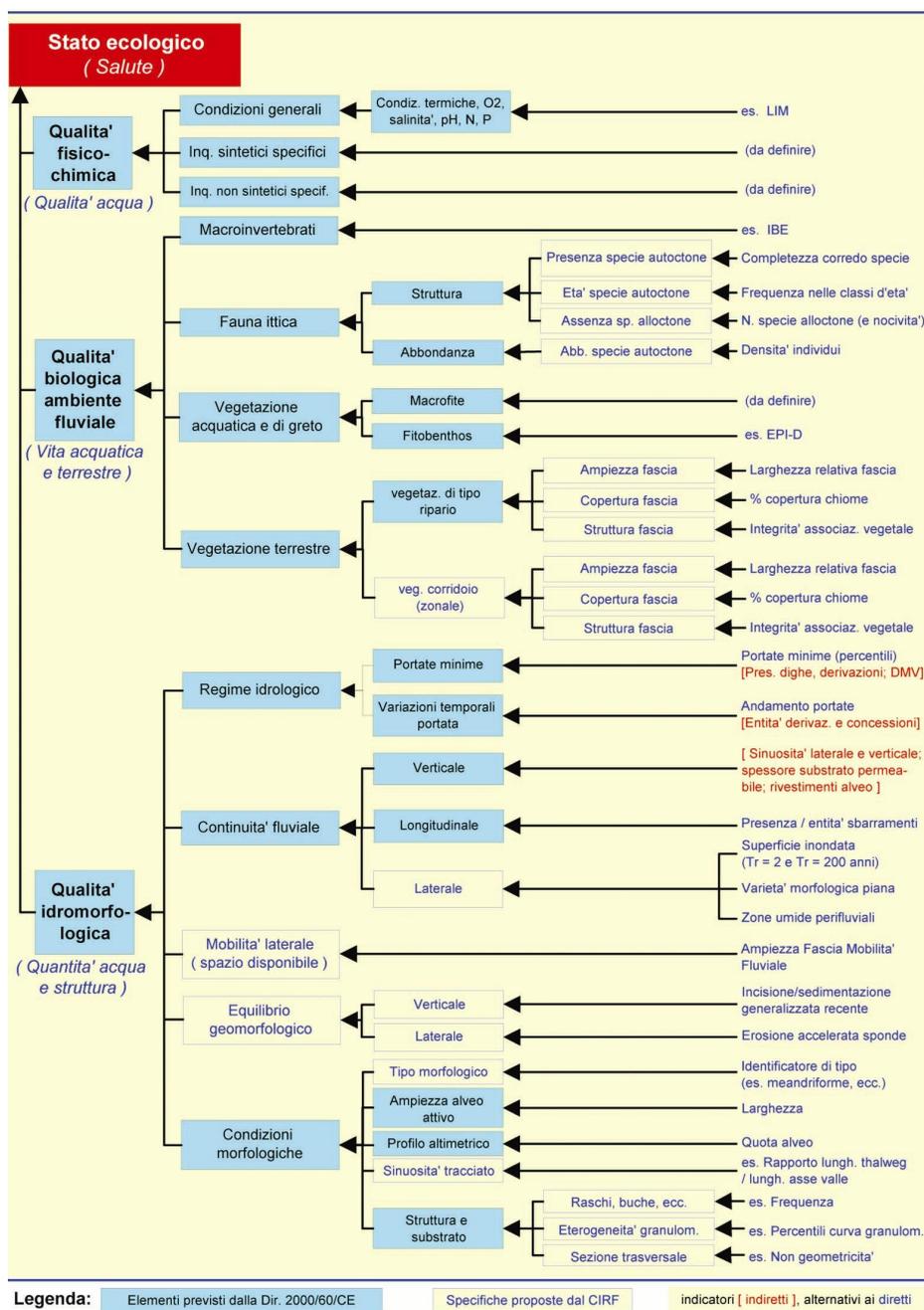


Figura 3 - L'albero dei valori che costituisce l'anima della metodologia Fluvial Ecosystem Assessment (FLEA), proposta dal CIRF (CIRF, 2006) per valutare lo stato degli ecosistemi fluviali

4.1.1.3 Stato di riferimento

Coerentemente con l'approccio della Direttiva Quadro, lo stato delle diverse componenti dell'ecosistema fluviale viene valutato in base allo scostamento rispetto allo stato di riferimento relativo allo specifico tratto di corso d'acqua, ovvero alla tipologia a cui il corso d'acqua appartiene.

Lo stato di riferimento può essere definito tramite le seguenti linee complementari:

- approccio statistico/sperimentale: rilevare lo stato di corsi d'acqua simili (della medesima tipologia) poco o per nulla alterati da attività antropiche, e adottarne il valor medio quale stato di riferimento (questo approccio essenzialmente statistico è stato ampiamente adottato in particolare in Gran Bretagna, grazie a una base di dati estremamente ampia);
- approccio basato sulla conoscenza dei processi dell'ecosistema: “si sa” (letteratura, studi specifici, parere degli esperti di settore) che una data condizione/specie/popolazione si può trovare in una dato ambiente (ovvero in una data ecoregione e tipologia fluviale); in realtà questo approccio è frutto di un'extrapolazione, anche se meno formalizzata, su un set di dati simile a quello usato nel metodo precedente, ma più ampio.
- indagine storica: si ricostruiscono le condizioni precedenti alle alterazioni antropiche basandosi su documenti di archivio (es. naturalisti ottocenteschi, mappe topografiche antiche, ecc.) o inchieste presso residenti, esperti di settore, fruitori di lunga data (per esempio i pescatori più anziani)

L'applicazione di ognuno di questi metodi si scontra comunque con diversi problemi, molti dei quali ancora oggetto di dibattito da parte della comunità scientifica europea nell'ambito del processo di applicazione della Direttiva Quadro:

- è difficile trovare corsi d'acqua e/o siti “inalterati” per utilizzarne i dati sperimentali;
- in generale, mancano i dati che vorremmo per calcolare gli indicatori nei siti e nel tempo desiderati;
- come stabilire che un corso d'acqua è (sufficientemente) “simile” ad un altro (problema della classificazione tipologica)?
- è difficile stabilire “quando” si può etichettare lo stato dell'ecosistema come “inalterato” (prima della rivoluzione industriale? nel medioevo? prima dei massicci interventi sul territorio da parte dei romani?)
- supponendo di riuscirci: nelle tipiche situazioni riscontrabili in Italia qualsiasi indice di “salute” (=vicinanza allo stato di riferimento) sarebbe probabilmente molto “schiacciato” (valori molto bassi e molto poco sensibili alle nostre azioni gestionali), perché in generale oggi i corsi d'acqua sono molto lontani dallo stato inalterato e per un insieme di cause, alcune delle quali diverse da quelle esplicitamente tenute in conto nel problema di pianificazione/gestione.

4.1.2 Costruzione dell'indice relativo al valore dell'ecosistema fluviale

Questa fase consiste nel sintetizzare in un unico indice i diversi indicatori selezionati nell'applicazione in esame.

4.1.2.1 Discretizzare il corso d'acqua in tronchi omogenei

Ogni singolo indicatore non viene generalmente calcolato/misurato per l'intera asta fluviale, ma per tronchi⁶, con una partizione che può anche essere diversa per ogni indicatore o gruppo di indicatori.

⁶ Nel caso in cui l'albero dei valori preveda indicatori di carattere territoriale distribuito nel bacino (superficie forestata, frazione di territorio con un determinato uso del suolo, ecc.) la suddivisione può essere effettuata per aree (poligoni) omogenee, invece che per tronchi.

Ai fini della caratterizzazione la suddivisione dipende in pratica dalla struttura dell'indicatore stesso e/o dalla densità delle stazioni di misura (si pensi ad esempio al calcolo del LIM).

L'informazione originale necessaria per determinare il valore di alcuni indicatori relativi al corso principale del fiume può comunque essere di tipo fisico-morfologico distribuito (es. spazio in cui il fiume può divagare, ampiezza fascia vegetata, presenza di sbarramenti che interrompono la continuità longitudinale), ottenibile da foto aeree, mappe, con ausilio di un GIS, ecc. Tuttavia, una volta elaborata questa informazione, l'indicatore va definito per ogni tronco.

4.1.2.2 Definizione degli indici di valutazione: la Funzione Valore scalare

Lo stato del corso d'acqua è misurato dal sistema di indicatori scelti.

Per esprimere un giudizio di bontà o meno di tale stato occorre confrontare il valore di ogni indicatore con il corrispondente valore assunto nello *stato di riferimento*. Occorre, in altre parole, misurare la vicinanza tra lo stato in esame (reale misurato, oppure simulato) e lo stato di riferimento e associarvi un esplicito giudizio di valore. Quest'ultimo è rappresentabile matematicamente, come spiegato in seguito, tramite una Funzione Valore (FV). Occorre in sostanza esprimere il concetto che quando lo stato attuale/stimato coincide con quello di riferimento, la "soddisfazione" per l'ecosistema è massima, mentre diminuisce spostandosene. La FV ha proprio l'obiettivo di rappresentare come varia la "soddisfazione" associata al variare del valore assunto dall'indicatore.

In quale passo della procedura va formalizzata l'informazione relativa alla "vicinanza" rispetto allo stato di riferimento?

Esistono diverse possibilità, ognuna con relativi pro e contro; in particolare le seguenti:

- può essere formalizzata in un passo ad hoc, definendo per ogni indicatore (di solito corrispondente al valore di una data variabile di stato) un corrispondente "indice di vicinanza" (o scostamento) rispetto allo stato di riferimento⁷; la FV viene poi costruita in funzione di questo indice di scostamento;
- può essere integrata nella definizione stessa dell'indicatore, già espresso come "distanza" del valore di una data variabile di stato rispetto al valore assunto nello stato di riferimento;
- può essere integrata nella costruzione della Funzione Valore, in cui la soddisfazione massima si avrà per valori della variabile di stato corrispondenti a quelli assunti nello stato di riferimento.

Semplificando molto, l'opzione b ha il vantaggio di consentire una maggior generalità (flessibilità) nella formulazione, permettendo di costruire una sola Funzione Valore, valida indipendentemente dal valore assunto nello stato di riferimento; l'opzione a, se da un lato è quella che più appesantisce la procedura, imponendo un passo intermedio (con relative formalizzazioni) è quella con maggior valore "didattico", consentendo di suddividere più chiaramente, in particolare nell'ambito di un processo partecipativo/negoziale, la fase di "descrizione/simulazione dello stato del sistema" da quella della "attribuzione di un giudizio di valore a un dato stato"; l'opzione c mantiene il vantaggio di suddividere chiaramente le due fasi, seppur implicando la costruzione di una diversa FV in corrispondenza di ogni tratto in cui vari lo stato di riferimento, o, in alternativa, la costruzione di una FV di tipo parametrico.

In questa applicazione al Reno è stato adottato l'approccio c.

⁷ Numerose sono le forme adottabili. Ad esempio, denotando con $i(A_k)$ il valore del generico indicatore (corrispondente all'alternativa k), con i^R il valore assunto nello stato di riferimento e con $I(A_k)$ l'indice di vicinanza:

$$I(A_k) = i^R - i(A_k);$$

oppure (per $i^R \neq 0$):

$$I(A_k) = i(A_k) / i^R;$$

oppure (per $i^* \neq i^R$ e con $|x|$ = valore assoluto di x e i^* estremo superiore -o inferiore, a seconda dei casi- della scala):

$$I(A_k) = i(A_k) - i^R / |i^* - i^R|$$

NOTA: coerenza interna

Ogni valore numerico di un *indice di valutazione* corrisponde a una particolare situazione descritta dai valori degli indicatori considerati. A questa situazione è associato un particolare grado di soddisfazione. E' del tutto possibile che situazioni diverse abbiano lo stesso valore numerico associato. Questo però deve implicare che il gruppo di interesse impattato le giudichi indifferenti in termini di soddisfazione. Inoltre, se la situazione A è preferita alla situazione B, allora il valore numerico dell'*indice* deve essere maggiore per la situazione A che per la B. Un *indice* per il quale ciò si verifica per tutte le possibili situazioni è qui denominato "internamente coerente". Perché sia rispettata questa condizione, la struttura matematica di un *indice di valutazione* deve essere quella di una Funzione Valore⁸ (si veda l'Appendice – Cap. 18).

NOTA: struttura della FV

La struttura della FV non è fissabile a priori una volta per tutte, ma una forma sufficientemente flessibile è la "additivo-moltiplicativa" (che comprende la classica additiva). La pesatura e le soglie dipendono dal particolare problema considerato (fiume, scala spaziale, alternative). In ogni caso, l'indice è una relazione matematica statica che, dato il valore di alcune delle variabili del sistema, fornisce il valore numerico di una cifra di merito.

4.1.2.3 *Discretizzazione in tratti omogenei per tutti gli indici di valutazione*

Per poter aggregare indicatori (o sub-indici) definiti su partizioni diverse del corso d'acqua (tronchi) in un indice di ordine superiore, occorre individuare prima di tutto una partizione comune (intersezione degli insiemi di tronchi - Figura 4), che possiamo definire, per distinguerli dai precedenti, "tratti", e, per ogni indicatore, assegnare il valore corrispondente ad ogni tratto (ovvero quel valore corrispondente al tronco di cui il tratto in questione fa parte).

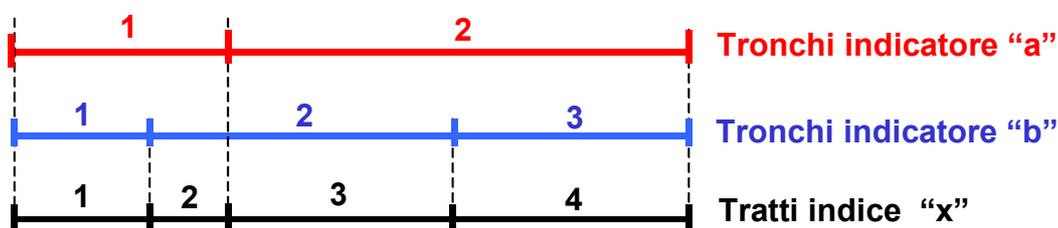


Figura 4 – Individuazione dei "tratti" mediante intersezione dei "tronchi"

L'individuazione dei tratti è possibile solo quando siano definiti tutti i tronchi relativi ai singoli indicatori.

4.1.2.4 *Sistema di aggregazione degli indici di valutazione: l'aggregazione tra indicatori e tra sub-indici*

Una volta determinati i valori degli indicatori per ogni tronco ed attribuito il valore pertinente per ogni tratto, è possibile definire, per ogni tratto di corso d'acqua, un *indice di sintesi* relativo all'*ecosistema fluviale* nel suo complesso; per realizzare ciò occorre, per ogni tratto:

⁸ Keeney and Raiffa [1976]; si veda anche Beinat [1997] per una rassegna bibliografica e interessanti contributi, e Beinat et al. [1994] per un buon esempio di applicazione.

- a. aggregare gli indicatori associati ad un dato attributo foglia (es. *vegetazione fascia riparia e vegetazione di corridoio*) ottenendo un sub-indice settoriale (es. sub-indice *vegetazione terrestre*);
- b. aggregare i sub-indici settoriali risalendo i diversi livelli dell'albero, sino ad ottenere l'indice complessivo *indice Stato ecologico*

Può anche rendersi necessario, come fase intermedia, effettuare un'aggregazione micro-temporale, nel caso in cui alcuni indicatori siano definiti con un passo temporale più fitto rispetto all'indice (es.: minimo valore di concentrazione del parametro x nell'acqua per ogni mese, minima portata in alveo stagionale, ecc.) è necessario aggregarli (questa operazione può essere inclusa nella formalizzazione dell'indicatore stesso, già definito, ad esempio, come "media annuale dei minimi stagionali...ecc.").

Infine, può essere effettuata un'aggregazione spaziale: l'indice ottenuto, settoriale o complessivo, relativo a un dato tratto, può essere aggregato sui vari tratti in cui il sistema fisico è stato suddiviso (ad esempio, per ottenere il valore del sub-indice *vegetazione terrestre* o di quello complessivo *Stato ecologico* sull'intero corso d'acqua): anche questa aggregazione deve rispettare il criterio di coerenza interna, ma può essere sensatamente una media pesata sulla dimensione spaziale (forma additiva con pesi proporzionali alla lunghezza dei tratti)

L'aggregazione descritta ai punti a e b consente di condensare in un unico indice l'informazione proveniente da più attributi, associandovi un giudizio di importanza relativa. La procedura da seguire ad ogni passo è, in linea generale, quella per la costruzione di una FV multi-attributo, descritta in Appendice – Cap. 18.

4.2 Caratterizzazione del rischio idraulico e idromorfologico

A rigore la valutazione delle condizioni di rischio idraulico in un dato territorio prevede che venga calcolato il *valore atteso*, in un tempo prestabilito, del danno associato ai possibili eventi di piena. È cioè necessario sommare la probabilità di ogni evento per il corrispondente danno associato, per tutti gli eventi possibili (nello specifico, per tutte le portate da zero a infinito). Analogo approccio si potrebbe adottare per il rischio legato all'evoluzione morfologica del corso d'acqua, tenendo conto, nell'integrazione, del suo stato variabile nel tempo. Questa formulazione è spesso presentata in una forma semplificata, che definisce il rischio (R) come prodotto tra il danno potenziale (o valore potenzialmente a rischio) D, la vulnerabilità (o suscettibilità dell'elemento a rischio di subire danni per l'effetto dell'evento di inondazione) V e la pericolosità P (in pratica la probabilità di accadimento dell'evento calamitoso di riferimento, spesso espresso in termini qualitativi). In formule: $R = D \cdot V \cdot P$.

In realtà la maggior parte dei PAI non hanno come obiettivo dichiarato la minimizzazione del rischio⁹ definito come sopra, bensì quello di “mettere in sicurezza” il territorio per una piena di una data intensità; nel caso dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno e per il tratto di fiume considerato, tale piena corrisponde a tempi di ritorno di 200 anni dalla confluenza del Torrente Setta sino alla Chiusa di Casalecchio e di 100 anni dalla Chiusa sino all'inizio del tratto arginato, al termine del tratto di studio. L'Autorità ha inoltre cartografato le aree inondabili con tempi di ritorno di 30 anni a monte della Chiusa e di 25 a valle di essa sino al tratto arginato.

Nella presente applicazione si utilizzano direttamente i risultati e le cartografie prodotti dall'Autorità di Bacino nell'ambito del PAI (si veda Par. 10.4).

⁹ Un possibile obiettivo può essere quello di “minimizzare il rischio totale”, non solo per la portata con Tr 200 anni, ma anche per piene inferiori e superiori. Ma è ragionevole minimizzare il rischio a prescindere dai costi (conviene cioè spendere 100 per ridurre un rischio di 10?) o non conviene piuttosto “massimizzare il beneficio economico netto”? O addirittura porsi l'obiettivo di massimizzare solo la soddisfazione complessiva, considerando anche gli aspetti non economici? Interessanti considerazioni in questo senso sono sviluppate all'interno del capitolo “Rischio idraulico: approcci consolidati e prospettive offerte dalla riqualificazione”, in CIRF (2006), a cui si rimanda per approfondimenti. La razionalizzazione del problema lì descritta esula dal presente lavoro, ma viene tenuta presente come ragionamento generale a sottendere la fase di ideazione delle linee d'azione.

5 Applicazione al Fiume Reno

5.1 Caratterizzazione integrata dell'ecosistema fluviale

5.1.1 *Albero dei valori adottato*

Il punto di partenza per la definizione dell'albero dei valori per il fiume Reno è stato l'albero di FLEA (introdotto nel paragrafo 4.1.1), il cui utilizzo, una volta sviluppati tutti gli indicatori-foglia, consente una valutazione integrata che tiene in conto di tutti gli aspetti di rilievo per la valutazione dello stato dell'ecosistema fluviale, in base alle indicazioni della Direttiva Quadro sulle acque (2000/60/CE).

Nel caso specifico del Reno, tuttavia, rispetto all'insieme di attributi definiti in FLEA, sono stati adottati solo quelli misurabili sulla base delle informazioni disponibili (studi pregressi e basi di dati esistenti, senza effettuare indagini e raccolte di dati in campo supplementari). Per insufficienza di dati in alcuni settori, si è pertanto scelto di adottare l'albero semplificato illustrato in Figura 5.

Gli alberi relativi ai sub-indici *Qualità chimico-fisica*, *Qualità biologica* e *Qualità idromorfologica* sono mostrati rispettivamente in Figura 6, Figura 7 e Figura 8, tralasciando i rami di livello inferiore, ove eventualmente presenti, riportati nei paragrafi relativi ad ogni singolo sub-indice.

Le motivazioni che hanno portato ad utilizzare gli attributi di livello inferiore nei tre sub-indici "qualità" sono spiegate nei singoli paragrafi appena citati.

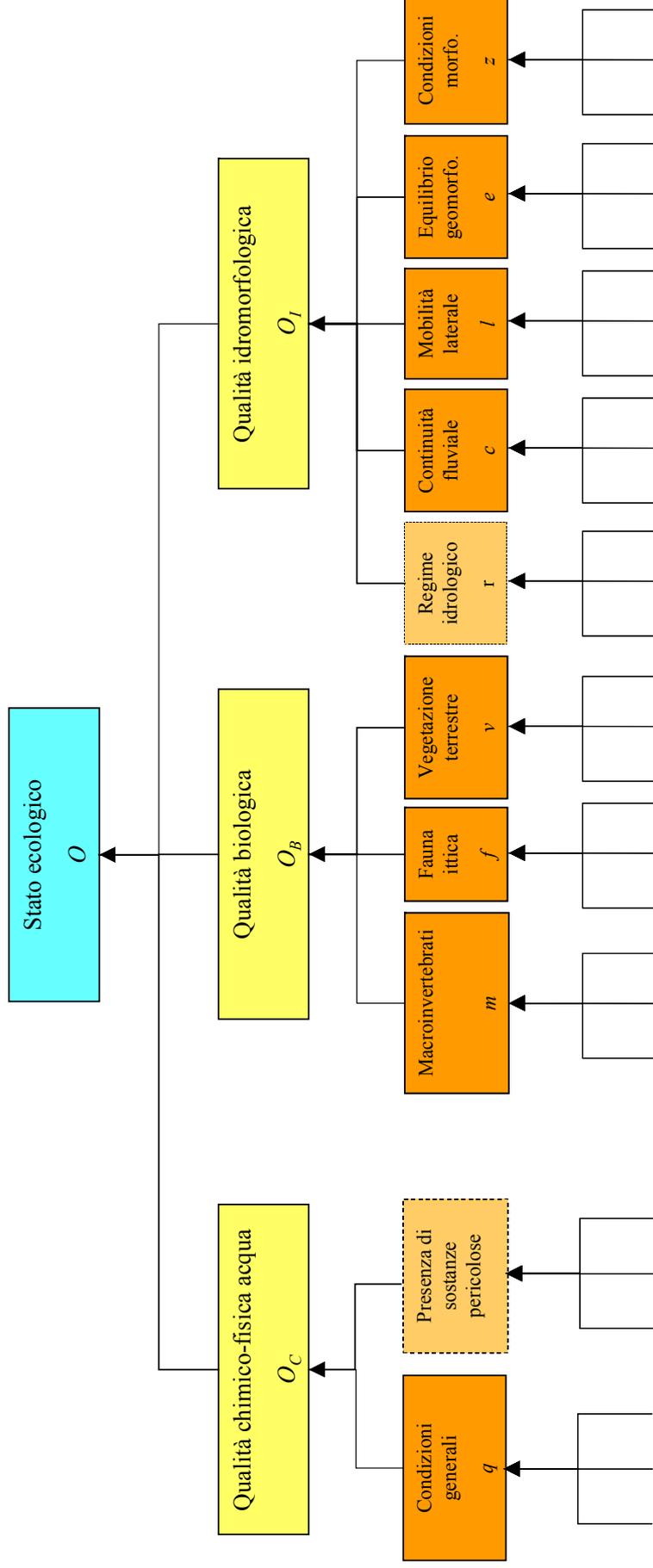
In particolare, rispetto a FLEA, è stato adottato il solo L.I.M. per rappresentare tramite indici la *qualità chimico-fisica dell'acqua*, utilizzando le informazioni sulle sostanze pericolose nel modo indicato all'interno del rispettivo paragrafo; è stato inoltre trascurato, relativamente alla *qualità biologica*, il ramo *vegetazione acquatica e di greto* per assenza di dati sistematici relativi al Reno sufficienti a determinarne lo stato attuale. Per quanto riguarda la *qualità idromorfologica*, è stata effettuata solo un'aggregazione parziale, che ha escluso il sub-indice *regime idrologico*, a causa della necessità di ulteriori approfondimenti sui dati a disposizione e sulla loro attendibilità che potrebbero portare ad una revisione dei calcoli preliminari effettuati per questo sub-indice.

Altre semplificazioni o variazioni a livelli più bassi dell'albero vengono descritte nei paragrafi relativi ai singoli sub-indici.

Ogni attributo e i relativi "sotto-alberi" vengono descritti separatamente nei paragrafi seguenti.

Per ognuno dei criteri di livello inferiore indicati in Figura 5 la trattazione è strutturata come segue:

- descrizione del relativo albero dei valori e spiegazione delle scelte effettuate;
- descrizione e formalizzazione dei singoli indicatori;
- definizione dello stato di riferimento;
- passaggio da indicatori a rispettivi indici di valutazione;
- aggregazione degli indicatori;
- suddivisione in tronchi per il calcolo degli indicatori;
- riepilogo dei dati utilizzati.



Ulteriori attributi

Figura 5 - Albero dei valori relativo all'indice "Stato ecologico" utilizzato per il Reno. Le lettere relative a tutti gli attributi si riferiscono agli indici di valutazione. Per gli ulteriori attributi foglia, si vedano gli alberi relativi a "Qualità chimico-fisica", "Qualità biologica" e "Qualità idromorfologica" ed i relativi alberi di livello inferiore. Gli attributi presenti nei riquadri tratteggiati non sono stati formalizzati e calcolati mediante indici ("presenza di sostanze pericolose") o l'indice ottenuto non gode di sufficiente affidabilità per essere aggregato insieme agli altri ("regime idrologico"), ma si è comunque provveduto a riportare in relazione i risultati delle analisi svolte dagli Enti preposti o le elaborazioni parziali effettuate.

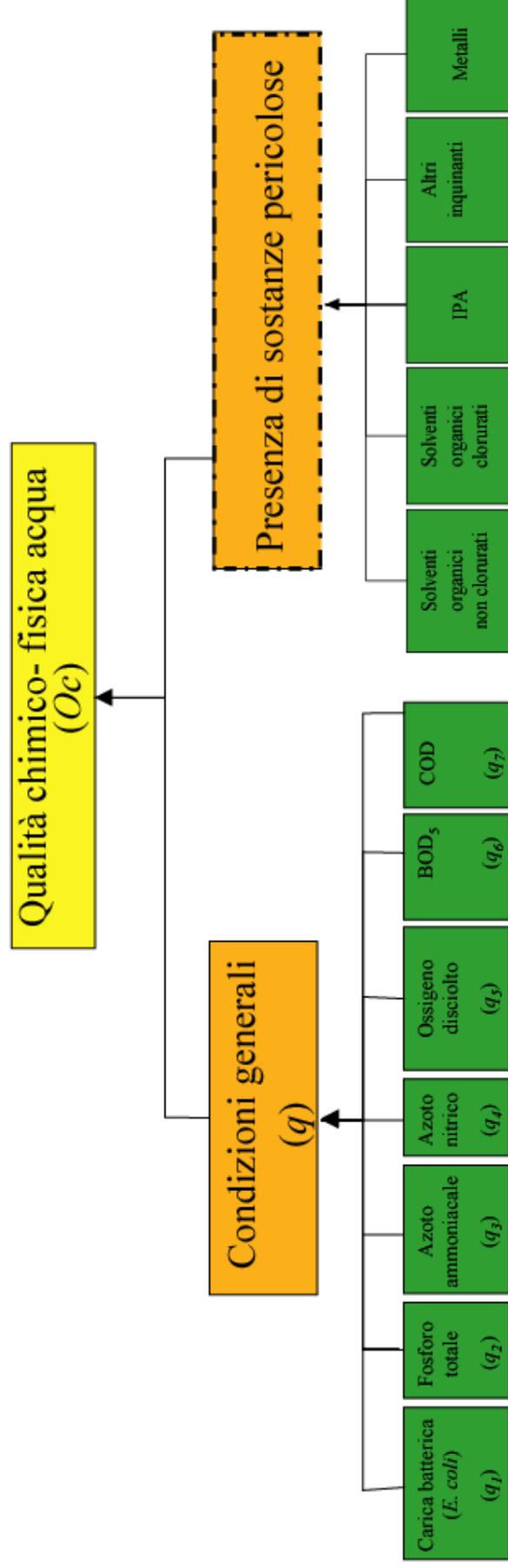
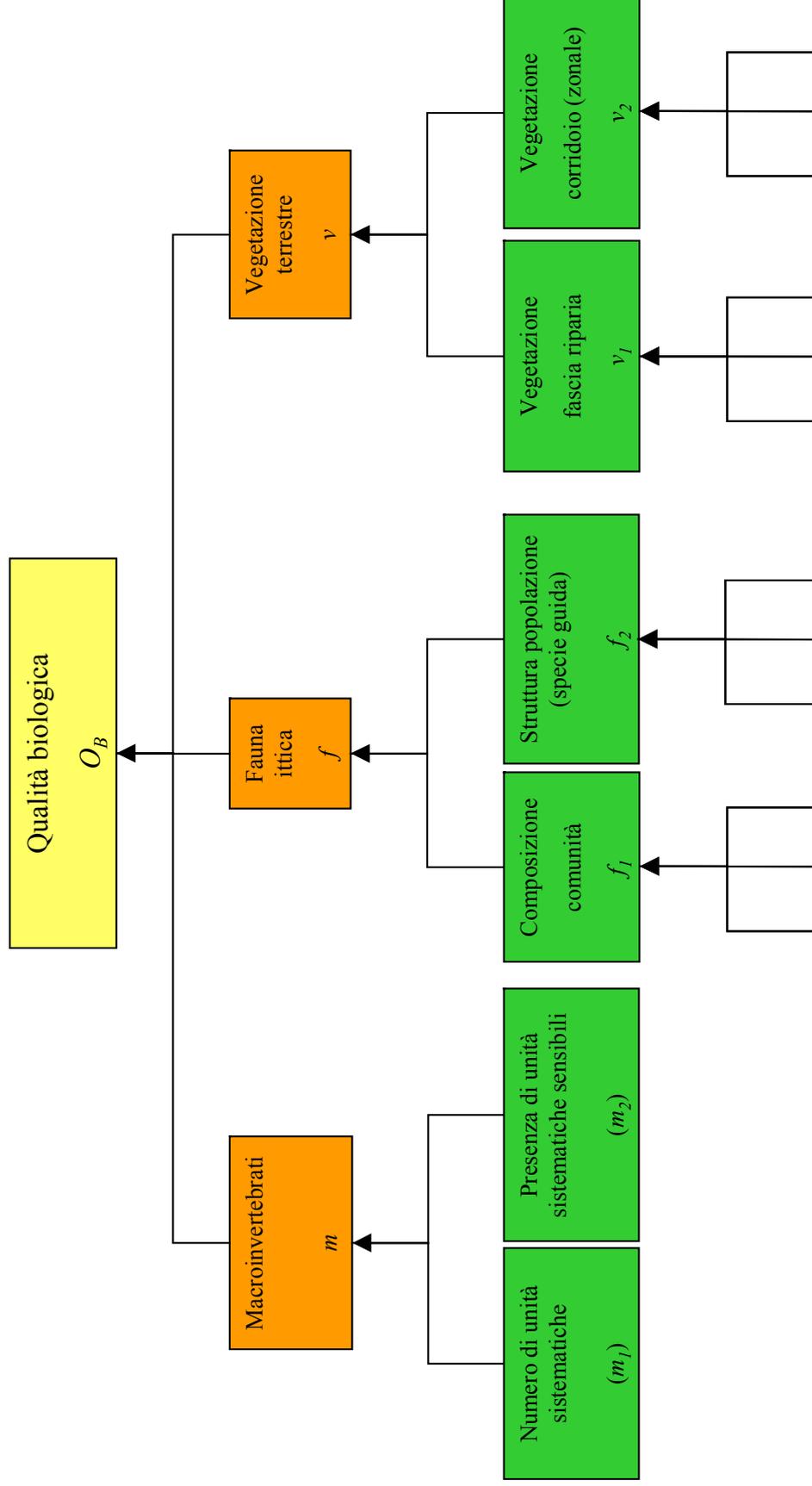
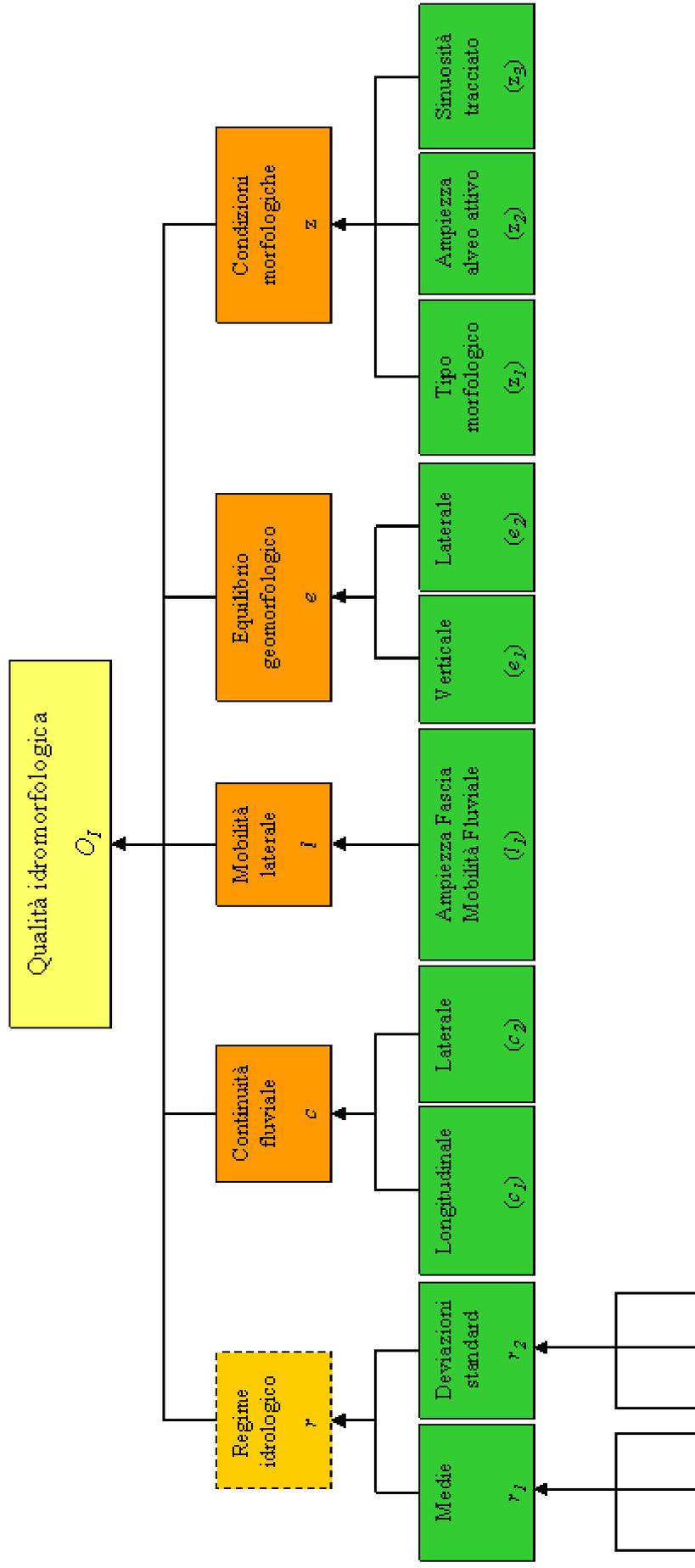


Figura 6 – Albero dei valori relativo alla “Qualità chimico-fisica” utilizzato per il Reno nel tratto oggetto di studio. Gli attributi presenti nei riquadri tratteggiati non sono stati formalizzati e calcolati mediante indici, ma sono stati riportati e discussi in relazione i risultati delle analisi svolte.



Ulteriori attributi

Figura 7 – Albero dei valori relativo alla “Qualità biologica” utilizzato per il Reno (tralasciando i rami di livello inferiore, riportati nei paragrafi relativi ad ogni singolo sub-indice ove presenti).



Ulteriori attributi

Figura 8 – Albero dei valori relativo alla “Qualità idromorfologica” utilizzato per il Reno (tralasciando i rami di livello inferiore, riportati nei paragrafi relativi ad ogni singolo sub-indice ove presenti)

5.1.2 Condizioni generali

5.1.2.1 Albero dei valori

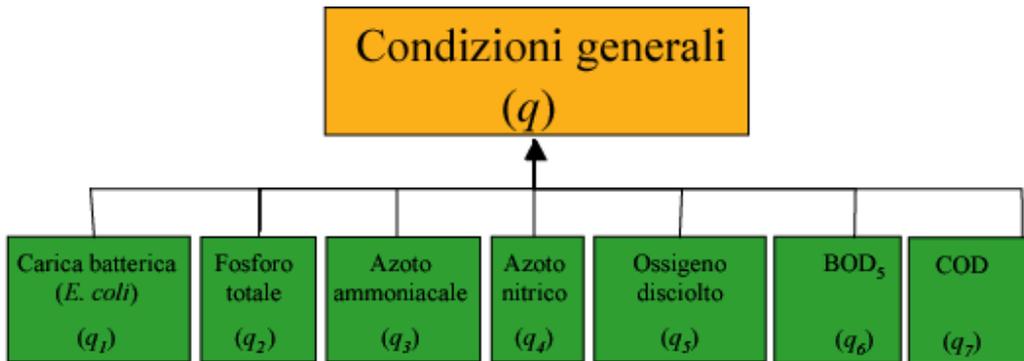


Figura 9 – Albero dei valori relativo al sub-indice qualità chimico fisica

L'attributo *Condizioni generali della qualità dell'acqua*, l'unico, in questa applicazione, a far parte dell'indice *Qualità chimico-fisica*, viene misurato mediante l'utilizzo dell'indice LIM (Livello di Inquinamento), previsto dal D.Lgs. 152/99¹⁰, Allegato 1, tab. 7.

Gli attributi che compongono il LIM (macrodescrittori) sono gli stessi previsti dalla normativa e sono rappresentati nell'albero dei valori di Figura 9 (per una descrizione puntuale si veda la normativa).

5.1.2.2 Descrizione e formalizzazione degli indicatori

L'indice *condizioni generali della qualità dell'acqua*, per ogni tronco in cui è suddiviso il corso d'acqua, è funzione del LIM misurato (calcolato come descritto nel paragrafo successivo) nel periodo di riferimento

Nel seguito per brevità si denominerà g il valore del LIM nel periodo di riferimento.

Conformemente a quanto previsto dal D.Lgs. 152/99, per il calcolo del LIM sono necessari i seguenti indicatori:

- s^{OD} = percentuale di saturazione dell' Ossigeno Disciolto (%)
- c^{BOD5} = concentrazione di BOD₅ (espressa in mg/l di O₂)
- c^{COD} = concentrazione di COD (espressa in mg/l di O₂)
- c^{N-NH4} = concentrazione di azoto ammoniacale (espresso in mg/l di N)
- c^{N-NO3} = concentrazione di azoto nitrico (espresso in mg/l di N)
- c^P = concentrazione di fosforo totale (espresso in mg/l di P)

¹⁰ Si ricorda che il D.Lgs 152/99 (e successive modifiche) è stato abrogato con l'approvazione del D.Lgs.152/2006. D'altra parte, il "destino" del D.Lgs 152/2006 è incerto: al momento in cui scriviamo sono pendenti diversi ricorsi per incostituzionalità, oltre ad essere forte la pressione per un intervento legislativo d'urgenza che ne sospenda l'efficacia (www.gruppo183.it). In questo testo si è quindi preferito far riferimento al vecchio decreto.

c^{EC} = concentrazione di *Escherichia Coli* (espressa in Unità Formanti Colonia (UFC) per 100 ml di acqua).

A partire da questi indicatori, gli attributi che descrivono il LIM sono quantificati mediante i seguenti sub-indici:

$$q_1 = 75^\circ \text{ percentile } (|100 - s^{OD}|)$$

$$q_2 = 75^\circ \text{ percentile } (c^{BOD_5})$$

$$q_3 = 75^\circ \text{ percentile } (c^{COD})$$

$$q_4 = 75^\circ \text{ percentile } (c^{N-NH_4})$$

$$q_5 = 75^\circ \text{ percentile } (c^{N-NO_3})$$

$$q_6 = 75^\circ \text{ percentile } (c^P)$$

$$q_7 = 75^\circ \text{ percentile } (c^{EC})$$

dove con 75° percentile si intende quello calcolato su tutto il periodo di riferimento.

5.1.2.3 Definizione dello stato di riferimento

Anche se non esplicitato lo *stato di riferimento* degli indicatori del LIM è quello corrispondente al *livello di inquinamento "1"*, cioè:

Tabella 1 – Stato di riferimento per l'indice di qualità chimico-fisica dell'acqua

Attributo	Indicatore	Valore
Ossigeno Disciolto	q_1	$\leq 10 \%$
BOD ₅	q_2	$< 2,5 \text{ mg/l}$
COD	q_3	$< 5 \text{ mg/l}$
Azoto ammoniacale	q_4	$< 0,03 \text{ mg/l}$
Azoto Nitrico	q_5	$< 0,30 \text{ mg/l}$
Fosforo totale	q_6	$< 0,07 \text{ mg/l}$
Escherichia Coli	q_7	$< 100 \text{ UFC/100 ml}$

Di conseguenza, lo *stato di riferimento* del LIM corrisponde ad un punteggio compreso tra 480 e 560.

Vale la pena di sottolineare qui che, ai fini dell'applicazione del D.Lgs. 152/99 (e in prospettiva della Dir. 2000/60/CE), lo stato qualitativo fissato come obiettivo a lungo termine non è quello relativo a LIM = 1, bensì a LIM = 2, corrispondente ad un livello *buono* di qualità delle acque.

5.1.2.4 Aggregazione degli indicatori

Per la maggior parte degli altri indici relativi all'ecosistema Reno, la procedura di calcolo prevede di applicare prima la Funzione Valore sugli indicatori foglia e poi di aggregare le diverse FV per ricavare l'indice in esame; nel caso dell'indice di qualità dell'acqua la procedura è invece differente, a causa dell'utilizzo di un indice già esistente, il LIM, che prevede l'aggregazione degli indicatori prima della loro trasformazione mediante una Funzione Valore (Tabella 2). Quest'ultima viene quindi utilizzata in relazione all'indice aggregato q e non agli indicatori q_1, q_2, \dots ; tali indicatori possono comunque venire calcolati e normalizzati.

Tabella 2 – Tabella di calcolo del LIM rielaborata a partire da quella presente nel D.Lgs. 152/99

Indicatori	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
q_1 (%) (*)	≤ 10	≤ 20	≤ 30	≤ 50	> 50

q_2 (mg/l)	< 2,5	≤ 4	≤ 8	≤ 15	> 15
q_3 (mg/l)	< 5	≤ 10	≤ 15	≤ 25	> 25
q_4 (mg/l)	< 0,03	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1,5	> 1,5
q_5 (mg/l)	< 0,30	≤ 1,5	≤ 5	≤ 10	> 10
q_6 (mg/l)	< 0,07	≤ 0,15	≤ 0,30	≤ 0,6	> 0,6
q_7 (UFC/100 ml)	< 100	≤ 1.000	≤ 5.000	≤ 20.000	> 20.000
<i>Punteggio da attribuire per ogni parametro analizzato</i>	80	40	20	10	5
<i>LIVELLO DI INQUINAMENTO DA MACRODESCRITTORI</i>	480 - 560	240 - 475	120 - 235	60 - 115	< 60

(*) la misura deve essere effettuata in assenza di vortici; il dato relativo al deficit o al surplus deve essere considerato in valore assoluto.

Il procedimento di calcolo del LIM è il seguente:

- sull'insieme dei risultati ottenuti (durante la fase di monitoraggio o da modellizzazione) si calcola, in una sezione e per ciascuno degli attributi riportati in tabella, il 75° percentile¹¹;
- per ogni attributo si individua la colonna in cui ricade il risultato ottenuto, individuando così il *livello* di inquinamento da attribuire a ciascun attributo e, conseguentemente, il suo punteggio;
- si ripete tale operazione di calcolo per ciascun attributo della tabella e quindi si sommano tutti i punteggi ottenuti;
- si individua il *Livello di Inquinamento espresso dai Macrodescrittori* (LIM) in base all'intervallo in cui ricade il valore della somma dei punteggi ottenuti dai diversi attributi, come indicato nell'ultima riga della tabella.

Si può osservare che il LIM è dotato delle seguenti caratteristiche:

- è una funzione multi-attributo di 7 elementi che caratterizzano la qualità dell'acqua;
- l'aggregazione degli indicatori viene eseguita con un sistema a punteggio e non tramite l'utilizzo di una *Funzione Valore*, fatto che non garantisce la coerenza interna dell'indice aggregato;

¹¹ Per attribuire il valore all'indicator nello stato attuale, in questa applicazione, si è scelto di considerare i risultati della modellizzazione del Piano di Tutela Regionale realizzata con il modello QUAL2E che fornisce, per ogni tratto chilometrico delle aste fluviali simulate, le concentrazioni dei 7 macrodescrittori OD, BOD5, COD, N-NO3, N-NH4, P totale ed Escherichia coli, nelle 4 condizioni idrologiche di media, morbida, magra e pioggia per i corsi d'acqua naturali, per le sole condizioni di media e morbida nel caso dei collettori artificiali della pianura.

Sulla base di quanto indicato dal D.Lgs. 152/99, il punteggio e il relativo livello di inquinamento legato ai macrodescrittori devono essere calcolati facendo riferimento ai limiti della Tabella 2 e relativamente al 75° percentile delle misure condotte sulle stazioni. Essendo 4 le condizioni simulate attraverso il modello, comunque già "mediate", nel PTA regionale si è assunto di far corrispondere il 75° percentile alla media tra il terzo e il quarto valore in ordine crescente ottenuti, al secondo nel caso delle aste artificiali della pianura; si è inoltre moltiplicato i valori per coefficienti di bacino compresi tra 0.8 e 1.2, qualora su tutte le stazioni i valori ricostruiti appaiano sovrastimati o sottostimati di quantità simili.

Per l'OD si richiede di considerare il complementare a 100 della percentuale di saturazione, valutabile sulla base della concentrazione dell'OD derivante dal modello, note le condizioni di temperatura dell'acqua (fornite in input al QUAL2E) e l'entità dei cloruri (valutabili mediamente sulla base delle misure sulle stazioni).

- nonostante non sia dichiarato formalmente, il LIM è una misura dello scostamento da uno stato di riferimento non esplicitato: infatti, per ogni attributo ed anche per l'indice LIM complessivo, lo stato di riferimento è quello corrispondente ai valori che ricadono nel *livello di inquinamento "1"*.

5.1.2.5 Dall'indicatore alla FV

Come già ricordato, l'aggregazione degli indicatori viene eseguita con il sistema a punteggio di calcolo del LIM e non tramite l'utilizzo di una *Funzione Valore* come per gli altri indici; ai fini dell'aggregazione con gli altri sub-indici si effettua comunque una normalizzazione dei valori così ottenuti.

La Funzione Valore qui utilizzata traduce il giudizio di valore "a gradini" che viene assegnato dalla Tabella 2 (D.Lgs. 152/99).

La FV adottata è la seguente:

$$q = v(g)$$

per essa è stata assunta la forma rappresentata in Figura 10, che tiene conto degli obiettivi di qualità previsti dalla normativa e secondo i seguenti valori:

- per $g < 60 \rightarrow v(g) = 0$;
- per $60 \leq g \leq 115 \rightarrow v(g) = 0.25$;
- per $120 \leq g \leq 235 \rightarrow v(g) = 0.5$;
- per $240 \leq g \leq 475 \rightarrow v(g) = 0.75$;
- per $480 \leq g \leq 650 \rightarrow v(g) = 1$.

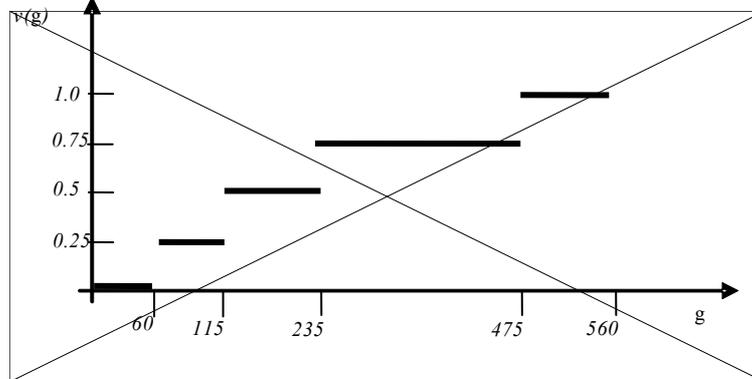


Figura 10 – Funzione Valore $v(g)$

Partendo da funzioni valore con la stessa forma, ma considerando intervalli di valori diversi, è possibile anche normalizzare i valori dei singoli sub-indici $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7$ ottenendo i seguenti valori:

- per $q_1 > 50 \rightarrow v(q_1) = 0$;
- per $30 < q_1 \leq 50 \rightarrow v(q_1) = 0.25$;
- per $20 < q_1 \leq 30 \rightarrow v(q_1) = 0.5$;
- per $10 < q_1 \leq 20 \rightarrow v(q_1) = 0.75$;
- per $q_1 \leq 10 \rightarrow v(q_1) = 1$.

- per $q_2 > 15 \rightarrow v(q_2) = 0$;
- per $8 < q_2 \leq 15 \rightarrow v(q_2) = 0.25$;
- per $4 < q_2 \leq 8 \rightarrow v(q_2) = 0.5$;

per $2,5 < q_2 \leq 4 \rightarrow v(q_2) = 0.75$;
per $q_2 \leq 2,5 \rightarrow v(q_2) = 1$.

per $q_3 > 25 \rightarrow v(q_3) = 0$;
per $15 < q_3 \leq 25 \rightarrow v(q_3) = 0.25$;
per $10 < q_3 \leq 15 \rightarrow v(q_3) = 0.5$;
per $5 < q_3 \leq 10 \rightarrow v(q_3) = 0.75$;
per $q_3 \leq 5 \rightarrow v(q_3) = 1$.

per $q_4 > 1,5 \rightarrow v(q_4) = 0$;
per $0,5 < q_4 \leq 1,5 \rightarrow v(q_4) = 0.25$;
per $0,03 < q_4 \leq 0,1 \rightarrow v(q_4) = 0.75$;
per $q_4 \leq 0,03 \rightarrow v(q_4) = 1$.

per $q_5 > 10 \rightarrow v(q_5) = 0$;
per $5 < q_5 \leq 10 \rightarrow v(q_5) = 0.25$;
per $1,5 < q_5 \leq 5 \rightarrow v(q_5) = 0.5$;
per $0,3 < q_5 \leq 1,5 \rightarrow v(q_5) = 0.75$;
per $q_5 \leq 0,3 \rightarrow v(q_5) = 1$.

per $q_6 > 0,6 \rightarrow v(q_6) = 0$;
per $0,3 < q_6 \leq 0,6 \rightarrow v(q_6) = 0.25$;
per $0,15 < q_6 \leq 0,3 \rightarrow v(q_6) = 0.5$;
per $0,07 < q_6 \leq 0,15 \rightarrow v(q_6) = 0.75$;
per $q_6 \leq 0,07 \rightarrow v(q_6) = 1$.

per $q_7 > 20.000 \rightarrow v(q_7) = 0$;
per $5.000 < q_7 \leq 20.000 \rightarrow v(q_7) = 0.25$;
per $1.000 < q_7 \leq 5.000 \rightarrow v(q_7) = 0.5$;
per $100 < q_7 \leq 1.000 \rightarrow v(q_7) = 0.75$;
per $q_7 \leq 100 \rightarrow v(q_7) = 1$.

5.1.2.6 *Suddivisione in tronchi omogenei per il calcolo dell'indicatore*

La suddivisione in tronchi è stata eseguita in corrispondenza di:

- ogni immissione significativa (scarichi di depuratori¹², scarichi industriali¹³, scolmatori urbani¹⁴, immissione di corsi d'acqua naturali¹⁵ e di canali artificiali significativi in termini di apporto di carichi e/o

¹² Nell'applicazione specifica si sono considerati: lo scarico del depuratore di Sasso Marconi (7500 AE) e quello del depuratore di Borgonuovo (2500 AE) che giunge al Reno tramite il Canale Pontecchio o Maglio.

¹³ Nell'applicazione specifica si sono considerati: lo scarico "CIBA" (diretto a Reno), lo scarico della cartiera di Borgonuovo recapitato al Reno tramite il canale del Maglio, lo scarico S.A.P.A.B.A. recapitato al Reno tramite il torrente Rio Sabbioso.

¹⁴ Nell'applicazione specifica si sono considerati quelli dell'area urbana di Bologna ubicati in modo sparso lungo un tratto di alcune centinaia di metri ubicato presso il ponte di Via Togliatti.

¹⁵ Nell'applicazione specifica il T. Setta (unico da ritenersi significativo in termini di portata).

di portata) in quanto esse possono far variare gli indicatori per immissione diretta di sostanze inquinanti, o per effetto della diluizione;

- in corrispondenza di ogni derivazione significativa¹⁶, in quanto la riduzione di portata può indurre la variazione di alcuni parametri (si pensi ad esempio all'OD);
- in presenza di disomogeneità rispetto al valore attuale dell'indicatore;

ottenendo il seguente risultato:

Tabella 3 – Tronchi relativi all'indice "Condizioni generali della qualità dell'acqua"

ID tronco	da		a	
	Km	località	Km	località
	QUAL 01	0.00	confluenza torrente Setta	2.34
QUAL 02	2.34	200 metri a valle scarico depuratore Sasso Marconi	5.13	traversa canale del Maglio
QUAL 03	5.13	traversa canale del Maglio	7.30	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)
QUAL 04	7.30	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)
QUAL 05	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	12.04	Chiusa di Casalecchio
QUAL 06	12.04	Chiusa di Casalecchio	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti
QUAL 07	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	19.52	Ponte autostrada A14

Per l'attribuzione del valore dell'indicatore ai diversi tratti è possibile:

- attribuire ad interi tratti il giudizio ottenuto in un sito di campionamento puntuale;
- attribuire al tratto il valore "medio" di LIM derivante da simulazioni modellistiche (ad esempio QUAL2E) come fatto nel caso specifico di questa applicazione.
-

¹⁶ Nel caso specifico quella in prossimità della derivazione del canale del Maglio e quella della Chiusa di Casalecchio.

5.1.2.7 Dati necessari per il calcolo di indicatori ed indici

Tabella 4 - Tabella riepilogativa dei dati necessari al calcolo dell'indice, distinti in base alle diverse fasi di applicazione della metodologia sopra descritte

Indice	Fase di lavoro			
	definizione stato riferimento	suddivisione in tronchi	calcolo indicatore	
	materiale utilizzato	materiale utilizzato	materiale utilizzato	aggiornamento
Condizioni generali	Tabella 7 Dlg. 152/99	Catasto depuratori	Modellizzazione QUAL2E da "Piano Tutela Acque"	2003
		Localizzazione affluenti principali		
		Localizzazione canali principali		
		Localizzazione derivazioni		
		Localizzazione scarichi civili ed industriali		
		Modellizzazione QUAL2E da "Piano Tutela Acque"		

Tabella 5 – Altro materiale consultato risultato utile ai fini della verifica e comprensione dei risultati emersi dall'applicazione dell'indice

Altro materiale consultato	Dati stazioni monitoraggio ARPA aggiornati al 2006. Rapporti sulla qualità acque superficiali (ARPA e Provincia di Bologna)
	Monitoraggio ambientale Autostrada Milano – Napoli (A1) ampliamento alla terza corsia del tratto Casalecchio di Reno – Sasso Marconi lott0 0

5.1.3 Presenza di sostanze pericolose

Si osserva che per coerenza con la Direttiva 2000/60, con l'albero dei valori FLEA e con lo stesso Dlg 152/99 l'indice *qualità chimico-fisica* deve essere calcolato come aggregazione dei sub-indici *condizioni generali della qualità dell'acqua* e *presenza di sostanze pericolose*.

Per ragioni legate ad un quadro normativo in materia che ha subito, anche molto di recente, continui aggiornamenti (in particolare in relazione ai valori soglia per ogni sostanza¹⁷) e attualmente in fase di chiarimento, oltre che di un'attività di monitoraggio che è stata tarata e aggiornata sulle nuove disposizioni solo da poco si è scelto di non calcolare qui il sub-indice *presenza di sostanze pericolose*. Il meccanismo di aggregazione che si sarebbe dovuto adottare coerentemente con le disposizioni normative avrebbe infatti portato all'abbassamento a livelli scadenti o pessimi di tutto l'indice *qualità chimico-fisica* in presenza anche di una sola sostanza che superasse i valori soglia; si capisce pertanto che questo possa incidere in modo molto significativo sull'indice *qualità chimico-fisica* e sul giudizio complessivo dello stato ecologico del fiume Reno e che per fare questa operazione sia necessario basarsi su un quadro normativo e su una base dati attendibile e ben definita.

Si segnala comunque che dall'analisi dei dati rilevati da ARPA Emilia Romagna presso la stazione di Casalecchio di Reno nel 2006 non si rilevano parametri che superino i valori soglia così come definiti nella Tabella 1/A dell'Allegato 1 alla parte terza del decreto 152/06 e che pertanto sembrerebbe corretto confermare il valore dell'indice complessivo qualità chimico – fisica qui riportato.

Vista l'importanza della tematica si ritiene inoltre utile inserire nel presente rapporto le indicazioni metodologiche necessarie ad un eventuale calcolo successivo del sub-indice e per il suo corretto inserimento nell'albero dei valori generale.

¹⁷ L'allegato 1 al D.Lgs. 152/99 e s.m.i. dispone che, per la determinazione della qualità delle acque dei corpi idrici (stato ambientale), le autorità competenti rapportino i dati relativi allo stato ecologico con i dati relativi alla presenza degli inquinanti chimici indicati nella tabella 1 del decreto, verificando se per questi ultimi venga superato il "valore soglia" definito.

La Direttiva 2000/60/CE, oltre a prevedere la riduzione e la graduale eliminazione dell'inquinamento provocato dallo scarico, emissioni e rilascio di sostanze prioritarie, dispone che gli standard di qualità ambientale necessari per il raggiungimento nei corpi idrici superficiali di un buono stato chimico siano definiti sulla base dei criteri di tossicità ed ecotossicità, ed ha come obiettivo finale la salvaguardia dell'intero ecosistema acquatico. La decisione n. 2455/2001/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre 2001 istituisce un elenco di sostanze prioritarie in materia di acque, che implementa la direttiva 2000/60/CE.

Il D.M. 367/03 "Regolamento concernente la fissazione di standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose, ai sensi dell'articolo 3, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152" ai fini della tutela delle acque interne superficiali dall'inquinamento provocato dalle sostanze pericolose immesse nell'ambiente idrico da fonti puntuali e diffuse, definisce per tali sostanze pericolose, individuate a livello comunitario, standard di qualità nella matrice acquosa – tab.1, allegato A – finalizzati a garantire a breve termine la salute umana e a lungo termine la tutela dell'ecosistema acquatico. Il D.M. 367/03 inoltre dispone che le acque interne superficiali debbano essere conformi, entro il 31 dicembre 2008, agli standard di cui alla tab. 1, allegato A del decreto stesso; dispone inoltre che, a partire dal 1° gennaio 2008, la tab. 1 dell'allegato A sostituisca la tab. 1 dell'allegato 1 al D.Lgs. 152/99 e s.m.i.

Il D.Lgs 3 Aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", nella parte terza "Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche", ha abrogato il precedente D.Lgs. 152/99 e s.m.i. e nell'allegato 1 alla parte terza ha definito i nuovi standard di qualità per i parametri di base delle acque superficiali da conseguire entro il 31 dicembre 2008, ridefinendo in tal modo i limiti precedentemente individuati dal D.M. 367/03: "ai fini della tutela delle acque superficiali dall'inquinamento provocato dalle sostanze pericolose, i corpi idrici significativi di cui all'articolo 76 devono essere conformi entro il 31 dicembre 2008 agli standard di qualità riportati alla Tabella 1/A dell'Allegato 1 alla parte terza del presente decreto, la cui disciplina sostituisce ad ogni effetto quella di cui al decreto ministeriale 6 novembre 2003, n. 367".

5.1.3.1 *Albero dei valori*

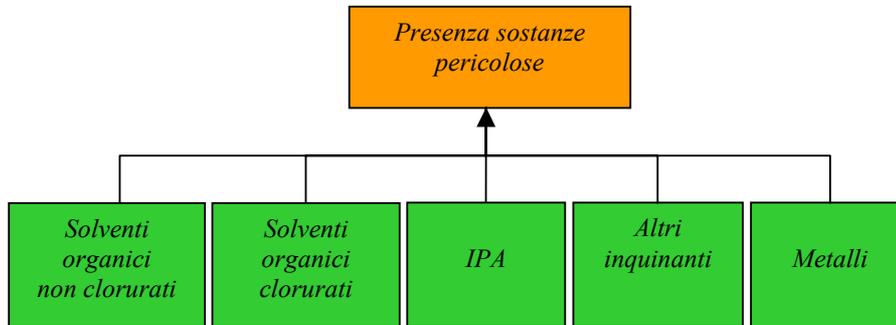


Figura 11 – Albero dei valori relativo al sub-indice “presenza di sostanze pericolose”

Gli attributi che compongono il sub-indice *presenza di sostanze pericolose* sono gli stessi previsti dalla normativa (D.M. 367/03) e sono rappresentati da tutte le sostanze contenute nelle tabelle presenti nel decreto stesso; nell’albero dei valori di Figura 11 per ragioni di sintesi non si riportano tutte le sostanze ma solo i principali gruppi in cui esse sono suddivise.

5.1.3.2 *Descrizione e formalizzazione degli indicatori*

Gli indicatori misurano ciascuno il valore di concentrazione (media annua delle misure mensili) della specifica sostanza.

5.1.3.3 *Definizione dello stato di riferimento*

Lo stato di riferimento per ciascun attributo è “il non superamento per nessuna delle sostanze pericolose” dei limiti previsti dalla normativa di riferimento, a meno che il superamento non sia determinato da particolari condizioni naturali.

5.1.3.4 *Dall'indicatore alla FV*

Per tutti gli indicatori la FV assume valore 1 (massimo) nel caso in cui la concentrazione riscontrata non superi il valore soglia, valore 0 (minimo) nel caso in cui il valore soglia sia superato.

5.1.3.5 *Aggregazione degli indicatori*

In questo caso per il processo di aggregazione si procede seguendo la stessa logica proposta dalle normative citate: è sufficiente che una sola sostanza superi il valore soglia e l’indice *presenza di sostanze pericolose* assume valore minimo; se nessuna sostanza supera il valore soglia allora l’indice assume valore massimo. Detto in altri termini, l’indice *presenza di sostanze pericolose* assume un valore pari al prodotto dei valori dei singoli indici.

5.1.3.6 *Suddivisione in tronchi omogenei per il calcolo dell'indicatore*

La suddivisione in tronchi è stata eseguita in corrispondenza di:

- ogni immissione significativa (scarichi di depuratori, scarichi industriali, scolmatori urbani, immissione di corsi d'acqua naturali e di canali artificiali significativi in termini di apporto di carichi e/o di portata) in quanto esse possono far variare gli indicatori per immissione diretta di sostanze inquinanti, o per effetto della diluizione;
- in presenza di disomogeneità rispetto al valore attuale dell'indicatore.

5.1.4 Macroinvertebrati

5.1.4.1 Albero dei valori

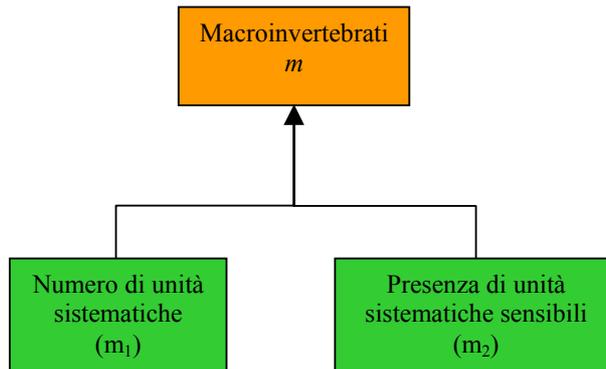


Figura 12 – Albero dei valori relativo al sub-indice macroinvertebrati

L'Indice *macroinvertebrati* viene misurato mediante l'utilizzo dell'indice IBE - Indice Biotico Esteso – (Ghetti, 1997), previsto dalla normativa vigente per la caratterizzazione dello stato ecologico dei corsi d'acqua superficiali (D.Lgs. 152/99, Allegato 1, Tab. 8).

Gli attributi che compongono l'IBE, anche se non esplicitati, si evincono dalla tabella a doppia entrata prevista nella metodologia (si veda il protocollo di applicazione dell'IBE, Ghetti, 1997 e Tabella 6) e sono il *numero di unità sistematiche* che compone la comunità e la *presenza di unità sistematiche sensibili*. Per chiarezza logica essi sono stati rappresentati nell'albero dei valori di Figura 10, anche se di fatto essi non verranno in seguito calcolati singolarmente, in quanto l'indice è ottenuto direttamente a partire dall'IBE.

5.1.4.2 Descrizione e formalizzazione degli indicatori

Detto a l'indice relativo all'attributo *macroinvertebrati*, esso coincide con il valore medio dell'IBE nel periodo di riferimento¹⁸:

$a = \text{media}(\text{IBE}_i^a)$ nel periodo di riferimento, dove il pedice i indica la stagione e l'apice a l'anno di campionamento

L'indice IBE si calcola utilizzando la seguente tabella a doppia entrata (per la metodologia di utilizzo si veda il protocollo IBE - Ghetti, 1997):

¹⁸ Nell'ambito di questo studio, il periodo di riferimento (in attesa di nuovi aggiornamenti) è quello 2000-2003; pertanto il valore medio dell'IBE viene calcolato in relazione ai campionamenti stagionali effettuati in questo quadriennio.

Tabella 6 - Tabella per il calcolo del valore IBE (Indice Biotico Esteso) (U.S. = Unità Sistematiche)

Gruppi faunistici (primo ingresso)		Numero totale delle Unità Sistematiche (U.S.) costituenti la comunità (secondo ingresso)							
		0 - 1	2 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 35
Plecoteri (<i>Leuctra</i> °)	Più di una U.S.	/	/	8	9	10	11	12	13
	Una sola U.S.	/	/	7	8	9	10	11	12
Efemeroteri (<i>Baetidae</i> e <i>Caenidae</i> °°)	Più di una U.S.	/	/	7	8	9	10	11	12
	Una sola U.S.	/	/	6	7	8	9	10	11
Tricotteri	Più di una U.S.	/	5	6	7	8	9	10	11
	Una sola U.S.	/	4	5	6	7	8	9	10
Gammaridi, Atyidi e Palemonidi	Tutte le U.S. sopra assenti	/	4	5	6	7	8	9	10
Asellidi	Tutte le U.S. sopra assenti	/	3	4	5	6	7	8	9
Oligocheti o Chironomidi	Tutte le U.S. sopra assenti	1	2	3	4	5	/	/	/
Tutti i <i>Taxa</i> precedenti assenti	Possono esserci organismi a respirazione aerea	0	1	/	/	/	/	/	/

Da questa si ricavano le seguenti classi di qualità (a seconda del punteggio assunto dall'IBE):

Tabella 7 - Classi di qualità dell'indice IBE

	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
I.B.E. (punteggio)	> 10	8 - 9	6 - 7	4 - 5	1, 2, 3

Conformemente a quanto previsto dal protocollo IBE (*Ghetti, 1997*), per il calcolo dell'indice sono necessari i seguenti indicatori:

numero di unità sistematiche = numero totale di unità sistematiche che compongono la comunità

presenza di unità sistematiche sensibili = rileva la presenza di uno o più unità sistematiche sensibili secondo le indicazioni e l'ordine indicato dalla Tabella 6.

Come ricordato, nel presente lavoro non si procede al calcolo dei 2 indicatori singolarmente ma si utilizzano direttamente i dati dell'IBE; per questo motivo i due indicatori non saranno formalizzati matematicamente.

5.1.4.3 Definizione dello stato di riferimento

Anche se non esplicitato, lo *stato di riferimento* dell'IBE è quello corrispondente alla classe 1 e quindi a un punteggio >10 (Tabella 6).

5.1.4.4 Aggregazione degli indicatori

In generale, la metodologia adottata nel presente lavoro prevede di applicare prima la Funzione Valore sugli indicatori foglia e poi di aggregare le diverse FV per ricavare l'indice complessivo; nel caso dell'indice macroinvertebrati, la procedura è invece differente, a causa dell'utilizzo di un indice già esistente, l'IBE, che

prevede l'aggregazione degli indicatori (Tabella 6) prima della loro trasformazione mediante una Funzione Valore.

Nel caso specifico, quindi, la Funzione Valore viene applicata all'indice aggregato a e non agli indicatori m_1, m_2 .

5.1.4.5 Dall'indicatore alla FV

La Funzione Valore qui utilizzata traduce il giudizio di valore "a gradini" che viene assegnato dalla Tabella 6. La FV adottata è la seguente:

$$m = v(a)$$

per essa è stata assunta la forma rappresentata in Figura 13, che tiene conto delle indicazioni del metodo IBE¹⁹:

- per $a \leq 3,5 \rightarrow v(a) = 0$;
- per $3,5 < a \leq 5,5 \rightarrow v(a) = 0.25$;
- per $5,5 < a \leq 7,5 \rightarrow v(a) = 0.5$;
- per $7,5 < a \leq 9,5 \rightarrow v(a) = 0.75$;
- per $9,5 < a \rightarrow v(a) = 1$

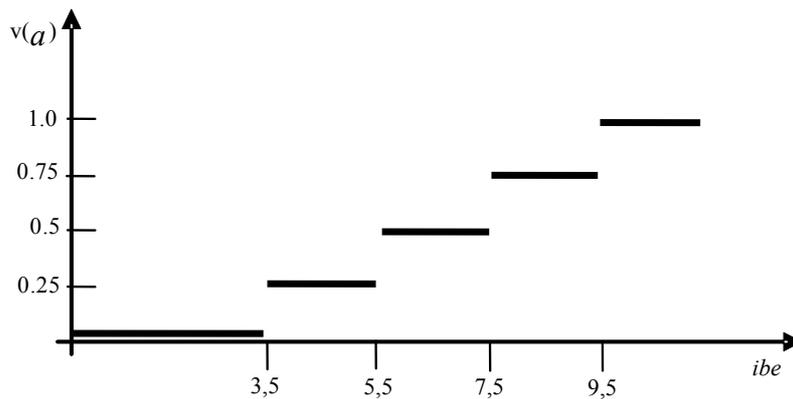


Figura 13 – Funzione Valore $v(a)$

5.1.4.6 Suddivisione in tronchi omogenei per il calcolo dell'indicatore

La suddivisione in tronchi è stata eseguita in corrispondenza di:

- ogni immissione significativa (scarichi di depuratori, immissione di corsi d'acqua naturali e di canali artificiali significativi in termini di apporto di carichi e/o di portata), in quanto esse possono far variare l'indice per immissione diretta di sostanze inquinanti o per effetto della diluizione;
- in corrispondenza di ogni derivazione significativa, in quanto la riduzione di portata può indurre la variazione di alcuni parametri (si pensi ad esempio all'OD) che influenzano lo stato della comunità macrobentonica;

¹⁹ Si osservi che per assegnare i valori si è tenuto conto delle prescrizioni riportate nel metodo, ovvero: *per trasformare in valori di I.B.E. la media (dei valori di più campionamenti) si procede avendo cura di assegnare la classe più bassa nel caso di frazione di 0,5: esempio 9,5=9 (Classe II).*

- significative variazioni in termini di diversità morfologica d'alveo;
- in presenza di disomogeneità rispetto al valore attuale dell'indicatore.

Il risultato ottenuto è riepilogato in Tabella 8.

Tabella 8 – Tronchi relativi all'indice "Macroinvertebrati"

ID tronco	da		a	
	Km	località	Km	località
MACROINV 01	0.00	confluenza torrente Setta	2.34	200m valle scarico depuratore Sasso Marconi
MACROINV 02	2.34	200m valle scarico depuratore Sasso Marconi	5.13	traversa canale del Maglio
MACROINV 03	5.13	traversa canale del Maglio	7.30	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)
MACROINV 04	7.30	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)
MACROINV 05	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	12.04	Chiusa di Casalecchio
MACROINV 06	12.04	Chiusa di Casalecchio	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti
MACROINV 07	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	19.52	Ponte autostrada A14

5.1.4.7 Dati necessari per il calcolo di indicatori ed indici

Tabella 9 - Tabella riepilogativa dei dati necessari al calcolo dell'indice, distinti in base alle diverse fasi di applicazione della metodologia sopra descritte

Indice	Fase di lavoro			
	definizione stato riferimento	suddivisione in tronchi	calcolo indicatore	
	materiale utilizzato	materiale utilizzato	materiale utilizzato	aggiornamento
Macroinvertebrati	Metodo IBE	Catasto depuratori	Dati stazioni monitoraggio ARPA ²⁰	2006
		Localizzazione affluenti principali		
		Localizzazione canali principali		
		Localizzazione derivazioni		
		Localizzazione scarichi civili ed industriali		
		Autorità di Bacino del Reno. Qualità ambientale dei corsi d'acqua ed analisi delle presenze biologiche: fauna macrobentonica.		
Dati stazioni monitoraggio ARPA Rapporto sulla qualità acque superficiali (ARPA e Provincia di Bologna)				
Modellizzazione QUAL2E Piano Tutela Acque"				

Tabella 10 – Altro materiale consultato risultato utile ai fini della verifica e comprensione dei risultati emersi dall'applicazione dell'indice

Altro materiale consultato	Dati stazioni monitoraggio ARPA aggiornati al 2006. Rapporti sulla qualità acque superficiali (ARPA e Provincia di Bologna)
	Monitoraggio ambientale Autostrada Milano – Napoli (a1) ampliamento alla terza corsia del tratto Casalecchio di Reno – Sasso Marconi lott0 0
	PAI+Studio per la determinazione del DMV sperimentale nel bacino idrografico del Fiume Reno

²⁰ Per ragioni legate al grado di aggiornamento (esistono anche altre stazioni di monitoraggio campionate nell'attività "Autorità di Bacino del Reno. Qualità ambientale dei corsi d'acqua ed analisi delle presenze biologiche: fauna macrobentonica" ma con dati aggiornati solo fino a prima del 2000) sono stati considerati soli i dati di monitoraggio registrati nella Stazione ARPA di Casalecchio.

5.1.5 Fauna ittica

5.1.5.1 Albero dei valori

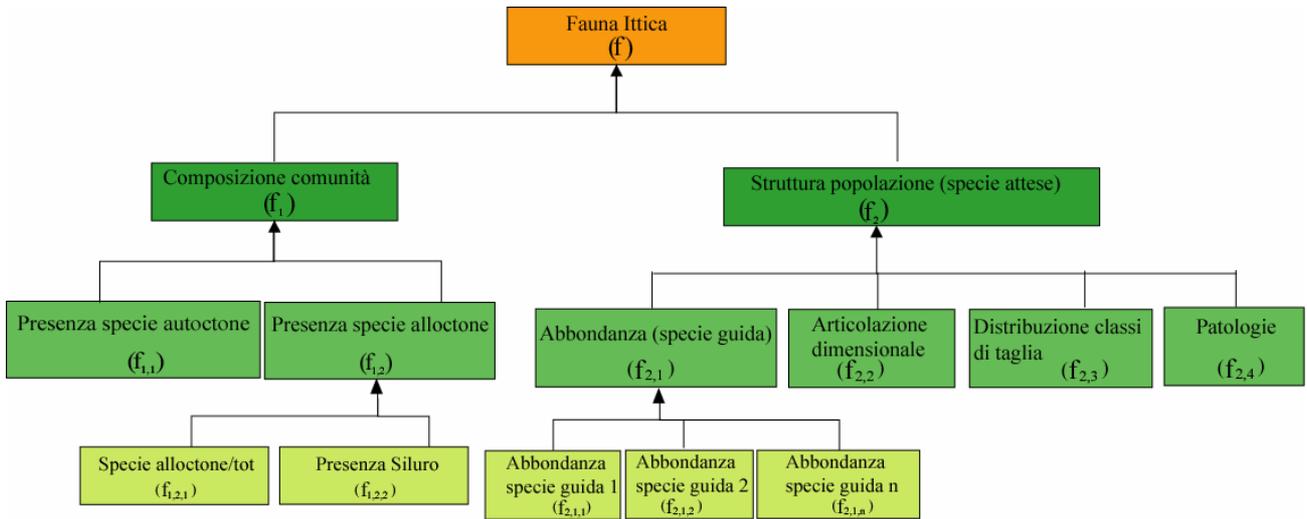


Figura 14 – Albero dei valori relativo al sub-indice “fauna ittica”.

L'albero dei valori dell'indice fauna ittica è rappresentato in Figura 14.

Esso è il risultato dell'aggregazione di 2 sub-indici: *composizione della comunità ittica* e *struttura della popolazione*.

Il primo è dato a sua volta dall'aggregazione di 2 sub-indici che misurano rispettivamente la *presenza di specie autoctone* e la *presenza di specie alloctone* (a sua volta determinato dal rapporto tra specie alloctone rispetto al numero totale di specie presenti e dalla presenza/assenza di *Silurus glanis*).

L'indice struttura della popolazione, riferito unicamente alla comunità di specie attese, si calcola invece attraverso: l'*abbondanza*²¹ di individui (di alcune specie guida rappresentative del tronco), l'*articolazione dimensionale* e cioè la presenza o meno di individui di taglia massima attesa rispetto alla tipologia di corso d'acqua, la *distribuzione delle classi di taglia* (che in condizioni di riferimento dovrebbe presentare individui presenti per ogni classe dimensionale) e le *patologie* (percentuali di individui campionati riportanti patologie da stress ambientale).

²¹ Vista la contemporanea presenza anche dell'indicatore “distribuzione delle classi di taglia” si è ritenuto possibile escludere, per necessità di semplificazione matematica, l'inserimento di un ulteriore sub-indice “Biomassa”.

5.1.5.2 Descrizione e formalizzazione degli indicatori

Composizione comunità (f_1)

Si assume che per descrivere lo stato della comunità ittica sia necessario considerare la sua composizione in specie, cioè verificare la presenza/assenza delle specie attese (cioè quelle dello stato di riferimento), per quella tipologia di corso d'acqua e in quel determinato tronco, e l'eventuale presenza di specie alloctone.

Presenza specie autoctone ($f_{1,1}$)

L'indicatore adottato misura, per ogni tronco e ogni anno in esame, il numero di specie attese²² effettivamente presenti (campionate o previste in fase di simulazione); in formule²³:

$$f_{1,1} = N_a$$

dove:

N_a = numero di specie attese presenti (ovvero non vengono computate le specie presenti ma non incluse nello stato di riferimento, si veda Tabella 15).

Presenza specie alloctone ($f_{1,2}$)

L'indicatore descrive la presenza di specie alloctone (intese come originarie di aree zoogeografiche diverse rispetto a quella a cui appartiene il Reno, ad esclusione di quelle acclimatate); se la popolazione è molto sbilanciata a favore delle specie alloctone, infatti, si innescano processi di competizione con le popolazioni autoctone che influiscono negativamente sullo stato complessivo della comunità; la presenza del Siluro (*Silurus glanis*), visto l'alto impatto che da sola questa specie è in grado di esercitare sulle comunità indigene, viene considerata con un indicatore a parte.

Rapporto specie alloctone su specie totali ($f_{1,2,1}$)

L'indicatore adottato misura, per ogni tronco e ogni anno in esame, il rapporto tra il numero di specie alloctone presenti (campionate o previste) e il numero di specie totali presenti; in formule:

$$f_{1,2,1} = N_e/N_t$$

dove:

N_e = numero di specie alloctone presenti;

N_t = numero di specie totali (autoctone + alloctone) presenti.

Presenza pesce siluro ($f_{1,2,2}$)

Questo indicatore registra la presenza/assenza del pesce siluro nel tratto in esame.

$f_{1,2,2} = 0$ se è presente il pesce siluro nel tratto in esame; 1 se non è presente

Struttura popolazione (specie guida) (f_2)

²² La comunità attesa per ciascun tratto (stato di riferimento) viene definita dagli esperti sulla base di un giudizio che deve necessariamente tener conto della distribuzione delle specie in relazione al quadro zoogeografico nazionale di tutti i taxa presenti nelle acque interne italiane, dell'ecologia delle specie e infine della conoscenza specifica del sistema Reno.

²³ Si è trascurato nel seguito l'indicazione del tronco i-esimo; a priori tutti gli elementi delle equazioni, incluso lo stato di riferimento, sono tronco-dipendenti.

Si assume che per descrivere compiutamente lo stato della comunità ittica, sia necessario considerare anche la struttura delle popolazioni che la compongono. Per alcuni indicatori, nel caso specifico l'abbondanza, è necessario ricorrere a una semplificazione calcolandoli solo su alcune specie guida; la scelta delle specie guida su cui effettuare la modellizzazione è stata effettuata tenendo in considerazione le caratteristiche tipologiche del tratto considerato, la sensibilità delle diverse specie alle perturbazioni antropiche e il loro ruolo trofico. La condizione biologica delle specie guida diviene "proxy" della condizione dell'intera comunità ittica attesa. Le specie guida considerate per l'indicatore "abbondanza" sono indicate nella tabella seguente.

Tabella 11 - Specie guida nel tratto di Reno considerato

SPECIE GUIDA CONSIDERATE NELLA MODELLIZZAZIONE		
Ciprinidi	<i>Barbus plebejus</i>	barbo comune
Ciprinidi	<i>Chondrostoma genei</i>	lasca
Ciprinidi	<i>Leuciscus cephalus</i>	cavedano
Ciprinidi	<i>Alburnus alburnus alborella</i>	alborella
Ciprinidi	<i>Cyprinus carpio</i>	carpa

L'indice struttura della popolazione si calcola considerando i seguenti sub-indici.

Abbondanza (specie guida) ($f_{2,i}$)

Abbondanza specie guida 1 ($f_{2,1,1}$), Abbondanza specie guida 2 ($f_{2,1,2}$), Abbondanza specie guida 3 ($f_{2,1,3}$), Abbondanza specie guida 4 ($f_{2,1,4}$), Abbondanza specie guida 5 ($f_{2,1,5}$)

Tra gli indicatori utili a descrivere l'abbondanza della comunità ittica, alcuni si basano su misure di densità che necessitano però di campionamenti quantitativi; stime meno raffinate sono quelle effettuate attraverso il calcolo dell'*indice di abbondanza semiquantitativo (I.A.)* secondo Moyle e Nichols (1970) -a volte adattato, come in Turin, 1999- che definisce 5 categorie di abbondanza (scarso, presente, frequente, abbondante, dominante) valutabili sulla base del numero di individui di una specie presenti in un tratto di lunghezza definita del corso d'acqua.

Tali stime, in corsi d'acqua di medie dimensioni, risultano piuttosto complesse e spesso poco affidabili; tuttavia, in genere, negli studi viene riportato un giudizio qualitativo di abbondanza che viene formulato dagli esperti tenendo conto anche dell'ecologia della specie considerata e in particolare del suo ruolo trofico nell'ecosistema fluviale. In sostanza l'esperto è in genere in grado di affermare, considerando la lunghezza ed il tipo di tratto campionato, le condizioni in cui è avvenuto il campionamento e le tecniche utilizzate, il numero complessivo di individui (anche appartenenti ad altre specie) pescate, se rinvenendo un numero di individui n della suddetta specie essa possa essere considerata occasionale, scarsa, comune o abbondante rispetto al numero di individui attesi nello stato di riferimento (anche se lo stato di riferimento di solito non viene citato esplicitamente).

L'indicatore qui adottato è basato sull'approccio sopra descritto (anche se il giudizio esperto è stato supportato da un'analisi statistica di dati raccolti in molti corsi d'acqua appenninici) e misura, nel tronco in esame, l'abbondanza di individui della specie guida in base a classi discrete, i cui intervalli sono definiti tenendo conto delle tipiche tecniche di campionamento e dello stato naturale delle specie prese in considerazione.

Per tutte le specie guida l'indicatore è così definito:

Tabella 12 - Tabelle per l'attribuzione dei valori dell'indice "abbondanza specie guida" con X =numero individui specie guida

Specie guida	Intervalli classi di abbondanza				
	Assente	Scarso	Medio	Abbondante	Molto abbondante
BARBO	0	$0 < X < 8$	$8 \leq X < 17$	$17 \leq X < 51$	$X \geq 51$
CAVEDANO	0	$0 < X < 15$	$15 \leq X < 24$	$24 \leq X < 72$	$X \geq 72$

LASCA	0	$0 < X < 7$	$7 \leq X < 13$	$13 \leq X < 39$	$X \geq 39$
ALBORELLA	0	$0 < X < 3$	$3 \leq X < 7$	$7 \leq X < 21$	$X \geq 21$
CARPA	0	$0 < X < 4$	$4 \leq X < 11$	$11 \leq X < 33$	$X \geq 33$

Classe	Valore($f_{2,1,n}$)
assente	0
scarso	1
presente	2
abbondante	3
molto abbondante	4

Articolazione dimensionale ($f_{2,2}$)

Descrive la presenza o meno di individui con taglia dimensionale (lunghezza) massima vicina a quella di riferimento per la tipologia di corso d'acqua considerato; si basa sulla considerazione che se non sono presenti individui di dimensioni sufficientemente elevate la struttura di popolazione non è in equilibrio (a seguito dei più svariati fattori quali eccesso di prelievi ittici, riduzione degli habitat disponibili, scomparsa di organismi a livelli inferiori in termini di catena trofica ...).

L'indicatore qui adottato si basa sulla presenza di individui appartenenti alle specie attese di taglia massima rientrante nelle 3 classi dimensionali così descritte:

Tabella 13 - Tabella per l'attribuzione dei punteggi dell'indice "articolazione dimensionale" con X =lunghezza individuo di tagli massima fra quelli campionati e appartenenti a specie attese ed l =lunghezza massima attesa nello stato di riferimento

Descrizione e definizione intervalli classi dimensionali		Valore($f_{2,2}$)
Dimensione massima scarsa	$X < l - 0.2 * l$	0
Dimensione massima inferiore ma vicina a quella dello stato di riferimento	$l - 0.2 * l \leq X < l$	1
Dimensione massima maggiore o uguale a quella prevista nello stato di riferimento	$X \geq l$	2

Distribuzione classi di taglia ($f_{2,3}$)

Descrive la presenza o meno di individui appartenenti alle classi dimensionali (lunghezza) attese; si basa sulla considerazione che se non sono presenti tutte le classi dimensionali distribuite in modo adeguato la struttura di popolazione non è in equilibrio (se ad esempio manca la classe dimensionale minima è possibile che la popolazione non sia in grado di riprodursi).

L'indicatore qui adottato si basa sulla verifica della presenza di individui appartenenti a 5 classi dimensionali così descritte:

Tabella 14 – Definizione intervalli delle classi dimensionali attese

Definizione delle classi dimensionali (lunghezza)
piccoli bentonici
Individui di lunghezza compresa fra 0 e 10 cm
Individui di lunghezza compresa fra 10 e 20 cm
Individui di lunghezza compresa fra 21 e 30 cm
Individui di lunghezza compresa fra 31 e 40 cm

L'indicatore viene calcolato sulla base della presenza/assenza di individui appartenenti a ciascuna delle classi dimensionali attese e basandosi sui seguenti intervalli:

Descrizione	Valore indicatore
se mancano 4 classi	0
se mancano 3 classi	1
se mancano 2 classi	2
se manca 1 classe	3
se tutte presenti	4

Patologie (f_{2,3})

Descrive la presenza o meno di individui che presentano delle patologie.

L'indicatore qui adottato si basa sull'incidenza percentuale di individui affetti da patologie secondo la seguente suddivisione:

Descrizione	Valore indicatore
Assenza di individui affetti da patologie	2
Presenza di individui affetti da patologie con percentuali di incidenza inferiori al 10% del totale della popolazione	1
Presenza di individui affetti da patologie con percentuali di incidenza maggiori o uguali al 10% del totale della popolazione	0

5.1.5.3 Definizione dello stato di riferimento

Presenza specie autoctone (f_{1,1})

La definizione dello stato di riferimento, per tronchi omogenei del corso d'acqua, è stata effettuata in base alle informazioni in termini di quadro zoogeografico e di tipologia derivanti da letteratura²⁴ e da giudizio di un esperto del tratto di fiume considerato e più in generale dello stato della comunità ittica in corsi d'acqua dell'Appennino settentrionale.

La porzione di corso d'acqua interessata dal progetto è caratterizzata da un'alternanza di tratti a maggior e minor velocità di corrente e in cui il substrato è caratterizzato da alternanza di granulometrie medie (ghiaia, ciottoli) e tratti a substrato sabbioso; la comunità attesa è pertanto maggiormente sbilanciata verso una tipologia a ciprinidi reofili.

La comunità ittica attesa è riepilogata in Tabella 15. In sintesi il valore dell'indicatore nello stato di riferimento $f_{1,1}^R$ è pari a 14.

Tabella 15 – Comunità ittica attesa nello stato di riferimento

Comunità ittica attesa nello stato di riferimento			N° Totale
Ciprinidi	<i>Alburnus alburnus alborella</i>	alborella	14
Anguillidi	<i>Anguilla anguilla</i>	anguilla	
Ciprinidi	<i>Barbus plebejus</i>	barbo comune	
Ciprinidi	<i>Cyprinus carpio</i>	carpa	
Ciprinidi	<i>Leuciscus cephalus</i>	cavedano	
Cobitidi	<i>Cobitis taenia</i>	cobite comune	
Gobidi	<i>Padogobius bonelli</i>	ghiozzo padano	
Ciprinidi	<i>Gobio gobio</i>	gobione	
Ciprinidi	<i>Chondrostoma genei</i>	lasca	
Percidi	<i>Perca fluviatilis</i>	persico reale	
Ciprinidi	<i>Rutilus rubilio</i>	rovella	

²⁴ Zaccanti F., Rizzoli M., Falconi R. 2003 Indice della qualità ittica complessiva (QIC) in acque correnti dell'Appennino settentrionale. In R. Rosso, F. De Bernarbi, M. Greppi, L. Ottenziali eds. "Ingegneria naturalistica: Dal progetto ai risultati.. Edizioni CUSL, Milano. Pp: 280-288

Ciprinidi	<i>Chondrostoma soetta</i>	savetta
Ciprinidi	<i>Rutilus aula</i>	triotto
Ciprinidi	<i>Leuciscus souffia</i>	vairone

Presenza specie alloctone ($f_{1,2}$)

Rapporto specie alloctone su specie totali ($f_{1,2,1}$)

Lo stato di riferimento prevede ovviamente l'assenza di specie alloctone, ovvero $f_{1,2,1}^R = 0$.

Presenza pesce siluro ($f_{1,2,2}$)

Lo stato di riferimento prevede l'assenza del pesce siluro, pertanto $f_{1,2,2} = 1$.

Struttura popolazione (specie guida) (f_2)

La ricostruzione dello stato di riferimento per gli indicatori relativi alla struttura di popolazione è stata realizzata riprendendo i risultati dell'analisi statistica sperimentale (utilizzo dei dati dei campionamenti ittici realizzati su un numero molto elevato dei corsi d'acqua dell'Appennino settentrionale) condotta dall'Università di Bologna nell'ambito dell'applicazione dell'indice QIC25 e riepilogati nella seguente

²⁵ Zaccanti F., Rizzoli M., Falconi R. 2003 Indice della qualità ittica complessiva (QIC) in acque correnti dell'Appennino settentrionale. In R. Rosso, F. De Bernarbi, M. Greppi, L. Ottenziali eds. "Ingegneria naturalistica: Dal progetto ai risultati.. Edizioni CUSL, Milano. Pp: 280-288

Tabella 16. Si consideri che per una rigorosa definizione dello stato di riferimento l'analisi dovrebbe riguardare solo i corsi d'acqua ancora in condizioni di elevata naturalità; nel caso specifico, essendo stati considerati anche i dati di corsi d'acqua in condizioni di scarsa naturalità i valori dello stato di riferimento per i vari parametri considerati potrebbe non risultare rigoroso; questa considerazione risulta particolarmente significativa per i tratti di corso d'acqua compresi nella fascia altitudinale minima (corsi d'acqua di pianura tutti oggi molto lontani dalle condizioni di naturalità) meno importante per i corsi d'acqua nella fascia montana o collinare (come nel caso specifico, in quanto ancor oggi in molti casi in condizioni di buona naturalità).

Tabella 16- Definizione dello stato di riferimento dei parametri dei popolamenti ittici distribuite per altitudini crescenti. I valori numerici in nero rappresentano limiti inferiori, quelli in bianco limiti superiori della condizione di riferimento. In rosso i parametri effettivamente considerati rispetto ai sub-indici scelti. Per "articolazione strutturale" si intende il numero di classi di lunghezza di un centimetro presenti nel campione (da Zaccanti et al. (2003), mod.).

altitudine (m. s.l.m.)		0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050		
numero di specie		7				6				5		4		3		2		1							
indice di biodiversità		1,8				1,7		1,6		1,5		1,3		1,1		0,7		0,5		0,2		0			
biomassa (g/mq)		18	13	11	10	9				8				7				6							
indice di strato		2,3	2,2	2,1		2				1,9		1,8		1,7		1,6		1,4		1,2		1,1		1	
presenza e articolazione strutturale	trota	10																							
	vairone	6																							
	barbo	8																							
	cavedano	15																							
	lasca	7																							
	alborella	3																							
	carpa	4																							
piccoli bentonici stanziali		presenza																							
classi di taglia (mm)	taglie piccole (0-100)	presenza																							
	taglie medio-piccole (100-200)	presenza																							
	taglie medio-grandi (200-300)	presenza																							
	taglie grandi (300-400)	presenza																							
articolazione dimensionale		28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15										
parametri negativi	discontinuità strutturale	assenza																							
	alloctoni (%)	0																							
	patologie (%)	0																							
altitudine (m. s.l.m.)		0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050		

Abbondanza (specie guida) ($f_{2,1}$)

Abbondanza specie guida 1 ($f_{2,1,1}$), Abbondanza specie guida 2 ($f_{2,1,2}$), Abbondanza specie guida 3 ($f_{2,1,3}$)

Lo stato di riferimento, per come sono state definite le classi di abbondanza relative alle specie guida, corrisponde per tutti e tre gli indicatori a "molto abbondante" rispetto agli intervalli individuati in Tabella 12.

Articolazione dimensionale ($f_{2,2}$)

Lo stato di riferimento, ricavato dai valori della

Tabella 16 corrispondente alla fascia altitudinale considerata (50-100m) risulta pari a 27 cm di lunghezza.

Distribuzione classi di taglia (f_{2.3})

Nello stato di riferimento devono essere presenti tutte le classi dimensionali e il valore dell'indicatore è quindi pari a 4.

Patologie (f_{2.4})

Nello stato di riferimento nessun individuo deve essere affetto da patologie ed il valore dell'indicatore risultare quindi pari a 2.

5.1.5.4 Dall'indicatore alla FV

Composizione comunità (f_1)

Presenza specie autoctone ($f_{1,1}$)

La FV è monotona lineare crescente: la soddisfazione è massima in presenza di tutte le specie attese ed è minima in assenza di specie attese.

In formule:

$$v_{1,1}(f_{1,1}) = f_{1,1} / f_{1,1}^R$$

dove $f_{1,1}^R$ è il valore dell'indicatore nello stato di riferimento.

Presenza specie alloctone ($f_{1,2}$)

Rapporto specie alloctone su specie totali ($f_{1,2,1}$)

La FV è monotona lineare decrescente: la soddisfazione è massima in assenza di specie alloctone, ed è minima in presenza di sole alloctone.

In formule:

$$v_{1,2,1}(f_{1,2,1}) = 1 - f_{1,2,1}$$

Presenza pesce siluro ($f_{1,2,2}$)

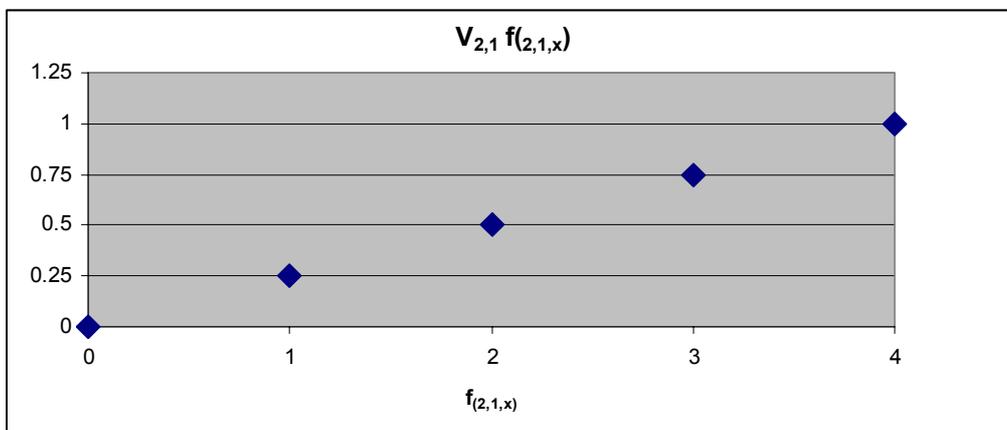
Questo indicatore, per come è stato definito, è già una FV.

Struttura popolazione (specie guida) (f_2)

Abbondanza (specie guida) ($f_{2,1}$)

Abbondanza specie guida 1 ($f_{2,1,1}$), Abbondanza specie guida 2 ($f_{2,1,2}$), Abbondanza specie guida 3 ($f_{2,1,3}$), Abbondanza specie guida 4 ($f_{2,1,4}$), Abbondanza specie guida 5 ($f_{2,1,5}$)

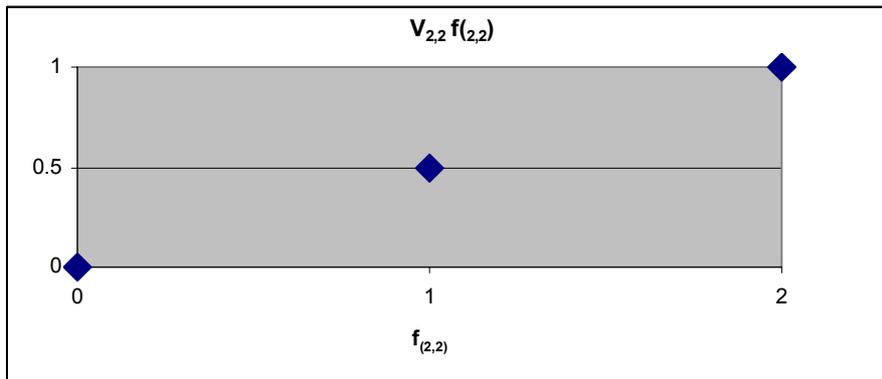
Per ciascuno dei tre indicatori (che indichiamo genericamente con $f_{2,1,x}$), la FV, come l'indicatore, è discreta:



- $v_{2,1,x}(f_{2,1,x}) = 0$ per $f_{2,1,x} = 0$ (assente);
- $v_{2,1,x}(f_{2,1,x}) = 0.25$ per $f_{2,1,x} = 1$ (occasionale);
- $v_{2,1,x}(f_{2,1,x}) = 0.5$ per $f_{2,1,x} = 2$ (presente);
- $v_{2,1,x}(f_{2,1,x}) = 0.75$ per $f_{2,1,x} = 3$ (abbondante);
- $v_{2,1,x}(f_{2,1,x}) = 1$ per $f_{2,1,x} = 4$ (molto abbondante).

Articolazione dimensionale ($f_{2,2}$)

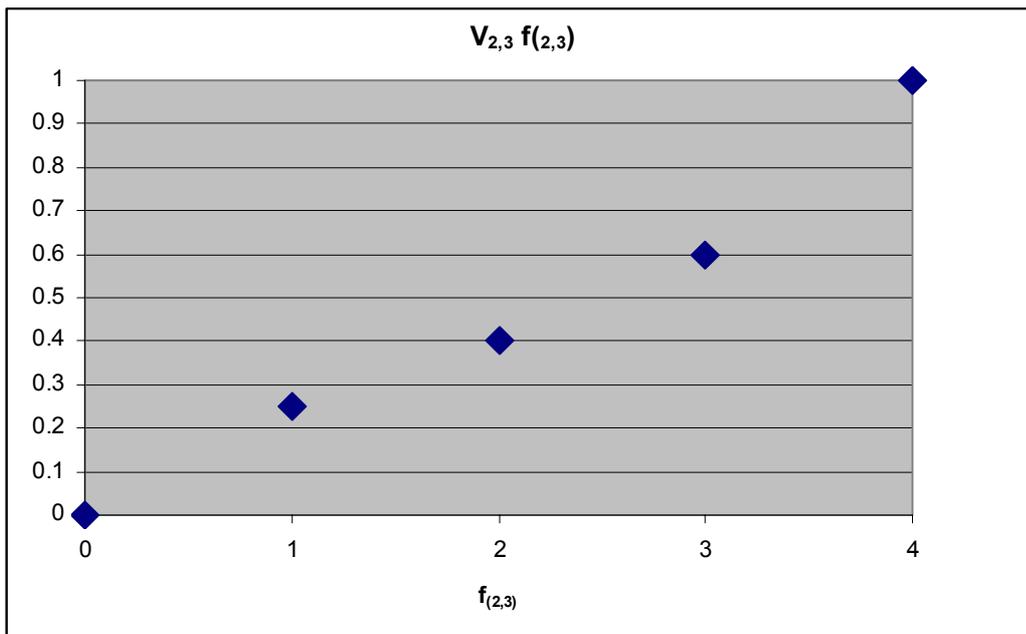
La FV, come l'indicatore, è discreta:



- $v_{2,2}(f_{2,2}) = 0$ per $f_{2,2} = 0$ (dimensione massima scarsa);
- $v_{2,2}(f_{2,2}) = 0.50$ per $f_{2,2} = 1$ (dimensione massima inferiore ma vicina a quella dello stato di riferimento);
- $v_{2,2}(f_{2,2}) = 1$ per $f_{2,2} = 2$ (dimensione massima maggiore o uguale a quella prevista nello stato di riferimento).

Distribuzione classi di taglia ($f_{2,3}$)

La funzione come l'indicatore è discreta:



- $v_{2,3}(f_{2,3}) = 0$ per $f_{2,3} = 0$ (se mancano 4 classi);

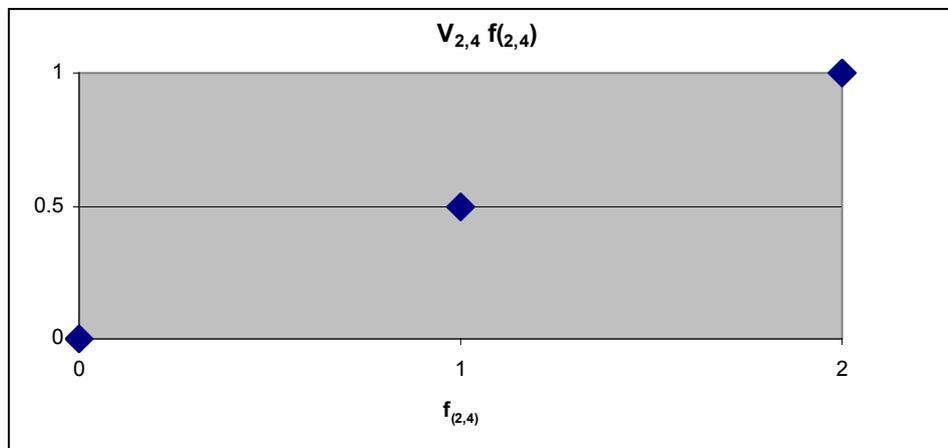
$v_{2,3}(f_{2,3}) = 0.25$ per $f_{2,3} = 1$ (se mancano 3 classi);
 $v_{2,3}(f_{2,3}) = 0.5$ per $f_{2,3} = 2$ (se mancano 2 classi);
 $v_{2,3}(f_{2,3}) = 0.6$ per $f_{2,3} = 3$ (se manca 1 classe);
 $v_{2,3}(f_{2,3}) = 1$ per $f_{2,3} = 4$ (se tutte presenti).

Si osservi che la funzione in questo caso è “lineare a tratti” per misurare la maggiore perdita di soddisfazione legata alla scomparsa anche di una sola classe dimensionale (già evidente segno di squilibrio).

Patologie ($f_{2,4}$)

Nello stato di riferimento nessun individuo deve essere affetto da patologie ed il valore dell'indicatore risultare quindi pari a 2.

La FV, come l'indicatore, è discreta:



$v_{2,2}(f_{2,4}) = 0$ per $f_{2,4} = 0$ (> 10% con patologie).
 $v_{2,2}(f_{2,4}) = 0.50$ per $f_{2,4} = 1$ (meno 10% con patologie);
 $v_{2,2}(f_{2,4}) = 1$ per $f_{2,4} = 2$ (assenza patologie).

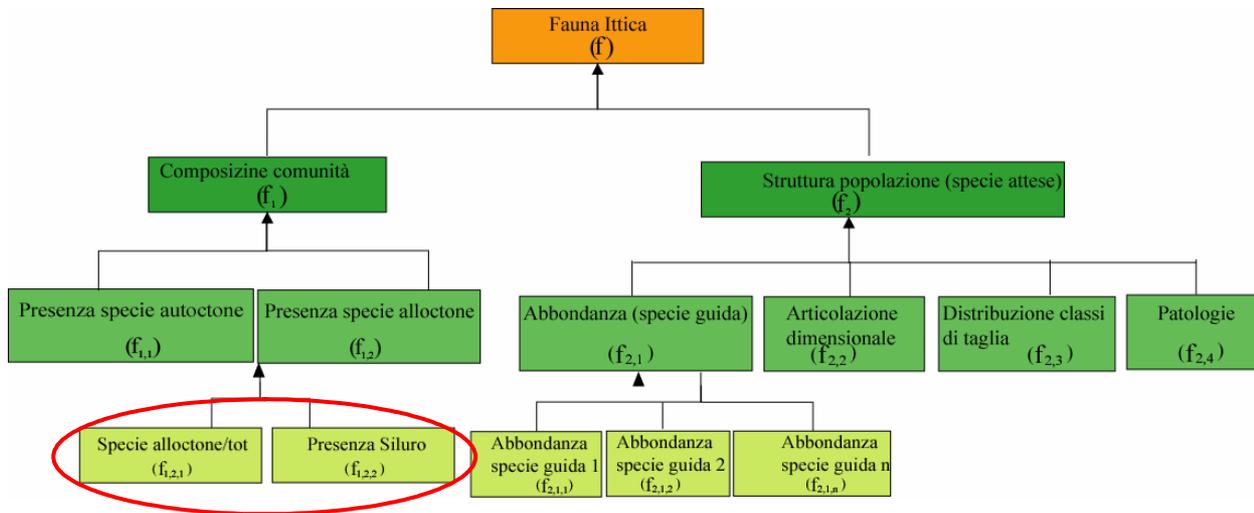
5.1.5.5 *Aggregazione degli indicatori*

Data la struttura dell'albero dei valori, l'aggregazione di indicatori ed indici in indici di livello superiore è stata necessaria su 3 livelli dell'albero, ovvero per l'aggregazione degli indicatori $f_{1,2,1}$ ed $f_{1,2,2}$ nel sub-indice $f_{1,2}$ e dei sub-indici $f_{2,1,1}$, $f_{2,1,1}$, $f_{2,1,3}$, $f_{2,1,4}$ e $f_{2,1,5}$ nel subindice $f_{2,1}$; dei sub-indici $f_{1,1}$ ed $f_{1,2}$ nell'indice f_1 e dei sub-indici $f_{2,1}$, $f_{2,2}$, $f_{2,3}$ e $f_{2,4}$ nel subindice f_2 infine per l'aggregazione dei sub-indici f_1 e f_2 nell'indice fauna ittica f .

Questo si è tradotto nella definizione di funzioni valore multi-dimensionali, tramite giudizio esperto.

Per giungere all'indice *fauna ittica* f è necessario effettuare pertanto le seguenti aggregazioni:

- 1) Aggregazione dei 2 indicatori foglia del sub-indice *presenza specie alloctone*:



La presenza del pesce siluro in un tratto rende minima la soddisfazione associata alla presenza/assenza di specie alloctone, indipendentemente dal valore assunto dall'indicatore $f_{1,2,1}$; in assenza di siluro, al contrario, l'indice sulla presenza di specie alloctone è determinato solo dall'indicatore *Rapporto specie alloctone su totali*.

In formule:

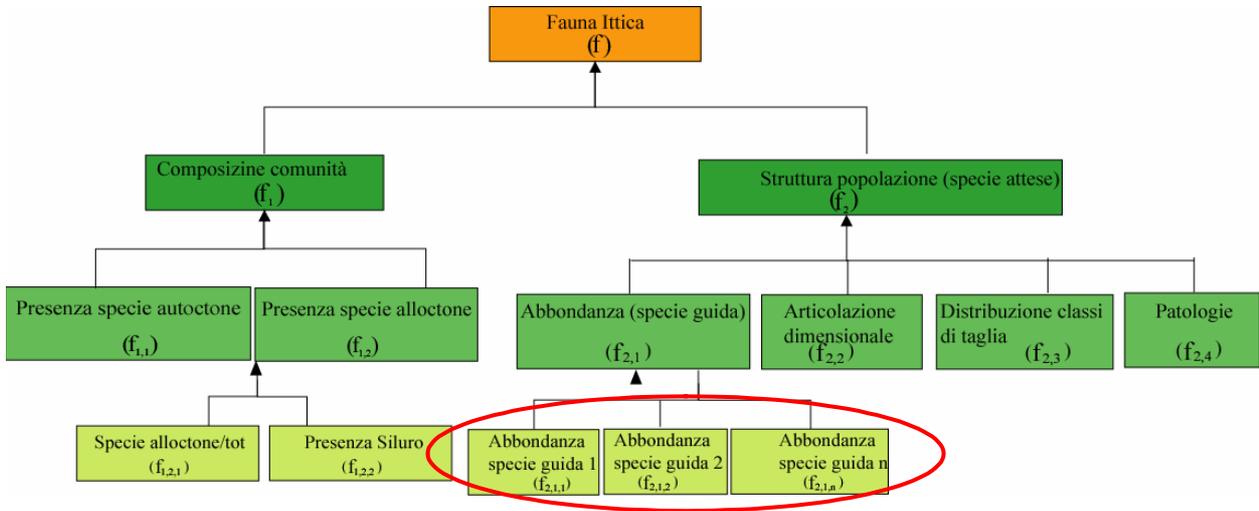
$$f_{1,2} = v_{1,2,1}(f_{1,2,1}) * f_{1,2,2}$$

dove:

$v_{1,2,1}(f_{1,2,1})$ = funzione valore corrispondente all'indicatore *rapporto specie alloctone su totali*.

2) Aggregazione dei 5 indicatori foglia del sub-indice *Abbondanza specie guida*:

I 5 attributi sono stati considerati di uguale importanza in tutto il range di valori assumibili.



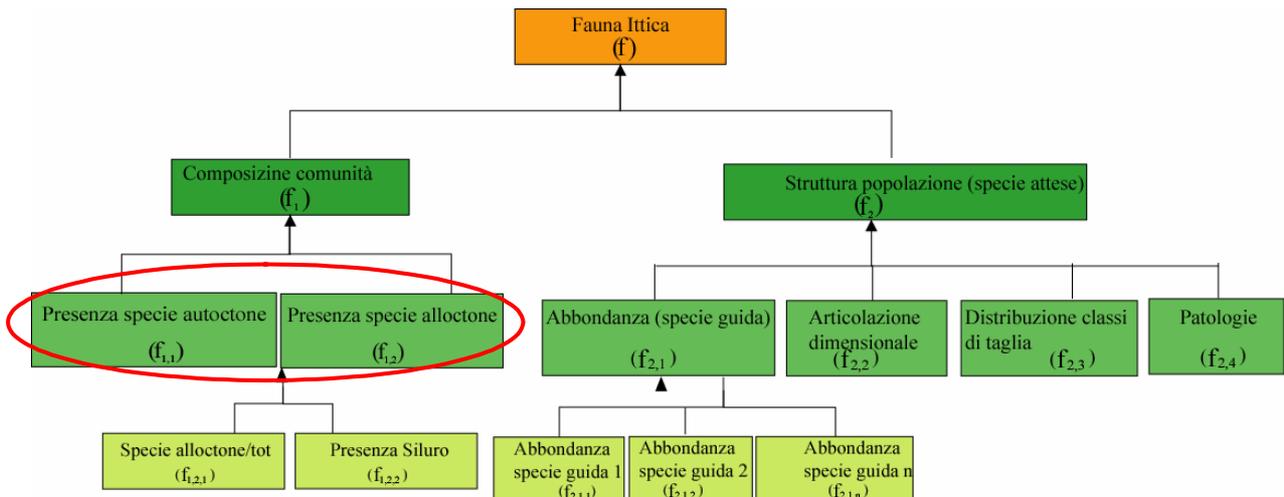
È stata adottata una semplice forma aggregativa additiva:

$$f_{2,1} = \lambda_{2,1,1} * v_{2,1,1}(f_{2,1,1}) + \lambda_{2,1,2} * v_{2,1,2}(f_{2,1,2}) + \lambda_{2,1,3} * v_{2,1,3}(f_{2,1,3}) + \lambda_{2,1,4} * v_{2,1,4}(f_{2,1,4}) + \lambda_{2,1,5} * v_{2,1,5}(f_{2,1,5})$$

dove:

$$\lambda_{2,1,1} = \lambda_{2,1,2} = \lambda_{2,1,3} = \lambda_{2,1,4} = \lambda_{2,1,5} = 1/5$$

3) Aggregazione dei 2 sub-indici *presenza specie autoctone* e *presenza specie alloctone* in *composizione comunità*:



Secondo gli esperti, finché un numero non elevato di specie autoctone sono presenti, i due sub-indici assumono uguale importanza, mentre, all'aumentare di $f_{1,1}$ (come limite è stato indicato il livello di soddisfazione associato a $f_{1,1}$ pari a 0.7), $f_{1,2}$ diventa sempre meno importante²⁶.

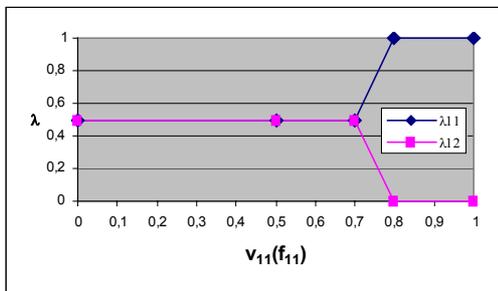
Adottando una forma aggregativa additiva:

$$f_1 = \lambda_{1,1} * v_{1,1}(f_{1,1}) + \lambda_{1,2} * f_{1,2}$$

dove:

$v_{1,1}(f_{1,1})$ = funzione valore corrispondente all'indicatore *presenza specie autoctone*

e i pesi assumono i valori illustrati in figura:

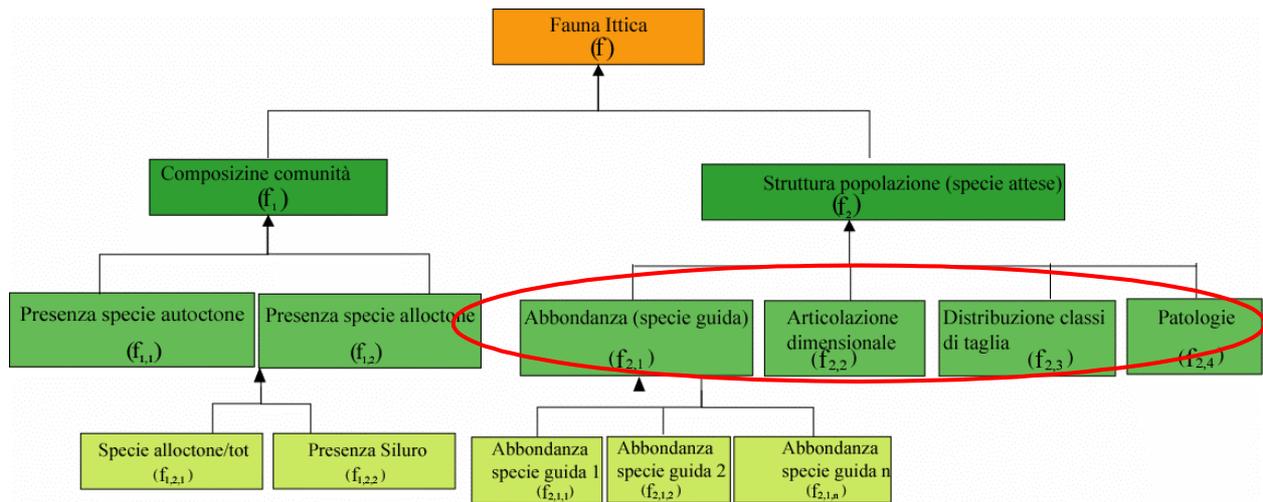


per $v_{1,1}(f_{1,1}) < 0.7 \rightarrow \lambda_{1,1} = \lambda_{1,2} = 0.5$

per $0.7 \leq v_{1,1}(f_{1,1}) \leq 0.8 \rightarrow \lambda_{1,1} = 0.5 + 5 * (v_{1,1}(f_{1,1}) - 0.7)$; $\lambda_{1,2} = 1 - \lambda_{1,1}$

per $v_{1,1}(f_{1,1}) > 0.8 \rightarrow \lambda_{1,1} = 1$ e $\lambda_{1,2} = 0$.

4) Aggregazione dei 4 sub-indici $f_{2,1}$, $f_{2,2}$, $f_{2,3}$ e $f_{2,4}$ nel subindice $f_{2,1}$.



²⁶ In pratica, se il tratto di fiume in esame è in grado di sostenere una popolazione prossima (in termini di specie) a quella naturale, questo significa che il "disturbo" dovuto alla presenza di specie alloctone è limitato. Gli esperti hanno tuttavia sottolineato che in queste condizioni la soddisfazione è sempre più legata a quali specie sono presenti, più che a quante, aspetto però non rappresentabile dagli indicatori scelti, che, pena l'impossibilità di modellizzare il sistema, si limitano a contare il numero di specie presenti (l'introduzione dell'indicatore $f_{1,2,2}$ "presenza Siluro" ha tuttavia ridotto questa limitazione).

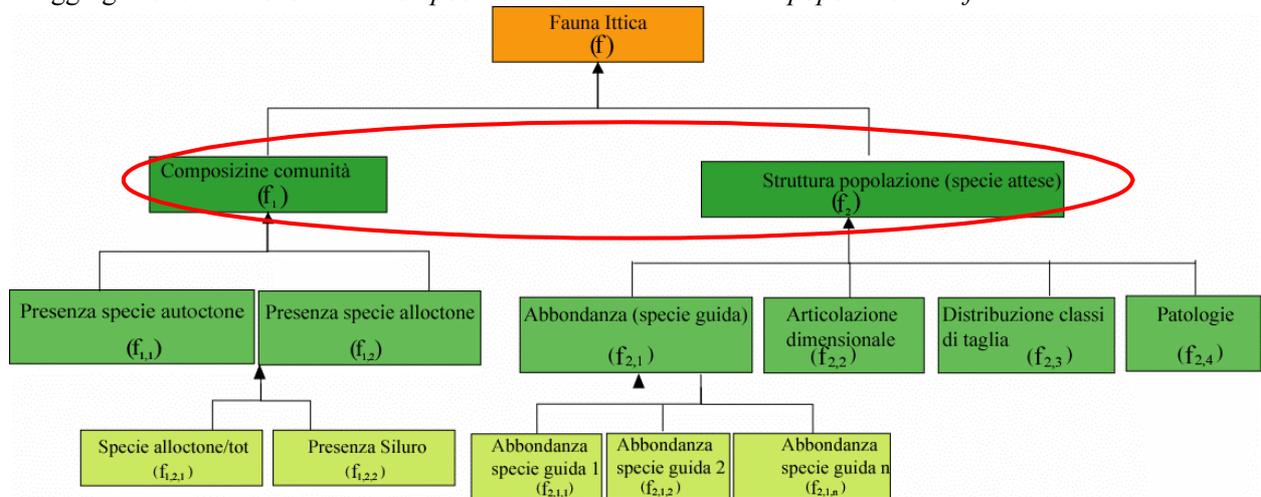
È stata adottata una semplice forma aggregativa additiva:

$$f_2 = \lambda_{2,1} * v_{2,1}(f_{2,1}) + \lambda_{2,2} * v_{2,2}(f_{2,2}) + \lambda_{2,3} * v_{2,3}(f_{2,3}) + \lambda_{2,4} * v_{2,4}(f_{2,4})$$

dove:

$$\lambda_{2,1} = 0.23 \quad \lambda_{2,2} = 0.23 \quad \lambda_{2,3} = 0.3 \quad \lambda_{2,1,5} = 0.23$$

5) Aggregazione dei 2 sub-indici *composizione comunità* e *struttura popolazione in fauna ittica*:



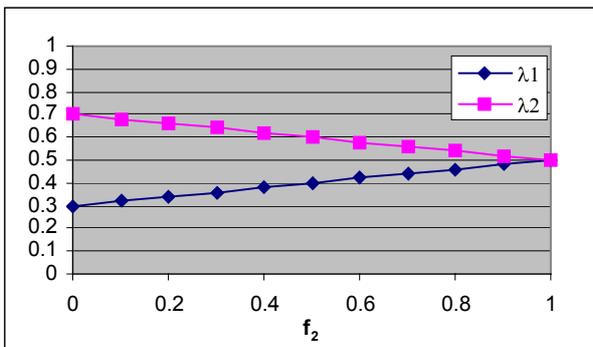
Secondo gli esperti, tra f_1 (composizione della comunità) e f_2 (struttura della popolazione, rappresentata da quella della specie guida) è più importante f_2 , sebbene la sua importanza relativa decresca al migliorare di f_2 ; in corrispondenza della massima soddisfazione associata ad f_2 , i due sub-indici assumono uguale importanza; in corrispondenza della minima soddisfazione associata ad f_2 la soddisfazione complessiva è data al 70% da f_2 e al 30% da f_1 (si veda figura sotto).

In formule:

$$f = \lambda_1 * f_1 + \lambda_2 * f_2$$

dove:

$$\lambda_2 = 1 - (0.3 + 0.2 * f_2); \lambda_1 = 1 - \lambda_2$$



5.1.5.6 *Suddivisione in tronchi omogenei per il calcolo dell'indicatore*

La suddivisione in tronchi è stata eseguita in corrispondenza di:

- ogni immissione significativa (scarichi di depuratori²⁷, scarichi industriali²⁸, scolmatori urbani²⁹, immissione di corsi d'acqua naturali³⁰ e di canali artificiali significativi in termini di apporto di carichi e/o di portata) in quanto esse possono far variare gli indicatori per immissione diretta di sostanze inquinanti, o per effetto della diluizione;
- in corrispondenza di ogni derivazione significativa³¹, in quanto la riduzione di portata può indurre la variazione di alcuni parametri (si pensi ad esempio all'OD);
- in corrispondenza di opere trasversali (briglie e traverse) significative e non munite di passaggi per pesci funzionanti;
- in presenza di disomogeneità rispetto al valore attuale dell'indicatore;

ottenendo il risultato illustrato in Tabella 17.

Tabella 17 - Tronchi omogenei per l'indice fauna ittica

ID tronco	da		a	
	Km	località	km	località
ITT 01	0.00	confluenza torrente Setta	1.56	briglia ponte A1
ITT 02	1.56	briglia ponte A1	5.13	traversa canale Maglio
ITT 03	5.13	traversa canale Maglio	6.66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo
ITT 04	6.66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	7.30	briglia cava SAPABA
ITT 05	7.30	briglia cava SAPABA	9.48	confluenza canale del Maglio
ITT 06	9.48	confluenza canale del Maglio	12.04	chiusa di Casalecchio
ITT 07	12.04	chiusa di Casalecchio	12.76	Casalecchio ponte strada Porrettana
ITT 08	12.76	Casalecchio ponte strada Porrettana	13.59	Casalecchio briglia piscina (stadio)
ITT 09	13.59	Casalecchio briglia piscina (stadio)	17.44	Casalecchio ponte via Emilia
ITT 10	17.44	Casalecchio ponte via Emilia	18.31	Casalecchio ponte ferrovia Mi-BO
ITT 11	18.31	Casalecchio ponte ferrovia Mi-BO	19.52	ponte autostrada A14

²⁷ Nell'applicazione specifica si sono considerati: lo scarico del depuratore di Sasso Marconi (7500 AE) e quello del depuratore di Borgonuovo (2500 AE) che giunge al Reno tramite il Canale Pontecchio o Maglio)

²⁸ Nell'applicazione specifica si sono considerati: lo scarico "CIBA" (diretto a Reno), lo scarico della cartiera di Borgonuovo recapitato al Reno tramite il canale del Maglio, lo scarico S.A.P.A.B.A. recapitato al Reno tramite il canale il Rio Sabbioso.

²⁹ Nell'applicazione specifica si sono considerati quelli dell'area urbana di Bologna presso il ponte di Via Togliatti.

³⁰ Nell'applicazione specifica il T. Setta (unico da ritenersi significativo)

³¹ Nel caso specifico quella in prossimità della derivazione del canale del Maglio e quella della Chiusa di Casalecchio.

5.1.5.7 Dati necessari per il calcolo di indicatori ed indici

Tabella 18 - Tabella riepilogativa dei dati necessari al calcolo dell'indice, distinti in base alle diverse fasi di applicazione della metodologia

Indice	Fase di lavoro			
	definizione stato riferimento	suddivisione in tronchi	calcolo indicatore	
	materiale utilizzato	materiale utilizzato	materiale utilizzato	aggiornamento
Fauna Ittica	Zaccanti F., Rizzoli M., Falconi R. 2003 Indice della qualità ittica complessiva (QIC) in acque correnti dell'Appennino settentrionale. In R. Rosso, F. De Bernarbi, M. Greppi, L. Ottenziali eds. "Ingegneria naturalistica: Dal progetto ai risultati.. Edizioni CUSL, Milano. Pp: 280-288	Catasto depuratori	Dati campionamenti ittici (2003) Università di Bologna pubblicati	Per il calcolo degli indici sono stati utilizzati solo quelli aggiornati al 2003; in fase di commento sono stati considerati anche quelli precedenti.
		Localizzazione affluenti principali		
		Localizzazione canali principali		
	Giudizio esperto	Localizzazione derivazioni		
		Localizzazione scarichi civili ed industriali		
		Localizzazioni traverse o briglie		
		Localizzazione stazioni campionamento		

Tabella 19 - Altro materiale consultato risultato utile ai fini della verifica e comprensione dei risultati emersi dall'applicazione dell'indice

Altro materiale consultato	"Carta ittica della Provincia di Bologna. Acque di categoria "C"", Provincia di Bologna, 2001. Zaccanti F., Falconi R., Dal Piaz D. e Boschieri E.
	Studio per la determinazione del DMV sperimentale nel bacino idrografico del Fiume Reno
	Autorità di Bacino del Reno. Qualità ambientale dei corsi d'acqua principali del bacino del fiume Reno

5.1.6 Vegetazione terrestre

5.1.6.1 Albero dei valori

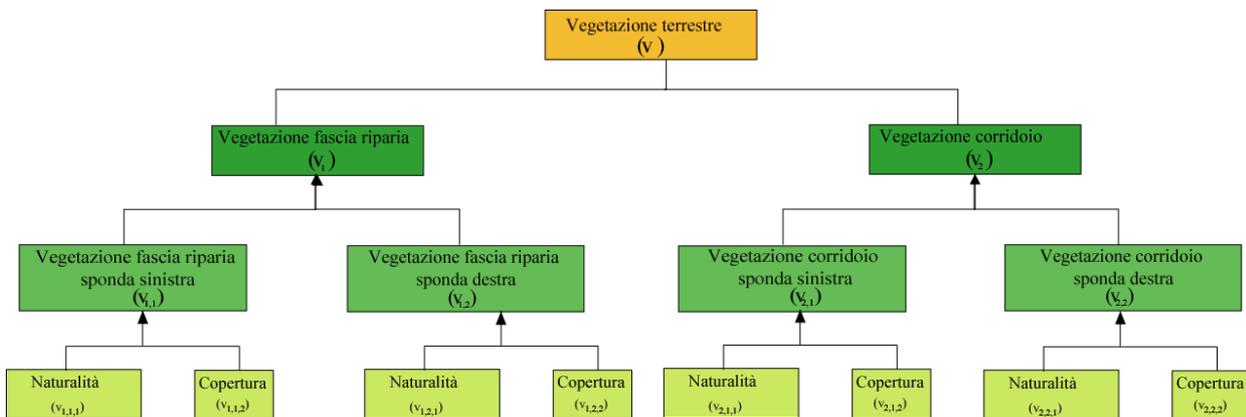


Figura 15 – Albero dei valori relativo al sub-indice vegetazione terrestre

L'albero dei valori dell'indice vegetazione è rappresentato in Figura 15.

Vista la necessità di disporre di una metodologia applicabile senza necessità di indagini "ad hoc", la scelta degli indicatori foglia è stata in parte condizionata dal tipo di dati disponibili: tra questi, in particolare, si è tenuto conto di quelli raccolti all'interno dello studio "Proposta di metodologia per la caratterizzazione del "grado di efficacia" delle fasce riparie: applicazione ad un tratto pedecollinare del fiume Reno³² (da ora in poi per facilità denominato "STUDIO su EFFICACIA"), essendo questi dati sistematici sulla vegetazione, basati su indagini di campo e relativi ad una porzione significativa del tratto di corso d'acqua considerato.

L'indice qui proposto è stato pertanto sviluppato (adattando la struttura dell'indice FLEA) in modo da poterlo calcolare utilizzando il più possibile gli indicatori e/o i dati delle campagne di misura effettuate nell'ambito del suddetto studio, almeno nell'area da esso coperta (che non include interamente in tratto di studio fermandosi poco a valle della chiusa di Casalecchio).

Si osservi inoltre che, nel metodo FLEA, l'indice proposto per caratterizzare la vegetazione terrestre è costituito da 2 sub-indici, uno relativo alla *vegetazione riparia* e l'altro alla *vegetazione di corridoio*, o *zonale*.

La prima è costituita da specie sostanzialmente legate alla presenza del corso d'acqua e i cui fattori ecologici limitanti non sono, se non in misura secondaria, di natura climatica; la seconda risponde invece prevalentemente ai fattori climatici locali, differendo da zona a zona, e costituisce quella fascia di raccordo tra la vegetazione riparia e quella dei versanti (su questa distinzione si veda ad esempio Pedrotti e Gafta, 1996; Auble et al., 1994; Naiman e Décamps, 1997; Siligardi et al., 2001; Minciardi et al., 2003; CIRF, 2006).

La scelta di suddividere l'analisi della vegetazione "riparia" da quella "di corridoio" merita tuttavia un approfondimento. La vegetazione, in realtà, dall'alveo verso l'esterno, si sviluppa secondo un *continuum*, dalla più riparia/igrofila alla meno riparia/igrofila, pertanto non è a rigore possibile discriminare nettamente quella "riparia" da quella "non riparia". Questa distinzione netta è tuttavia spesso applicata nella pratica e ripresa anche qui, in quanto la fascia di vegetazione maggiormente influenzata dal corso d'acqua (ovvero dalle sue variazioni di portata, dalla variazioni del livello di falda, ecc.) ha caratteristiche peculiari, in particolare una maggiore importanza ecologica e maggiore capacità tampone, ed è quindi sensato descriverla separatamente e attribuire al

32 C. Cavazza, 2 L. Canciani, 3 M. Rigotti, 4 S. Correggiari, 3 D. Pavanelli

relativo sub-indice un'importanza più elevata, in relazione all'ecosistema fluviale, rispetto a quello relativo alla vegetazione di corridoio.

Un altro aspetto critico e di non facile soluzione è relativo al "dove misurare lo stato della vegetazione riparia". La soluzione rigorosa e coerente con la Direttiva Quadro prevedrebbe di misurarlo in quella fascia che, nello stato di riferimento, contiene "prevalentemente" vegetazione riparia. Il limite interno di questa fascia se, come in questo caso, non si considera la vegetazione nell'alveo attivo, è in pratica il confine del *bankfull* nello stato di riferimento, mentre il limite esterno a rigore si potrebbe tracciare come confine dell'area in cui, nello stato di riferimento, la vegetazione è al 100% (o al 90%) "riparia", ovviamente se questa informazione è nota. Poiché normalmente non lo è, si può far corrispondere il limite esterno con quello dell'area influenzata dalla portate in alveo per tempi di ritorno paragonabili ai "tempi di risposta" tipici della vegetazione; si potrebbe ad esempio adottare il limite esterno della fascia inondata (sempre nello stato di riferimento) con tempo di ritorno pari a 4-5 anni. Anche in questa forma semplificata, tuttavia, è necessario tracciare il *bankfull* e le fasce di esondazione con dati tempi di ritorno nello stato di riferimento, operazione non agevole, soprattutto se sono intervenuti non trascurabili restringimenti dell'alveo attivo, a causa di ridotto apporto solido, riduzione delle portate in alveo, arginature, ecc. Nell'impossibilità di ottenere questa informazione, la possibile soluzione è quella di adottare fasce di ampiezza prefissata (ad esempio per il Reno 30 metri) all'esterno del *bankfull*, anche se ovviamente bisogna tener conto che l'errore rispetto alla procedura rigorosa può risultare elevato (si pensi ad esempio ai tratti naturalmente incassati).

Analogo discorso andrebbe fatto per la vegetazione di corridoio, adottando però in questo caso come limite interno quello che delimita esternamente la fascia riparia e come limite esterno il bordo della fascia che viene inondata (sempre nello stato di riferimento) almeno con piene con tempi di ritorno dell'ordine dei 100-200 anni. Per le analoghe difficoltà sopra riportate, si può approssimare tale fascia ad un'ampiezza ragionevole quantificabile in circa 3 volte l'ampiezza media del *bankfull*.

Nell'applicazione specifica, è stata adottato, come fascia riparia, un buffer di 30 metri (rispetto all'alveo attuale 2003) su entrambe le sponde (qualche piccolo restringimento di questo "buffer" è stato adottato là dove questo "oltrepassava" l'attuale area di inondazione con piene duecentennali).

Per la vegetazione di corridoio si è considerata per ciascuna sponda una fascia avente come limite interno il limite esterno della fascia riparia e come limite esterno quello ottenuto dall'involuppo della fascia di inondazione attuale con tempi di ritorno duecentennali e l'alveo di piena ordinaria del 1884 (stato di riferimento); questo tipo di scelta ha permesso di ridurre in parte sia l'errore legato alla mancanza di informazione circa il limite per le piene con tr 200 anni nello stato di riferimento (come detto è disponibile solo quello per piene ordinarie) sia l'errore dovuto agli effetti degli interventi di contenimento realizzati successivamente (che emerge se si utilizzano i limiti della fascia di inondazione attuale).

5.1.6.2 Descrizione e formalizzazione degli indicatori

Vegetazione della fascia riparia (V_1): è dato dall'aggregazione, per tronco, di due sub-indici definiti in modo identico ma relativi alle 2 diverse sponde:

Vegetazione fascia riparia sponda sinistra ($v_{1,1}$)³³

per ogni tronco in cui è suddiviso il corso d'acqua, è stato calcolato considerando 2 indicatori:

Naturalità ($v_{1,1,1}$)³⁴

Riprende in sostanza il concetto di "Valore Vegetazionale di Alveo" (Ferrari, dell'Aquila, 1994) e viene definita sulla base di parametri strutturali della vegetazione: la composizione specifica e la stratificazione secondo le seguenti classi (riprese da quelle utilizzate per l'indice di "presenza di formazioni vegetazionali in fascia perifluviale" nello SDF) così adattate:

Tabella 20 – Classi dell'indice naturalità della fascia riparia

Descrizione,	Valore indicatore $v_{1,1,1}$
Alneti, Saliceti arbustivi, Salico Pioppeti	1
Boschi degradati di Robinia	2
Vegetazione disturbata post-coltura	3

Il valore di naturalità per ogni tratto di fascia riparia si ottiene attraverso una somma dei valori dell'indicatore (normalizzati fra 0 e 1 tramite opportuna funzione valore, vedi in seguito) pesata rispetto alla percentuale di superficie occupata da vegetazione a diversa naturalità

NOTA PER L'APPLICAZIONE AL CASO SPECIFICO

Vista la disomogeneità del tipo di informazione disponibile fra i diversi tronchi analizzati, per l'applicazione operativa della metodologia (calcolo in ambiente GIS) si considerino le seguenti assunzioni:

Tronchi	Classe naturalità	Fonte cartografica	
2,3,4,5,6,7	Stesse classi di naturalità utilizzate in "STUDIO su EFFICACIA"		
1,8,9	1	Uso suolo 2003	Bs
		Carta forestale (dove non inserite in carta uso suolo 2003)	Selezionate le voci con: Boschi a prevalenza di salice, pioppo bianco, pioppo nero
	2	Carta forestale	Selezionate le voci in cui la Robinia (Rp) è indicata come prima o seconda specie
	3	Uso suolo 2003	Ta, Tn, Av, Zo, Ze, Af

³³ La definizione dei sub-indici (compreso lo stato di riferimento e la funzione valore) riportata per l'indicatore $v_{1,1}$ relativo alla sponda sinistra, rimane identica per l'indicatore $v_{1,2}$ relativo alla sponda destra

³⁴ Corrisponde (se pur con alcune differenze nella procedura di calcolo) all'indicatore "Qualità vegetazionale" adottato all'interno dello studio citato in nota 31

Copertura ($v_{1,1,2}$)

Misura la frazione di superficie del tronco in esame coperto da vegetazione³⁵ (esclusa quella antropica)

In formule:

$$v_{1,1,2} = S_v/S$$

con

S_v = superficie coperta da vegetazione

S = superficie totale della fascia riparia

Vegetazione corridoio (zonale) (v_z)

Vegetazione corridoio (zonale) sponda sinistra ($v_{2,1}$)³⁶

Naturalità ($v_{2,1,1}$)³⁷

Valgono tutte le considerazioni riportate nella definizione dell'indicatore $v_{1,1,1}$, ad eccezione del tipo di fitocenosi considerate, che variano secondo quanto riportato in Tabella 21.

Tabella 21 – Classi dell'indice naturalità della fascia riparia

Descrizione,	Valore indicatore $v_{1,1,1}$
salico pioppeto di ripa, quercu-carpineto	1
boschi degradati di Robinia	2
vegetazione disturbata post-coltura	3

Il valore di naturalità per ogni tratto di fascia riparia si ottiene attraverso una somma dei valori dell'indicatore (normalizzati fra 0 e 1 tramite opportuna funzione valore, vedi in seguito) pesata rispetto alla percentuale di superficie occupata da vegetazione a diversa naturalità

NOTA PER L'APPLICAZIONE AL CASO SPECIFICO

Vista la disomogeneità del tipo di informazione disponibile fra i diversi tronchi analizzati, per l'applicazione operativa della metodologia (calcolo in ambiente GIS) si considerino le seguenti indicazioni:

Tronchi	Classe naturalità	Fonte cartografica	
2,3,4,5,6,7	1	Uso suolo "Studio efficacia"	B (ma senza considerare i boschi a robinia 1° o 2° specie individuati nella carta forestale)
	2	Carta forestale	Selezionate le voci in cui la Robinia (Rp) è indicata come prima o seconda specie
	3	Uso suolo "Studio efficacia"	I
1,8,9	1	Uso suolo 2003	Bs + Bq
		Carta forestale (dove non inserite in carta uso suolo 2003)	Boschi a prevalenza di salice, pioppo bianco, pioppo nero, quercia, olmo

³⁵ Nella pratica corrisponde alla somma delle superfici di uso del suolo considerate per il calcolo della naturalità

³⁶ La definizione dei sub-indici (compreso lo stato di riferimento e la funzione valore) riportata per l'indicatore $v_{2,1}$ relativo alla sponda sinistra rimane identica per indicatore $v_{2,2}$ relativo alla sponda destra.

³⁷ Corrisponde all'indicatore "Presenza della fascia perifluviale primaria" adottato all'interno dello SDF

2	Carta forestale	Dove Robinia (Rp) prima o seconda specie
3	Uso suolo 2003	Ta, Tn, Av, Zo, Ze

Copertura ($v_{2,1,2}$)

Misura la frazione di superficie del tronco in esame coperto da vegetazione³⁸ (esclusa quella antropica)

In formule:

$$v_{2,1,2} = S_v/S$$

con

S_v = superficie coperta da vegetazione

S = superficie totale della fascia riparia

5.1.6.3 *Definizione dello stato di riferimento*

Vegetazione fascia riparia (v_1)

Naturalità ($v_{1,1,1}$)

La vegetazione presente è principalmente formata da specie arboree riparie (saliceto-pioppeto di ripa a prevalenza di specie arborea, alneto di ontano nero e di ontano bianco) che corrisponde a:

$$v_{1,1,1} = 3$$

Copertura ($v_{1,1,2}$)

Intera fascia coperta da vegetazione

$$v_{1,1,2} = 1$$

Vegetazione corridoio zonale (v_2)

Naturalità ($v_{2,1,1}$)

La vegetazione presente è principalmente formata da formazioni arboree ed arbustive di ambienti retrospinali (salico - pioppeto, quercu-carpinetto) che corrisponde a valori $f_{2,1,1} = 3$

Copertura ($v_{2,1,2}$)

L'intero corridoio coperto da vegetazione arborea arbustiva:

$$v_{2,1,2} = 1$$

5.1.6.4 *Dall'indicatore alla FV*

Vegetazione fascia riparia (v_1)

Naturalità ($v_{1,1,1}$)

la FV, come l'indicatore, è discreta e la soddisfazione aumenta all'aumentare della naturalità:

$$v_{1,1,1}(v_{1,1,1}) = 0 \text{ per } v_{1,1,1} = 0 \text{ (caso peggiore);}$$

$$v_{1,1,1}(v_{1,1,1}) = 0,5 \text{ per } v_{1,1,1} = 1;$$

$$v_{1,1,1}(v_{1,1,1}) = 1 \text{ per } v_{1,1,1} = 2 \text{ (corrispondente allo stato di riferimento).}$$

³⁸ Nella pratica corrisponde alla somma delle superfici di uso del suolo considerate per il calcolo della naturalità

Copertura ($v_{1,1,2}$)

La FV è monotona lineare crescente: la soddisfazione è massima quando la copertura è pari al 100% della superficie del tronco considerato;

In formule:

$$v_{1,1,2}(f_{1,1,2}) = f_{1,1,2} / f_{1,1,2}^R$$

dove $f_{1,1,2}^R$ è il valore della superficie totale del tronco

Vegetazione corridoio zonale (v_2)

Naturalità ($v_{2,1,1}$)

la FV, come l'indicatore, è discreta e la soddisfazione aumenta all'aumentare della naturalità:

$$v_{2,1,1}(v_{2,1,1}) = 0 \text{ per } v_{2,1,1} = 0 \text{ (caso peggiore);}$$

$$v_{2,1,1}(v_{2,1,1}) = 1/2 \text{ per } v_{2,1,1} = 1;$$

$$v_{2,1,1}(v_{2,1,1}) = 1 \text{ per } v_{2,1,1} = 2$$

Copertura ($v_{2,1,2}$)

La FV è monotona lineare crescente: la soddisfazione è massima quando la copertura è pari al 100% della superficie del tronco considerato;

In formule:

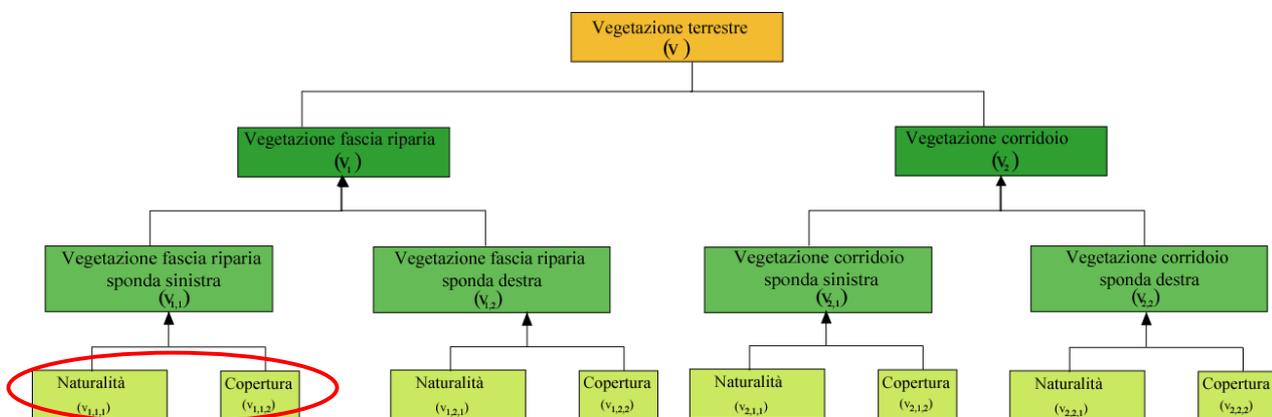
$$v_{2,1,2}(f_{2,1,2}) = f_{2,1,2} / f_{2,1,2}^R$$

dove $f_{2,1,2}^R$ è il valore della superficie totale del tronco

5.1.6.5 *Aggregazione degli indicatori*

Per calcolare l'indice vegetazione v è necessario effettuare le seguenti aggregazioni successive:

- 1) Aggregazione dei 2 indicatori foglia del sub-indice *vegetazione fascia riparia sponda sinistra* $v_{1,1}$ (per l'aggregazione dei 2 indicatori foglia di $v_{1,2}$, $v_{2,1}$ e $v_{2,2}$ la procedura di aggregazione è analoga).



La FV da utilizzarsi è di tipo additivo; in formule:

$$V_{1,1} = V_{111}(v_{1,1,1}) * \lambda_{111} + V_{112}(v_{1,1,2}) * \lambda_{112}$$

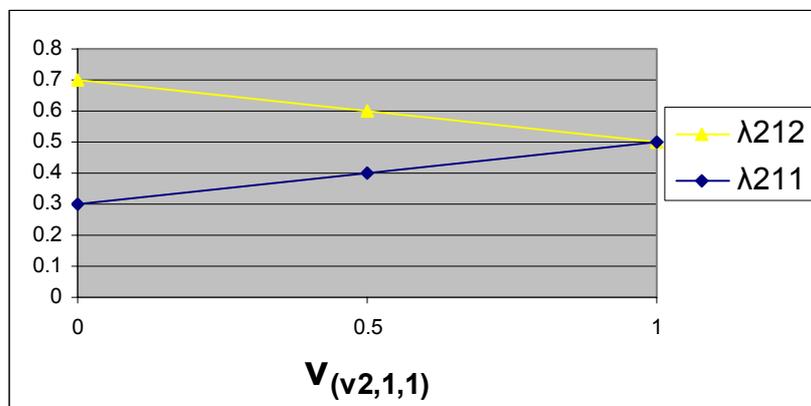
con λ_{111} , λ_{112} = pesi relativi agli indicatori *naturalità* e *copertura*

Occorre pertanto definire il valore dei pesi da attribuire per effettuare l'aggregazione, sulla base dell'importanza relativa di ogni attributo. Secondo gli esperti di settore, tra i 2 attributi cui corrispondono gli indicatori $v_{1,1,1}$ e $v_{1,1,2}$, il più importante è $v_{1,1,1}$ (*naturalità*), sebbene la sua importanza relativa decresca all'aumentare del suo valore, secondo quanto riportato in Tabella 19.

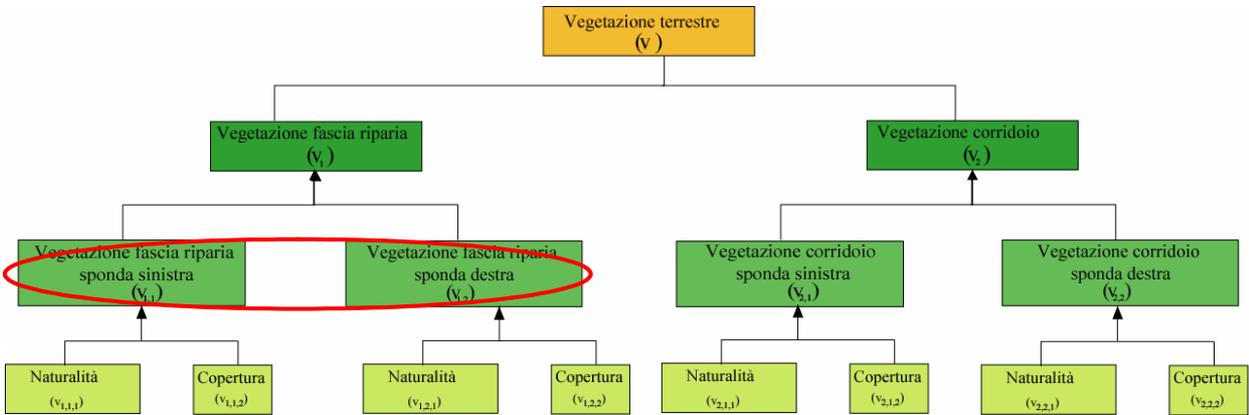
In sostanza, questo equivale a dire che se la naturalità è bassa, questa influenza pesantemente l'indice di vegetazione riparia (in questo caso, quindi, il peso relativo alla naturalità da utilizzare per l'aggregazione, λ_{111} , assumerà un valore elevato), mentre all'aumentare della naturalità diviene importante anche la copertura (peso λ_{112}); così, se per esempio si ha in un tronco una fascia riparia con copertura elevata, ma di vegetazione infestante, il giudizio complessivo sarà negativo.

Tabella 22 – Pesi da utilizzare per l'aggregazione dell'indice "vegetazione corridoio sponda sinistra ($v_{2,1}$); essi dipendono dal valore assunto dal sub-indice "naturalità" ($v_{2,1,1}$).

$v_{2,1,1}$	λ_{211} naturalità	λ_{212} copertura
0,00	0,7	0,3
0,5	0,6	0,4
1	0,5	0,5



- 2) Aggregazione dei 2 sub-indici del sub-indice *vegetazione fascia riparia* v_1 . (l'aggregazione per la vegetazione di corridoio v_2 è analoga)



È stata adottata una forma aggregativa additiva:

$$v_1 = \lambda_{11} * v_{1,1} + \lambda_{12} * v_{1,2}$$

I 2 attributi sono stati considerati di uguale importanza in tutto il range di valori assumibili, pertanto:

$$\lambda_{11} = \lambda_{12} = 0.5$$

3) Aggregazione dei 2 sub-indici del sub-indice *vegetazione v*:

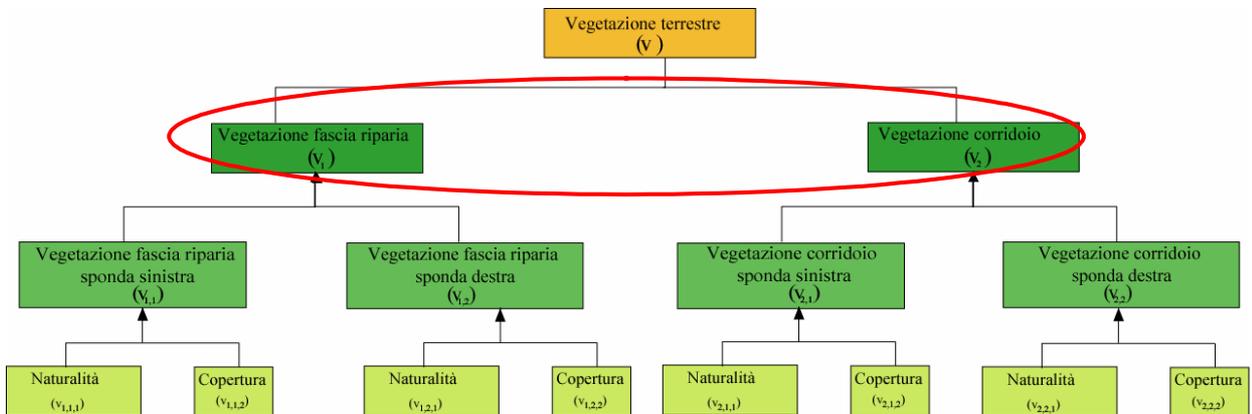
Anche qui è stata adottata una forma aggregativa additiva:

$$v = \lambda_1 * v_1 + \lambda_2 * v_2$$

Dato il maggiore legame con il corso d'acqua e le peculiarità delle sue funzioni, gli esperti consultati hanno ritenuto il sub-indice *vegetazione fascia riparia* più importante del sub-indice *vegetazione corridoio*, come evidenziato dai due pesi relativi:

$$\lambda_1 = 0,7$$

$$\lambda_2 = 0,3.$$



5.1.6.6 *Suddivisione in tronchi omogenei per il calcolo dell'indicatore*

La suddivisione è stata effettuata tenendo conto delle disomogeneità più evidenti percepibili dall'analisi delle mappe tematiche (carte uso suolo e forestali) considerate.

Tabella 23 – Suddivisione in tronchi relativa al sub-indice “vegetazione terrestre”

ID tronco	da		a	
	Km	località	Km	località
VEG 01	0.00	confluenza torrente Setta	2.34	guado abbandonato (pista motocross)
VEG 02	2.34	guado abbandonato (pista motocross)	3.63	C. Pozziolo (a valle laghetti pesca)
VEG 03	3.63	C. Pozziolo (a valle laghetti pesca)	4.47	Villa S. Anna - Via Ancognano
VEG 04	4.47	Villa S. Anna - Via Ancognano	5.13	traversa derivazione canale del Maglio
VEG 05	5.13	traversa derivazione canale del Maglio	7.30	briglia Cava Sapaba
VEG 06	7.30	briglia Cava Sapaba	9.48	immissione canale del Maglio
VEG 07	9.48	immissione canale del Maglio	12.04	Chiusa di Casalecchio
VEG 08	12.04	Chiusa di Casalecchio	13.59	briglia piscina (stadio)
VEG 09	13.59	briglia piscina (stadio)	19.52	Ponte autostrada A14

Dati necessari per il calcolo di indicatori ed indici

Tabella 24 - Tabella riepilogativa dei dati necessari al calcolo dell'indice, distinti in base alle diverse fasi di applicazione della metodologia

Indice	Fase di lavoro			
	definizione stato riferimento	suddivisione in tronchi	calcolo indicatore	
	materiale utilizzato	materiale utilizzato	materiale utilizzato	aggiornamento
Vegetazione	Ferrari C., dell'Aquila L. (1994). Aspetti vegetazionali delle aste fluviali principali del bacino idrografico del Fiume Reno nel territorio montano e collinare. Autorità di Bacino del Reno, Bologna.	Carta Uso del suolo 2003 rivista nell'ambito del lavoro "Proposta di metodologia" per la caratterizzazione del grado di efficacia" delle fasce riparie: applicazione ad un tratto pedecollinare del fiume Reno a cura di C. Cavazza, L. Canciani, M. Rigotti, S. Correggiari, D. Pavanelli	Carta Uso del suolo 2003 e indicatori prodotti nell'ambito del lavoro "Proposta di metodologia" per la caratterizzazione del grado di efficacia" delle fasce riparie: applicazione ad un tratto pedecollinare del fiume Reno a cura di C. Cavazza, L. Canciani, M. Rigotti, S. Correggiari, D. Pavanelli	
	Ubaldi D., Puppi G., Zanotti A. L. (1996). Carta fito-climatica dell'Emilia-Romagna. Regione Emilia-Romagna, Bologna.		Carta Forestale Provincia di Bologna	Carta Forestale Provincia di Bologna
		Carta uso suolo 2003 non rivista	Carta uso suolo 2003 non rivista	
				2003

Tabella 25 - Altro materiale consultato risultato utile ai fini della verifica e comprensione dei risultati emersi dall'applicazione dell'indice

Altro materiale consultato	Carta della vegetazione dell' area del piano operativo aree verdi tra Reno e Samoggia- Ferrari Dell'Aquila
	Autorità di Bacino del Reno. Qualità ambientale dei corsi d'acqua principali del bacino del fiume Reno.
	Analisi ecologico-territoriale_ progetto di rete ecologica Comune di Sasso Marconi Piano strutturale comunale Studiosilva s.r.l.

5.1.7 Regime idrologico

5.1.7.1 Albero dei valori

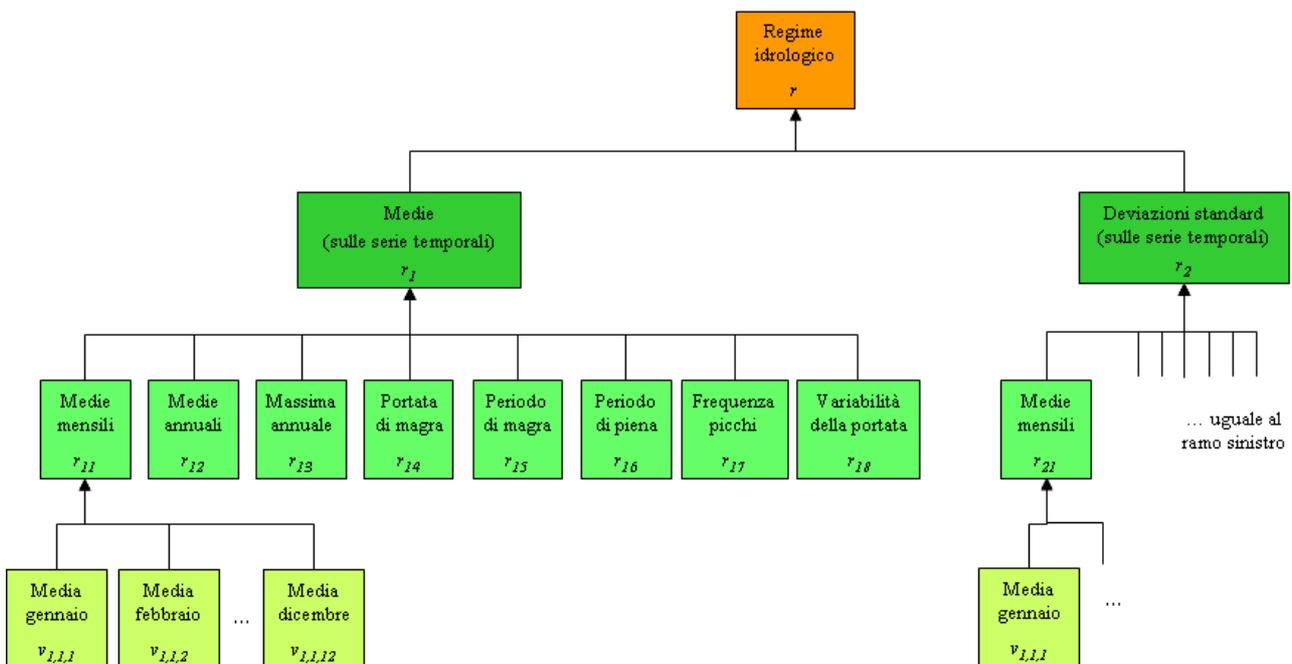


Figura 16 - Albero dei valori dell'indice regime idrologico

Scopo del sub-indice *regime idrologico* è quello di descrivere quanto il regime delle portate in alveo si discosti dal regime naturale, senza prendere in considerazione gli effetti sulle componenti faunistiche, vegetazionali, ecc. dell'ecosistema (già considerati da altri criteri dell'albero, in relazione ai quali il regime delle portate in alveo è uno dei fattori causali), ma solo in quanto caratteristica peculiare di un dato corso d'acqua. Si tratta in pratica di descrivere la "forma" dell'andamento delle portate, valutando quanto si discosti da quella dello stato di riferimento.

5.1.7.2 Descrizione e formalizzazione degli indicatori

Come descritto in seguito, in relazione allo stato di riferimento, l'elevata variabilità del regime idrico (ovvero la stocasticità non trascurabile della variabile portata in alveo) obbliga a caratterizzarlo tramite le sue caratteristiche statistiche di lungo periodo. In questa applicazione si è scelto di utilizzare, per tutti gli attributi, la media aritmetica e la deviazione standard, che vengono a formare due rami distinti dell'albero. A rigore si sarebbero potute utilizzare ulteriori variabili statistiche, come i momenti di ordine superiore, qui trascurati per semplicità.

Gli indicatori sono stati scelti con l'obiettivo di descrivere gli aspetti più peculiari del regime di portate e sono in parte ispirati a Poff et al., 1997 (approccio ripreso in diversi lavori successivi, tra cui Armstrong e Parker, 2003).

In sintesi, sono stati presi in considerazione indicatori suddivisibili in base alle seguenti tipologie:

- indicatori della magnitudine del regime medio di portate (medie mensili della portata giornaliera);

- indicatori della magnitudine degli eventi estremi (minimo e massimo annuale della portata giornaliera, portata minima su un periodo definito -in questo caso 30 giorni);
- indicatori del periodo dell'anno in cui si verificano gli eventi estremi (periodo di magra, periodo di piena);
- indicatori di frequenza degli eventi estremi;
- indicatori del tasso di variabilità della portata.

Sono stati trascurati molti altri indicatori citati in lavori precedenti e/o utilizzabili in altri contesti (ad esempio la presenza/durata di un "plateau", o periodo di variabilità molto bassa della portata, nel caso specifico coincidente con il periodo di magra, già misurato in un indicatore ad hoc), in quanto considerati meno significativi in relazione al regime delle portate del Reno.

Medie (sulla serie di simulazione) (r_1)

Tutti gli indicatori di questo ramo dell'albero sono calcolati come media aritmetica su tutti gli anni di simulazione dei valori annui.

Medie mensili (r_{11})

E' dato dall'aggregazione dei 12 indicatori relativi ai singoli mesi (*gennaio - dicembre*).

Media mensile (mese k-esimo) ($r_{11(k)}$)

Misura la media sul periodo di simulazione della media mensile della portata giornaliera.

$$r_{11(k)} = \sum_j (r_{11(k)}^{(j)}) / M$$

dove:

$r_{11(k)}^{(j)} = \sum_i (Q_{i(k)}^{(j)}) / N$ è il valore dell'indicatore misurato nell'anno j di simulazione,

M il numero di anni di simulazione,

$Q_{i(k)}^{(j)}$ la portata giornaliera del giorno i-esimo del mese k nell'anno j di simulazione,

N il numero totale di giorni del mese k.

Minima annuale (r_{12})

Misura la media sul periodo di simulazione dei minimi annui della portata giornaliera.

$$r_{12} = \sum_j (\min_j (Q_i^{(j)})) / M$$

dove:

$\min_j (Q_i^{(j)})$ è la minima portata giornaliera nell'anno j,

M il numero di anni di simulazione,

Massima annuale (r_{13})

Misura la media sul periodo di simulazione dei massimi annui della portata giornaliera.

$$r_{13} = \sum_j (\max_j (Q_i^{(j)})) / M$$

dove:

$\max_j (Q_i^{(j)})$ è la massima portata giornaliera nell'anno j,

M il numero di anni di simulazione,

Portata di magra (r_{14})

Misura la media sul periodo di simulazione della portata di magra (di durata 30 giorni).

$$r_{14} = \sum_j (\min_j (Q_{i,30}^{(j)})) / M$$

dove:

$Q_{i,30}^{(j)}$ rappresenta la i-esima portata giornaliera media calcolata su una finestra mobile di durata 30 giorni, nell'anno j,

$\min_j (Q_{i,30}^{(j)})$ è il minimo di queste medie i-esime, ovvero la portata media nei 30 giorni di magra annua,

M il numero di anni di simulazione,

Periodo di magra (r_{15})

Questo indicatore rappresenta la media sul periodo di simulazione del giorno centrale (calcolato per ogni anno di simulazione) del periodo di magra di durata 30 giorni misurato con l'indicatore r_{14} .

r_{15} è definito sull'intervallo intero $[1;365]$, dove 1 corrisponde al 1 gennaio e 365 al 31 dicembre (e 365 è sostituito da 366 negli anni bisestili).

Periodo di piena (r_{16})

Questo indicatore rappresenta la media sul periodo di simulazione del giorno centrale (calcolato per ogni anno di simulazione) del periodo di piena di durata 15 giorni individuato analogamente a quanto fatto per l'indicatore r_{15} , ma effettuando il massimo delle medie mobili invece del minimo e facendo riferimento non all'intero anno, ma solo al periodo 15 settembre - 15 maggio, in cui si localizzano le piene nel tratto di Reno in esame.

Frequenza picchi (r_{17})

Questo indicatore misura la media sul periodo di simulazione del numero di picchi di portata annui.

In questa applicazione si è scelto di contabilizzare come picchi solo quelli in cui la cui portata giornaliera è superiore al 120% della portata media dei 5 giorni anteriori al giorno precedente il picco.

Variabilità della portata (r_{18})

Questo indicatore misura la media sul periodo di simulazione del 75° percentile annuo (così definito allo scopo di trascurare nell'analisi le piene principali) del valore assoluto della differenza di portata tra ogni giorno e il precedente.

$$r_{16} = \sum_j (|Q_{i+1}^{(j)} - Q_i^{(j)}|_{75}) / M$$

dove:

$Q_i^{(j)}$ è la portata giornaliera del giorno i -esimo del mese k nell'anno j di simulazione,

$|x^{(j)}|_m$ indica l' m -esimo percentile relativo all'anno j del valore assoluto della variabile x ;

M il numero di anni di simulazione.

Deviazioni standard (sulla serie di simulazione) (r_2)

Tutti gli indicatori di questo ramo dell'albero sono definiti analogamente a quelli del ramo "medie", ma sono calcolati come deviazione standard (invece che come media) su tutti gli anni di simulazione dei valori annui.

5.1.7.3 Definizione dello stato di riferimento

Va qui sottolineato che la variabile *portata in alveo* è, come le altre considerate per descrivere lo stato dell'ecosistema, una variabile stocastica; rispetto alla maggior parte delle altre considerate, tuttavia, la sua variabilità è molto elevata, pertanto da un lato lo stato di riferimento va definito in base alle sue caratteristiche statistiche di lungo periodo, dall'altro il confronto tra stato misurato/simulato e stato di riferimento va effettuato su una serie sufficientemente lunga. In pratica occorre valutare quanto le caratteristiche statistiche della serie misurata/simulata (ad esempio relative a 15-20 anni) si discostino da quelle in condizioni naturali, che, ammettendo condizioni ciclo-stazionarie (ovvero in assenza di trend di lungo periodo) potrebbero essere assunte pari a quelle di una serie storica di portate naturali (misurate o ricostruite) di lunghezza sufficiente³⁹. Tuttavia, non essendo sufficientemente supportata l'ipotesi di ciclo-stazionarietà e non essendo nota a priori la lunghezza delle serie che possono essere utilizzate per la simulazione, si è scelto di adottare come stato di riferimento la serie di portate naturali ricostruite relativa al periodo di simulazione stesso (ovvero la serie di portate che avrei nel periodo preso in esame se il corso d'acqua si trovasse in condizioni naturali).

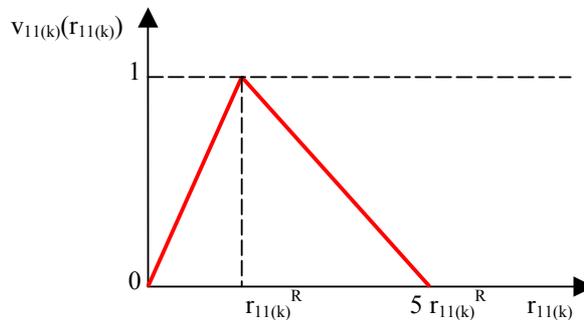
³⁹ Ad esempio potrei confrontare la mediana (su 20 anni di simulazione) della portata giornaliera minima estiva con la mediana della stessa grandezza relativa alla serie naturale ricostruita degli ultimi 40 anni.

5.1.7.4 Dall'indicatore alla FV

Media mensile (mese k-esimo) ($r_{11(k)}$)

La FV viene applicata ai singoli indicatori di passo mensile (che verranno poi aggregati nel sub-indice *medie mensili* che risulterà, quindi, a sua volta, già una FV).

Se $r_{11(k)}^R$ è la portata media del mese k nel regime di riferimento (ovvero la media su tutta la serie naturale della portata media del mese k), si ipotizza che la soddisfazione sia massima per valori di $r_{11(k)}$ coincidenti con $r_{11(k)}^R$ sia nulla sia per valori uguali a zero, che per valori molto superiori (la soglia scelta è stata il quintuplo di $r_{11(k)}^R$). La FV (uguale per tutti e 12 gli indicatori) presenta, quindi, la seguente forma:



In formule:

$$\begin{aligned} \text{per } 0 \leq r_{11(k)} < r_{11(k)}^R &\rightarrow v_{11(k)}(r_{11(k)}) = (1/r_{11(k)}^R) * r_{11(k)}; \\ \text{per } r_{11(k)}^R \leq r_{11(k)} < 5r_{11(k)}^R &\rightarrow v_{11(k)}(r_{11(k)}) = 1 - (1/4r_{11(k)}^R) * (r_{11(k)} - r_{11(k)}^R); \\ \text{per } r_{11(k)} \geq 5r_{11(k)}^R &\rightarrow v_{11(k)}(r_{11(k)}) = 0. \end{aligned}$$

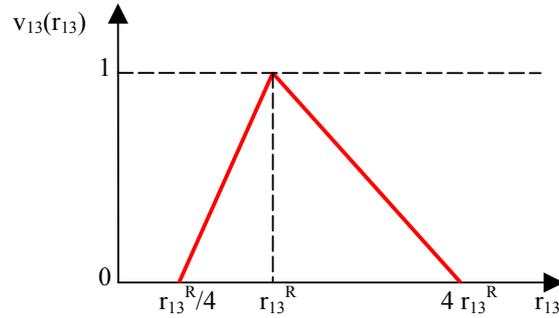
Minima annuale (r_{12})

La FV assume la stessa forma di quelle relative agli indicatori $r_{11(k)}^R$. In formule:

$$\begin{aligned} \text{per } 0 \leq r_{12} < r_{12}^R &\rightarrow v_{12}(r_{12}) = (1/r_{12}^R) * r_{12}; \\ \text{per } r_{12}^R \leq r_{12} < 5r_{12}^R &\rightarrow v_{12}(r_{12}) = 1 - (1/4r_{12}^R) * (r_{12} - r_{12}^R); \\ \text{per } r_{12} \geq 5r_{12}^R &\rightarrow v_{12}(r_{12}) = 0. \end{aligned}$$

Massima annuale (r_{13})

La FV è molto simile alla precedente, ma la soddisfazione minima si raggiunge per valori superiori a 0, ovvero già per portate pari a un quarto di quella di riferimento. All'estremo superiore, la FV vale 0 già per valori pari a 4 volte quello nello stato di riferimento.



In formule:

$$\begin{aligned} \text{per } 0 \leq r_{13} < 0.25 * r_{13}^R &\rightarrow v_{13}(r_{13}) = 0; \\ \text{per } 0.25 * r_{13}^R \leq r_{13} < r_{13}^R &\rightarrow v_{13}(r_{13}) = (4/3 r_{13}^R) * (r_{13} - 0.25 * r_{13}^R); \\ \text{per } r_{13}^R \leq r_{13} < 4 r_{13}^R &\rightarrow v_{13}(r_{13}) = 1 - (1/3 r_{13}^R) * (r_{13} - r_{13}^R); \\ \text{per } r_{13} \geq 4 r_{13}^R &\rightarrow v_{13}(r_{13}) = 0. \end{aligned}$$

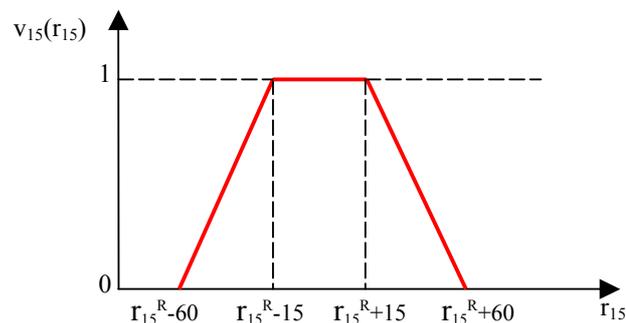
Portata di magra (r_{14})

La FV assume la stessa forma di quelle relative agli indicatori $r_{11(k)}^R$. In formule:

$$\begin{aligned} \text{per } 0 \leq r_{14} < r_{14}^R &\rightarrow v_{14}(r_{14}) = (1/r_{14}^R) * r_{14}; \\ \text{per } r_{14}^R \leq r_{14} < 5 r_{14}^R &\rightarrow v_{14}(r_{14}) = 1 - (1/4 r_{14}^R) * (r_{14} - r_{14}^R); \\ \text{per } r_{14} \geq 5 r_{14}^R &\rightarrow v_{14}(r_{14}) = 0. \end{aligned}$$

Periodo di magra (r_{15})

La FV, a differenza delle precedenti, presenta un tratto orizzontale di valore pari a 1 attorno allo stato di riferimento. Si è infatti stimato che una differenza di ± 15 giorni nell'occorrenza del periodo di magra sia ininfluyente.



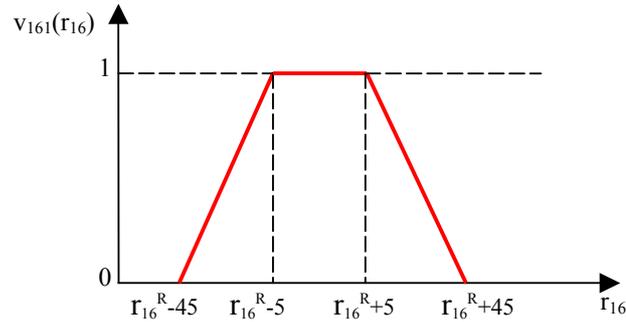
In formule:

$$\begin{aligned} \text{per } 0 \leq r_{15} < r_{15}^R - 60 &\rightarrow v_{15}(r_{15}) = 0; \\ \text{per } r_{15}^R - 60 \leq r_{15} < r_{15}^R - 15 &\rightarrow v_{15}(r_{15}) = (1/45) * (r_{15} - r_{15}^R + 60); \\ \text{per } r_{15}^R - 15 \leq r_{15} < r_{15}^R + 15 &\rightarrow v_{15}(r_{15}) = 1; \\ \text{per } r_{15}^R + 15 \leq r_{15} < r_{15}^R + 60 &\rightarrow v_{15}(r_{15}) = 1 - (1/45) * (r_{15} - r_{15}^R + 15); \end{aligned}$$

per $r_{15} \geq r_{15}^R + 60 \rightarrow v_{15}(r_{15}) = 0$.

Periodo di piena (r_{16})

La FV è analoga a quella relativa all'indicatore r_{15} , ma con intervalli più stretti:

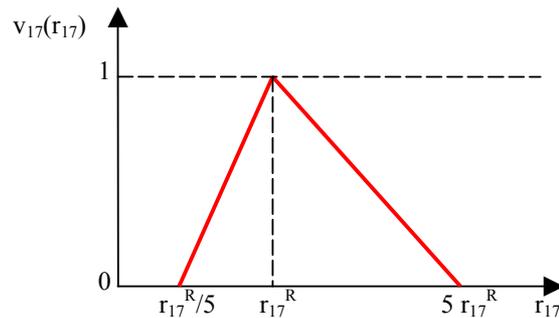


In formule:

per $0 \leq r_{16} < r_{16}^R - 45 \rightarrow v_{16}(r_{16}) = 0$;
 per $r_{16}^R - 45 \leq r_{16} < r_{16}^R - 5 \rightarrow v_{16}(r_{16}) = (1/40) * (r_{16} - r_{16}^R + 45)$;
 per $r_{16}^R - 5 \leq r_{16} < r_{16}^R + 5 \rightarrow v_{16}(r_{16}) = 1$;
 per $r_{16}^R + 5 \leq r_{16} < r_{16}^R + 45 \rightarrow v_{16}(r_{16}) = 1 - (1/40) * (r_{16} - r_{16}^R + 5)$;
 per $r_{16} \geq r_{16}^R + 45 \rightarrow v_{16}(r_{16}) = 0$.

Frequenza picchi (r_{17})

La FV è analoga a quella relativa all'indicatore r_{13} , ma con limiti inferiore e superiore della soddisfazione nulla pari a $1/5$ e 5 volte il valore assunto nello stato di riferimento, rispettivamente.



In formule:

per $0 \leq r_{17} < 0.20 * r_{17}^R \rightarrow v_{17}(r_{17}) = 0$;
 per $0.20 * r_{17}^R \leq r_{17} < r_{17}^R \rightarrow v_{17}(r_{17}) = (5/4r_{17}^R) * (r_{17} - 0.20 * r_{17}^R)$;
 per $r_{17}^R \leq r_{17} < 4r_{17}^R \rightarrow v_{17}(r_{17}) = 1 - (1/4r_{17}^R) * (r_{17} - r_{17}^R)$;
 per $r_{17} \geq 4r_{17}^R \rightarrow v_{17}(r_{17}) = 0$.

Variabilità della portata (r_{18})

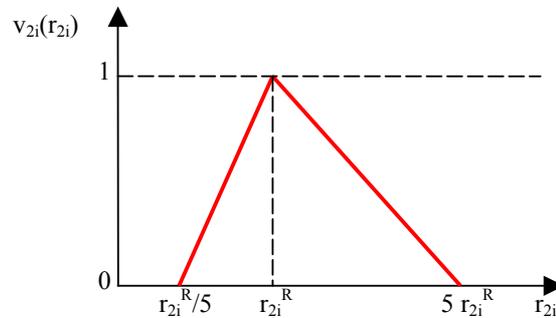
La FV è analoga a quella relativa all'indicatore r_{13} .

In formule:

$$\begin{aligned} \text{per } 0 \leq r_{18} < 0.25 * r_{18}^R &\rightarrow v_{18}(r_{18}) = 0; \\ \text{per } 0.25 * r_{18}^R \leq r_{18} < r_{18}^R &\rightarrow v_{18}(r_{18}) = (4/3 r_{18}^R) * (r_{18} - 0.25 * r_{18}^R); \\ \text{per } r_{18}^R \leq r_{18} < 4 r_{18}^R &\rightarrow v_{18}(r_{18}) = 1 - (1/3 r_{18}^R) * (r_{18} - r_{18}^R); \\ \text{per } r_{18} \geq 4 r_{18}^R &\rightarrow v_{18}(r_{18}) = 0. \end{aligned}$$

Deviazioni standard (sulla serie di simulazione) (r_2)

Per tutti gli indicatori appartenenti a questo ramo si è utilizzata la stessa forma per la FV, ovvero, indicando con r_{2i} il generico indicatore:



In formule:

$$\begin{aligned} \text{per } 0 \leq r_{2i} < 0.20 * r_{2i}^R &\rightarrow v_{2i}(r_{2i}) = 0; \\ \text{per } 0.20 * r_{2i}^R \leq r_{2i} < r_{2i}^R &\rightarrow v_{2i}(r_{2i}) = (5/4 r_{2i}^R) * (r_{2i} - 0.20 * r_{2i}^R); \\ \text{per } r_{2i}^R \leq r_{2i} < 4 r_{2i}^R &\rightarrow v_{2i}(r_{2i}) = 1 - (1/4 r_{2i}^R) * (r_{2i} - r_{2i}^R); \\ \text{per } r_{2i} \geq 4 r_{2i}^R &\rightarrow v_{2i}(r_{2i}) = 0. \end{aligned}$$

5.1.7.5 Aggregazione degli indicatori

Data la struttura dell'albero dei valori, l'aggregazione di indicatori ed indici in indici di livello superiore è necessaria su 3 livelli dell'albero, come di seguito dettagliato. Questo si traduce nella definizione di funzioni valore multi-dimensionali ipotizzate per semplicità sempre di tipo additivo. Sebbene a priori tronco-specifiche, le modalità di aggregazione sono state considerate estendibili a tutti i tronchi omogenei in cui viene suddivisa l'asta fluviale.

$$- (r_{11(1)} - r_{11(12)}) \rightarrow r_{11}$$

$$r_{11} = \sum_k \lambda_{11(k)} * v_{11(k)}(r_{11(k)})$$

dove:

$v_{11(k)}(r_{11(k)})$ = funzione valore corrispondente all'indicatore $r_{11(k)}$.

Tutti i mesi sono stati considerati di pari importanza relativa, pertanto tutti i pesi assumono pari valore:

$$\lambda_{11(k)} = 1/12.$$

- $(r_{11} - r_{18}) \rightarrow r_1$

$$r_1 = \sum_i \lambda_{1i} * v_{1i}(r_{1i})$$

dove:

$v_{1i}(r_{1i})$ = funzione valore corrispondente all'indicatore r_{1i} (per r_{11} e r_{16} vale: $v_{11}(r_{11}) \equiv r_{11}$ e $v_{16}(r_{16}) \equiv r_{16}$).

Gli indicatori ($r_{11} - r_{18}$) esprimono tutti aspetti peculiari del regime di portate (in particolare del regime tipico del Reno) e sono stati considerati, nel range di portate preso in considerazione in questo progetto, tutti ugualmente importanti. La forma aggregativa scelta, anche in è quindi di tipo semplicemente additivo, pertanto tutti i pesi assumono uguale valore, pari all'inverso del numero di indicatori utilizzati, in tutto il range di portate considerato:

$$\lambda_{1i} = 1/8.$$

I pesi adottati per l'aggregazione del ramo "deviazioni standard" dell'albero sono gli stessi descritto per il ramo "medie".

- $(r_1, r_2) \rightarrow r$

Al livello più elevato dell'albero si è assunto che l'importanza delle medie sia superiore a quella delle deviazioni standard:

$$r = \lambda_1 * r_1 + \lambda_2 * r_2$$

$$\lambda_1 = 0.7;$$

$$\lambda_2 = 0.3.$$

5.1.7.6 *Suddivisione in tronchi omogenei per il calcolo dell'indicatore*

Ai fini della modellizzazione l'asta fluviale sarà suddivisa in tronchi omogenei, in base ai criteri illustrati nel Par. 4.1.2.3

5.1.7.7 *Dati necessari per il calcolo di indicatori ed indici*

Tabella 26 - Tabella riepilogativa dei dati necessari al calcolo dell'indice, distinti in base alle diverse fasi di applicazione della metodologia

	Fase di lavoro		
	definizione stato riferimento	suddivisione in tronchi	calcolo indicatore
Regime idrologico	Serie storica delle portate naturali ricostruite per un numero sufficiente di sezioni appartenenti al tratto di Reno in esame (PTA Regione Emilia Romagna)	Localizzazione delle principali derivazioni e immissioni (naturali e artificiali (<i>Studio per la determinazione del DMV sperimentale nel bacino idrografico del Fiume Reno, 2004</i>))	Serie storica delle portate misurate per un numero sufficiente di sezioni appartenenti al tratto di Reno in esame, integrata con dati di portata relativi ai principali affluenti/immissioni e derivazioni (PTA Regione Emilia Romagna)

5.1.8 Continuità fluviale

5.1.8.1 Albero dei valori

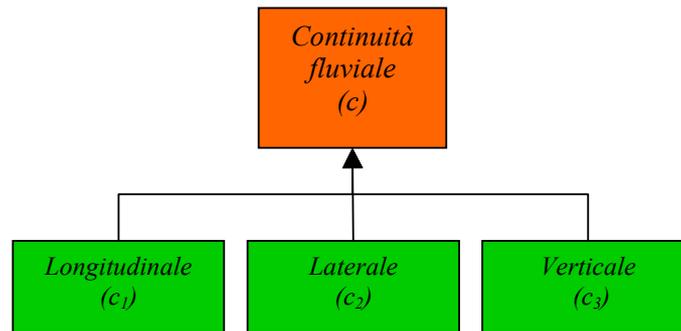


Figura 17 - Albero dei valori relativo al sub-indice continuità fluviale.

In un ecosistema fluviale integro non vengono frapposti ostacoli allo svolgimento dei processi biologici, morfologici, chimici e funzionali che si svolgono lungo caratteristici gradienti nelle tre direzioni spaziali, longitudinale, laterale, verticale (tali processi, inoltre, non sono ostacolati nemmeno lungo una quarta dimensione, quella temporale, consentendo a breve e lungo termine la libera evoluzione dell'alveo, guidata in primo luogo dalle variabili idrologiche). Il sub-indice *continuità fluviale* ha lo scopo di descrivere in che misura gli interventi antropici limitino questa continuità.

Continuità fluviale longitudinale

La continuità longitudinale, impedita dalla presenza di barriere antropiche (briglie, traverse, dighe), consente sia il trasporto solido verso valle (che influenza il ripascimento dei litorali e la stessa evoluzione morfologica dell'alveo, quindi la disponibilità di habitat) che i movimenti degli organismi acquatici, sia verso valle che verso monte.

Continuità fluviale laterale

Estremamente importante è il ruolo morfologico e biologico svolto dal rapporto tra il fiume e la sua piana, esercitato principalmente tramite le periodiche inondazioni. La piana inondata in occasione di eventi estremi (pluridecennali, centennali o più) svolge una funzione di regolatore naturale dei deflussi, principalmente attraverso l'effetto di laminazione delle piene; la porzione di piana inondata più frequentemente – indicativamente una volta ogni due anni – è invece fondamentale per l'ecosistema nel suo complesso: per la biodiversità, i cicli biogeochimici e l'abbattimento dei carichi di inquinanti, l'interazione con la falda, come anche per l'evoluzione geomorfologica. A rigore, considerata la sua molteplicità di funzioni, la caratterizzazione della continuità laterale richiederebbe più attributi. Ad esempio la *superficie inondabile biennale*, considerata la frequenza dei rapporti fiume-piana e il ruolo morfogenetico della piena biennale (portata "dominante"), è un attributo di grande rilevanza ecologica. La *superficie inondabile duecentennale*, considerata la scarsa frequenza, ha una minor importanza ecologica, ma – influenzando la capacità di laminazione delle piene catastrofiche – è un fattore importante ai fini del regime idrologico complessivo (e del suo riflesso sull'obiettivo antropico di riduzione del rischio idraulico). La *varietà morfologica della piana*, all'origine del mosaico di microambienti, è determinante non solo per la biodiversità e il paesaggio, ma anche per l'insieme dei rapporti trofici, morfologici e idrodinamici tra il fiume e la piana. Le *zone umide perifluviali*, sono particolarmente efficaci nell'intercettazione, elaborazione e abbattimento di nutrienti ed inquinanti provenienti dal territorio (zone filtro),

nell'accrescere la biodiversità e –per i pesci– come habitat-rifugio in condizioni di piena e siti di riproduzione e di svezzamento di stadi giovanili (soprattutto quelle permanenti e periodicamente inondate). In questo lavoro, in base ai dati a disposizione, è stato adottato un approccio più semplificato, descritto nel seguito, che ha tenuto conto solo della variazione delle superfici inondate con frequenza approssimativamente venticinquennale.

Continuità fluviale verticale

Sebbene spesso trascurata, la zona iporreica -e più in generale gli scambi iporreici tra acque superficiali e di falda- ha un ruolo determinante negli ecosistemi fluviali: da un lato costituisce un efficace sistema autodepurante, dall'altro la biomassa in essa incorporata (principalmente batterica e materia organica, fine e grossolana), mobilizzata dalle piene che sconvolgono il substrato, favorisce il recupero delle comunità di macroinvertebrati dopo gli eventi catastrofici. Il “motore” che induce gli scambi iporreici è rappresentato dalla sinuosità verticale (indotta dalle successioni buche-raschi e dagli ostacoli alla corrente, quali massi e tronchi) e da quella laterale, oltre che, naturalmente, dalla presenza sul fondo dell'alveo di un substrato permeabile.

5.1.8.2 Descrizione e formalizzazione degli indicatori

Continuità fluviale longitudinale (c₁)

L'indicatore adottato corrisponde alla lunghezza del tronco fluviale longitudinalmente connesso (ovvero esente da sbarramenti trasversali significativi al suo interno) di appartenenza; ovvero alla lunghezza del tronco relativo all'indicatore stesso, in quanto gli estremi dei tronchi di calcolo sono stati a loro volta scelti coincidenti con gli sbarramenti trasversali significativi.

Ovvero, per il tronco k-esimo:

$$c_{1,k} = l_k$$

con l_k = lunghezza del tronco k.

Continuità fluviale laterale (c₂)

L'indicatore adottato misura, tronco per tronco, l'area della superficie inondata con T_R approssimativamente pari a 25 anni.

Continuità fluviale verticale (c₃)

In assenza di dati di dettaglio sullo scambio flusso superficiale - flusso iporreico, l'indicatore adottato è stato di tipo qualitativo (calcolato in base alle informazioni disponibili sulla tipologia e lo spessore del substrato e sulla sinuosità dell'alveo), discreto e definito su 5 classi di continuità:

1: totale discontinuità (corrispondente ad un alveo totalmente impermeabilizzato);

2: bassa;

3: intermedia;

4: elevata;

5: molto elevata (corrispondente ad elevata sinuosità o lunghezza totale dei canali ed elevato spessore del materasso ghiaioso di fondo).

5.1.8.3 Definizione dello stato di riferimento

Continuità fluviale longitudinale (c₁)

Per definizione, nello stato di riferimento non vi sono opere trasversali interferenti, il valore dell'indicatore quindi, in assenza di discontinuità naturali, corrisponde all'intera lunghezza del fiume Reno, assunto pari a 210 km.

Continuità fluviale laterale (c_2)

Come stato di riferimento per ogni tronco è stata adottata la stima della superficie inondata con T_R approssimativamente pari a 25 anni in relazione alle condizioni dell'alveo nel 1884, così come descritto in Viel et al., 2005 e in PSC Comune di Sasso Marconi, Relazione geologica, 2007.

Continuità fluviale verticale (c_3)

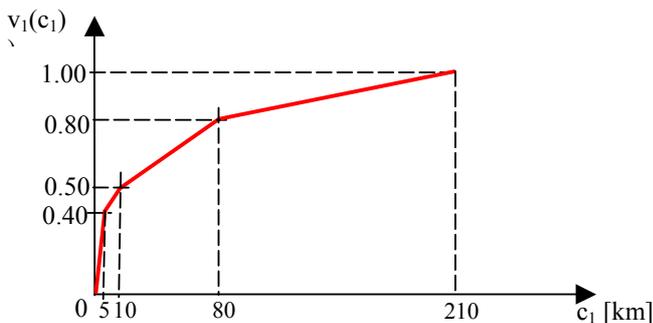
Lo stato di riferimento adottato per il tratto di Reno in esame corrisponde al valore "molto elevato", tranne che per il tratto subito a valle della Chiesa di Casalecchio, in cui il valore attribuito è stato "intermedio".

5.1.8.4 Dall'indicatore alla FV

Continuità fluviale longitudinale (c_1)

La FV, rappresentata di seguito, traduce la considerazione che quando la lunghezza d'alveo longitudinalmente connesso è inferiore a circa 10 km la soddisfazione associata diminuisce rapidamente al decrescere del valore dell'indicatore; viceversa per valori superiori, a cui viene attribuito un giudizio di valore "elevato" quando superano gli 80 km.

$$\begin{aligned}
 v_1(c_1) &= c_1 \cdot (0.4/5) && \text{per } 0 < c_1 < 5; \\
 v_1(c_1) &= 0.40 + (c_1 - 5) \cdot (0.1/5) && \text{per } 5 \leq c_1 < 10; \\
 v_1(c_1) &= 0.50 + (c_1 - 10) \cdot (0.3/70) && \text{per } 10 \leq c_1 < 80; \\
 v_1(c_1) &= 0.80 + (c_1 - 80) \cdot (0.2/130) && \text{per } c_1 \geq 80.
 \end{aligned}$$



Continuità fluviale laterale (c_2)

È stata utilizzata una FV lineare crescente, con valore massimo in corrispondenza dello stato di riferimento.

Continuità fluviale verticale (c_3)

La FV, come l'indicatore, è discreta, con valore decrescente all'aumentare della differenza (in valore assoluto) tra le classi dello stato misurato rispetto allo stato di riferimento, rappresentabile come:

$$v_3(c_3) = 1 - 0.25 \cdot |c_3 - c_3^R|$$

5.1.8.5 Aggregazione degli indicatori

I tre attributi sono stati considerati di uguale importanza in tutto il range di valori assumibili. È stata adottata una forma aggregativa additiva:

$$c = \lambda_1 * v_1(c_1) + \lambda_2 * v_2(c_2) + \lambda_3 * v_3(c_3)$$

dove:

$v_1(c_1)$ = funzione valore corrispondente all'indicatore *continuità fluviale longitudinale*;

$v_2(c_2)$ = funzione valore corrispondente all'indicatore *continuità fluviale laterale*;

$v_3(c_3)$ = funzione valore corrispondente all'indicatore *continuità fluviale verticale*.

e i pesi hanno uguale valore:

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 1/3$$

5.1.8.6 Suddivisione in tronchi omogenei per il calcolo dell'indice

Tabella 27 – Suddivisione in tronchi relativa ai sub-indici geomorfologici “continuità fluviale”, “mobilità laterale”, “equilibrio morfologico” e “condizioni morfologiche”

QUALITA' IDROMORFOLOGICA				
ID tronco	da		a	
	Km	località	Km	località
MORFO 01	0,00	confluenza torrente Setta	1,56	traversa ponte A1
MORFO 02	1,56	traversa ponte A1	5,13	traversa derivazione canale del Maglio
MORFO 03	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	6,66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo
MORFO 04	6,66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	7,30	briglia Cava Sapaba
MORFO 05	7,30	briglia Cava Sapaba	9,48	immissione canale del Maglio
MORFO 06	9,48	immissione canale del Maglio	12,04	Chiusa di Casalecchio
MORFO 07	12,04	Chiusa di Casalecchio	13,59	briglia piscina (stadio)
MORFO 08	13,59	briglia piscina (stadio)	17,44	traversa ponte via Emilia
MORFO 09	17,44	traversa ponte via Emilia	18,31	traversa ponte ferrovia
MORFO 10	18,31	traversa ponte ferrovia	19,52	Ponte autostrada A14

5.1.8.7 Dati necessari per la costruzione degli indici

Tabella 28 - Tabella riepilogativa dei dati necessari al calcolo dell'indice, distinti in base alle diverse fasi di applicazione della metodologia

		Fase di lavoro	
		definizione stato riferimento	calcolo indicatore
Continuità fluviale	Informazioni storiche relativamente alla morfologia dell'alveo e al substrato del fondo.	Dati/informazioni attuali relativamente alla morfologia dell'alveo e al substrato del fondo (sopralluoghi mirati e comunicazioni personali)	Localizzazione e morfologia sbarramenti trasversali. Dati/informazioni attuali relativamente alla morfologia dell'alveo e al substrato del fondo (sopralluoghi mirati e comunicazioni personali)
	Stima della superficie inondata con tempo di ritorno approssimativamente venticinquennale in corrispondenza delle condizioni di riferimento (Cartografia IGM 1884)		Stima della superficie inondata con tempo di ritorno approssimativamente venticinquennale in corrispondenza delle condizioni attuali (PTCP Bologna)
		Studio Viel - articoli e comunicazioni personali	Studio Viel - articoli e comunicazioni personali
		Cartografia IGM 1884	Cartografia IGM 1884
		PSC Sasso Marconi	PSC Sasso Marconi
	PSAI Reno	PSAI Reno	

5.1.9 Equilibrio geomorfologico

5.1.9.1 Albero dei valori

Il sub-indice non contiene ulteriori indicatori-foglia.

5.1.9.2 Descrizione e formalizzazione degli indicatori

In un corso d'acqua come il tratto di Reno in esame, in condizioni naturali e facendo riferimento ad una scala temporale di medio periodo (paragonabile alla scala gestionale), l'alveo tende a mantenere mediamente la propria struttura (tipologia fluviale, pendenza, larghezza, profondità, sinuosità, ecc.), pur modificandosi e variando continuamente il tracciato; si trova cioè in una condizione di equilibrio "dinamico".

I processi geomorfologici (erosione, trasporto e sedimentazione) costituiscono i meccanismi principali per la formazione dell'alveo, della piana inondabile, dei terrazzi e di altre strutture presenti nel bacino idrografico e nel corridoio fluviale.

I corsi d'acqua e le loro piane inondabili, infatti, si assestano costantemente in funzione della quantità di acqua e di sedimenti fornita dal bacino idrografico.

Stati di squilibrio, al contrario (tipicamente di origine antropica, ma che in alcuni casi possono essere naturali, si pensi a terremoti o altre brusche variazioni a scala di bacino) inducono processi accelerati di ri-aggiustamento morfologico, con pesanti ripercussioni ecologiche (oltre che, molto spesso, economiche).

Vale la pena sottolineare che un alveo può oggi trovarsi, ad esempio, ad una quota inferiore a quella naturale (avendo subito storicamente un processo di incisione), ma essersi ormai assestato su un nuovo stato di equilibrio. In questo caso sarà considerato vicino allo stato di riferimento per l'attributo *equilibrio geomorfologico*, mentre l'incisione storica subita sarà valutata, invece, tramite l'attributo *condizioni morfologiche*, che ne risconterà la difformità rispetto a quelle di riferimento (nello specifico in relazione al profilo altimetrico). L'indicatore adottato mira tuttavia a valutare, seppure in modo molto qualitativo, sia la condizione di equilibrio o meno, che l'eventuale direzione dell'evoluzione in atto (verso condizioni più prossime, oppure ancora più lontane dalla morfologia di riferimento), rappresentandone la condizione in modo discreto, tramite le seguenti classi:

A: "stabile moribondo" (stable-moribound nella letteratura anglosassone, corrispondente a un corso d'acqua in cui non vi sono più variazioni d'alveo di nessun tipo, a causa di fattori causali antropici, quali la totale artificializzazione dell'alveo o la drastica riduzione delle portate di piena);

B: instabile in peggioramento;

C: lievemente instabile in peggioramento;

D: lievemente instabile in miglioramento;

E: instabile in miglioramento;

F: in equilibrio dinamico.

Va sottolineato che la valutazione dello stato di equilibrio geomorfologico andrebbe effettuata tramite un'accurata analisi storica dell'evoluzione a scala di bacino, integrando il confronto cartografico/ortofotometrico con dati di campo e possibilmente una modellizzazione del trasporto solido, secondo una metodologia non facilmente standardizzabile e che pertanto l'indice qui proposto ne costituisce solo una decisa approssimazione. Un approccio semplificato può prevedere di valutare contemporaneamente le variazioni nel tempo del profilo di fondo e il tasso di creazione di nuovo bankfull (o di nuovi canali nel caso di un alveo di tipo "braided". In questa applicazione, tuttavia, sono state effettuate esclusivamente valutazioni di tipo qualitativo.

5.1.9.3 *Definizione dello stato di riferimento*

Come stato di riferimento è stato adottato quello di un corso d'acqua in equilibrio dinamico, in cui in ogni tronco la variazione del profilo di fondo in termini medi è trascurabile, mentre vi è una evoluzione planimetrica dell'alveo attivo, pari a quella in condizioni indisturbate, in questa applicazione valutata solo qualitativamente.

5.1.9.4 *Dall'indicatore alla FV e aggregazione degli indicatori*

Il giudizio di valore relativo all'indicatore in questione deve tenere conto del fatto che i vari aspetti della dinamica fluviale vanno valutati tra loro in modo integrato. Ad esempio il giudizio associato a un certo tasso di variazione morfologica verticale dipende da quello orizzontale e viceversa: se l'evoluzione laterale è bassa o nulla -o meglio, molto inferiore a quella dello stato di riferimento- secondo molti geomorfologi è preferibile una situazione in cui vi è un'instabilità del profilo di fondo elevata, corrispondente a un fiume regimato, ma che ha ancora l'energia necessaria a "reagire" e a riacquisire una dinamica planimetrica nel caso di rimozione delle difese spondali, rispetto ad una di nessuna incisione/sedimentazione (corrispondente a un fiume generalmente definito "stabile-moribondo"); se invece l'evoluzione laterale è pari a quella di riferimento, è preferibile una situazione in cui l'incisione/sedimentazione sia bassa o nulla -corrispondente a una situazione di equilibrio dinamico- rispetto ad una di sensibile variazione del profilo di fondo, corrispondente ad una condizione di forte instabilità. A questo, per come è stato definito l'indicatore, va aggiunto il giudizio legato alla direzione dell'eventuale variazione morfologica in atto.

Si sottolinea inoltre come il tema qui affrontato sia ancora oggetto di dibattito a livello scientifico internazionale, motivo per il quale non si ritiene di fornire in questa relazione una soluzione esaustiva e indiscutibile.

La Funzione di Valore adottata, di tipo di discreto, è la seguente:

Per $e = \text{"stabile moribondo"}$ $v(e)=0$;

Per $e = \text{"instabile in peggioramento"}$ $v(e)=0.15$;

Per $e = \text{"lievemente instabile in peggioramento"}$ $v(e)=0.30$;

Per $e = \text{"lievemente instabile in miglioramento"}$ $v(e)=0.50$;

Per $e = \text{"instabile in miglioramento"}$ $v(e)=0.70$;

Per $e = \text{"in equilibrio dinamico"}$ $v(e)=1$.

5.1.9.5 *Suddivisione in tronchi omogenei per il calcolo dell'indicatore*

Sono stati utilizzati solo due tronchi: il primo tra la confluenza Setta-Reno e la Chiusa di Casalecchio, il secondo tra questa e inizio del tratto arginato a valle di Bologna.

5.1.9.6 *Dati necessari per la costruzione degli indici*

Si rimanda alla **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

5.1.10 Condizioni morfologiche

5.1.10.1 Albero dei valori

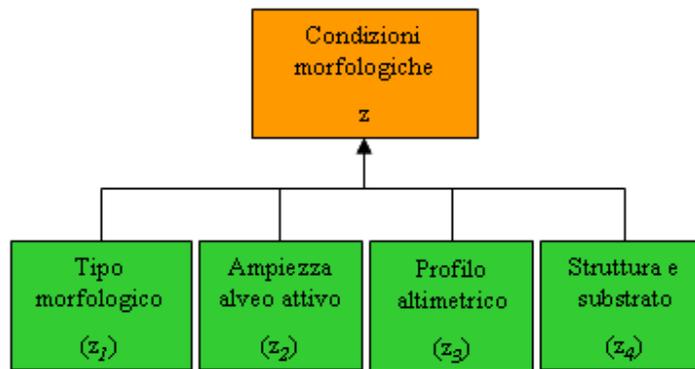


Figura 18 – Albero dei valori relativo al sub-indice condizioni morfologiche

Gli elementi morfologici caratterizzano fortemente la struttura e il funzionamento di ogni sistema fluviale, sia dal punto di vista biotico, che abiotico. Per valutare lo stato di salute di un corso d'acqua è pertanto indispensabile misurare eventuali scostamenti dallo stato di riferimento delle sue caratteristiche morfologiche.

I sotto-attributi considerati sono stati i seguenti:

- *tipo morfologico*: caratterizza il tipo di alveo (*rettilineo, meandriforme, a canali intrecciati, ecc.*);
- *ampiezza dell'alveo attivo*: è l'ampiezza dell'alveo a ripe piene (*bankfull*), associata alla portata formativa, o dominante, una caratteristica chiave di qualsiasi alveo naturale;
- *profilo altimetrico*: il letto di molti alvei ha subito un fenomeno di incisione (i casi opposti, di deposito generalizzato, sono molto meno comuni); si tratta evidentemente di una importante alterazione, che induce una serie di conseguenze, tra le quali un "effetto canalizzazione" –con riduzione della diversità ambientale– e un innalzamento relativo della sua piana che vede ridursi la frequenza delle inondazioni (fino addirittura a divenire un terrazzo, non più inondabile), con la perdita delle funzioni legate al rapporto con essa;
- *struttura e substrato*: comprende sia la forma della sezione trasversale (naturaliforme o, al contrario, resa più o meno geometrica da interventi antropici), sia la presenza degli elementi caratteristici di diversità ambientale a livello di mesoscala (ad es.: successioni buche-raschi negli alvei alluvionali, o cascatelle-pozze nei tratti montani) e di microscala (eterogeneità granulometrica).

5.1.10.2 Descrizione e formalizzazione degli indicatori

Tipo morfologico (z_1)

È stato adottato come indicatore il primo livello della caratterizzazione secondo Rosgen, che definisce le caratteristiche morfologiche generali del corso d'acqua utilizzando il profilo planimetrico -alveotipo-, la pendenza media del tratto e le sezioni trasversali della valle o dell'alveo.

I tipi previsti da Rosgen sono 9:

- Aa+: corsi d'acqua rettilinei con pendenza maggiore del 10%;
- A: corsi d'acqua rettilinei con pendenza tra 4% e 10%;
- B: corsi d'acqua a bassa sinuosità e pendenza tra 2-4%;
- C, F: corsi d'acqua meandriformi (pendenza <2%);
- D: corsi d'acqua a canali intrecciati (pendenza < 4%);
- DA: corsi d'acqua anastomosati (pendenza < 0.5%);
- E: corsi d'acqua meandriformi tortuosi (pendenza < 2%);
- G: corsi d'acqua sinuosi meandriformi con pendenza tra il 2% ed i 4%.

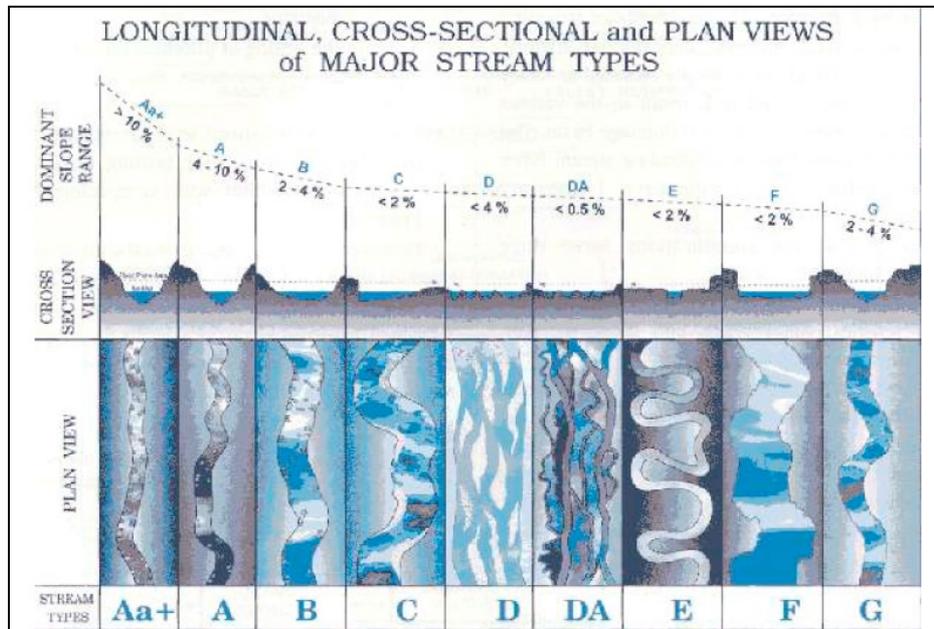


Figura 19 – Tipo morfologico: primo livello della caratterizzazione secondo Rosgen

Questa tipizzazione è stata integrata con l'ulteriore tipologia "wandering", intermedia tra quella meandriforme e a canali intrecciati.

Ampiezza alveo attivo (z_2)

L'indicatore misura la superficie dell'alveo attivo, stimata in base a rilievi aerofotogrammetrici.

Profilo altimetrico (z_3)

È stato adottato un indicatore discreto di tipo qualitativo, definito direttamente in funzione della variazione rispetto allo stato riferimento, con le seguenti classi:

- Estremamente inciso o estremamente aggradato (indicativamente oltre 7-8 m rispetto allo stato di riferimento);
- Inciso o aggradato (indicativamente nell'ordine dei 3-7 m rispetto allo stato di riferimento);

- Moderatamente inciso o moderatamente aggradato (indicativamente nell'ordine di 1-3 m rispetto allo stato di riferimento);
- Approssimativamente stesso profilo rispetto allo stato di riferimento.

Struttura e substrato (z_4)

Anche in questo caso, non essendo disponibili informazioni storiche dettagliate, è stato adottato un indicatore discreto di tipo qualitativo, definito direttamente in funzione della variazione stimata rispetto allo stato di riferimento, basata sulle variazioni ipotizzate in termini di tipologia di substrato e di sezione d'alveo.

Le classi utilizzate sono le seguenti:

- Estremamente alterati;
- Alterati;
- Moderatamente alterati;
- Alterazione trascurabile.

5.1.10.3 Definizione dello stato di riferimento

Tipo morfologico (z_1)

È stato assunto come stato di riferimento per ogni tronco il tipo morfologico relativo al primo rilievo disponibile (approssimativamente 1884).

Ampiezza alveo attivo (z_2)

È stato assunto come stato di riferimento l'ampiezza di alveo attivo misurata sul primo rilievo disponibile (approssimativamente 1884) per i tronchi a valle della chiusa di Casalecchio, l'80% della stessa per i tronchi a monte della chiusa (avendo ipotizzato che, anche in assenza di significative pressioni antropiche, in questi ultimi l'alimentazione potenziale di solidi da monte sia solo lievemente ridotta rispetto al XIX secolo).

Profilo altimetrico (z_3)

L'indicatore è stato direttamente definito come variazione rispetto allo stato di riferimento.

Struttura e substrato (z_4)

L'indicatore è stato direttamente definito come variazione rispetto allo stato di riferimento.

5.1.10.4 Dall'indicatore alla FV

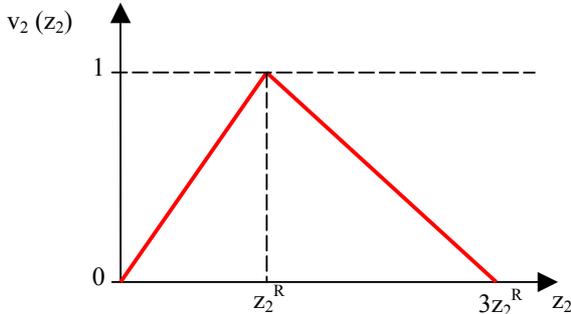
Tipo morfologico (z_1)

La FV adottata attribuisce soddisfazione massima nel caso in cui il tipo attuale coincida con quello dello stato di riferimento, soddisfazione nulla in tutti i casi in cui il tipo non coincida, indipendentemente da quale sia il nuovo tipo. Ovvero:

$$\begin{aligned} \text{per } z_1 = z_1^R : v_1(z_1) &= 1 \\ \text{per } z_1 \neq z_1^R : v_1(z_1) &= 0 \end{aligned}$$

Ampiezza alveo attivo (z_2)

La FV adottata è lineare monotona a tratti. La soddisfazione è massima in corrispondenza dell'ampiezza d'alveo nello stato di riferimento e diminuisce linearmente fino a zero per valori inferiori e superiori:



per $0 \leq z_2 \leq z_2^R$: $v_2(z_2) = z_2 / z_2^R$;
 per $z_2^R < z_2 \leq 3z_2^R$: $v_2(z_2) = 1 - (z_2 - z_2^R) / 2 z_2^R$.
 per $z_2^R > 3z_2^R$: $v_2(z_2) = 0$.

Profilo altimetrico (z_3)

Come l'indicatore, anche la FV è di tipo discreto, così definita:

per $z_3 =$ "Estremamente inciso o estremamente aggradato" $v_3(z_3) = 0$;
 per $z_3 =$ "Inciso o aggradato" $v_3(z_3) = 1/3$;
 per $z_3 =$ "Moderatamente inciso o moderatamente aggradato" $v_3(z_3) = 2/3$;
 per $z_3 =$ "Approssimativamente stesso profilo" $v_3(z_3) = 1$.

Struttura e substrato (z_4)

Come l'indicatore, anche la FV è di tipo discreto, così definita:

per $z_4 =$ "Estremamente alterati" $v_4(z_4) = 0$;
 per $z_4 =$ "Alterati" $v_4(z_4) = 1/3$;
 per $z_4 =$ "Moderatamente alterati" $v_4(z_4) = 2/3$;
 per $z_4 =$ "Alterazione trascurabile" $v_4(z_4) = 1$.

5.1.10.5 *Aggregazione degli indicatori*

I tre attributi sono stati considerati di uguale importanza in tutto il range di valori assumibili. È stata adottata una forma aggregativa additiva:

$$z = \lambda_1 * v_1(z_1) + \lambda_2 * v_2(z_2) + \lambda_3 * v_3(z_3)$$

dove:

$v_1(z_1)$ = funzione valore corrispondente all'indicatore *tipo morfologico*;
 $v_2(z_2)$ = funzione valore corrispondente all'indicatore *ampiezza alveo attivo*;
 $v_3(z_3)$ = funzione valore corrispondente all'indicatore *sinuosità tracciato*;

e i pesi hanno uguale valore:

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 1/3.$$

5.1.10.6 Suddivisione in tronchi omogenei per il calcolo dell'indicatore

La suddivisione effettuata coincide con quella relativa al sub-indice "continuità".

5.1.10.7 Dati necessari per la costruzione degli indici

Si rimanda alla **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

5.1.11 Indici di qualità “chimico-fisica”, “biologica” e “idromorfologica”

Gli indici di *qualità chimico-fisica, biologica e idromorfologica* si ottengono mediante aggregazione dei sub-indici di valutazione di livello inferiore, come illustrato in Figura 5 (definiti da Par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** a Par.5.1.10).

Tale aggregazione, che avviene per ogni tratto, si realizza mediante funzioni di valore multi-dimensionali, secondo la procedura descritta nell'Appendice (Cap. 18): nel caso in esame è stata considerata adatta, per tutti i tratti, una semplice forma additiva.

Nella pratica si è quindi trattato di determinare i pesi λ_i nelle due equazioni seguenti (relative ad un tratto k-esimo; per semplicità, si tralascia l'indicazione del tratto k nei sub-indici), in cui, si ricorda, tutti i sub-indici sono, a seguito della procedura di aggregazione dei livelli inferiori, delle FV:

$$O_{B, (k)} = \lambda_m * m + \lambda_f * f + \lambda_v * v$$

$$O_{I, (k)} = \lambda_r * r + \lambda_c * c + \lambda_l * l + \lambda_e * e + \lambda_z * z$$

Con (per ogni tratto k-esimo del Reno)

$O_{B, (k)}$ = Indice *qualità biologica*

m = Indice *macroinvertebrati*

f = Indice *fauna ittica*

v = Indice *vegetazione terrestre*

$O_{I, (k)}$ = Indice *qualità idromorfologica*

r = Indice *regime idrologico*

c = Indice *continuità fluviale*

l = Indice *mobilità laterale*

e = Indice *equilibrio morfologico*

z = Indice *condizioni morfologiche*

Nel caso specifico, ai pesi λ_i sono stati attribuiti i valori (costanti) che seguono, mediante un primo confronto tra esperti di settore:

$$\lambda_m = 0.35$$

$$\lambda_f = 0.34$$

$$\lambda_v = 0.31$$

e

$\lambda_r = 0$ (ovvero, come già ricordato, in questa fase il sub-indice *regime idrologico* non è stato aggregato all'interno di *qualità idromorfologica*)

$$\lambda_c = 0.25$$

$$\lambda_l = 0.25$$

$$\lambda_e = 0.25$$

$$\lambda_z = 0.25$$

Tali pesi potranno essere modificati tramite l'ampliamento del gruppo di esperti interpellati, comprendendo tra questi anche gli Enti coinvolti nel presente progetto.

Per quanto riguarda l'indice O_C relativo alla qualità chimico-fisica, esso coincide con l'indice $q=v(g)$ relativo a *Condizioni generali* (Par. 5.1.2).

Quando in futuro sarà stato definito formalmente l'indice *presenza di sostanze pericolose*, sarà necessario aggregarlo insieme a *condizioni generali* per ottenere l'indice *qualità chimico-fisica*.

A titolo puramente indicativo, si fornisce un'indicazione di massima su come si può effettuare l'aggregazione dei due sub-indici *condizioni generali* e *presenza di sostanze pericolose* seguendo la stessa modalità prevista dalle normative vigenti:

- se il valore dell'indice *presenza di sostanze pericolose* è massimo, ovvero pari a 1 (nessuna sostanza supera il valore soglia), allora l'indice "Qualità chimico-fisica" assume valore pari a quello dell'indice "Condizioni generali";
- se il valore dell'indice *presenza di sostanze pericolose* è minimo, ovvero pari a 0 (una o più sostanze superano il valore soglia) si presentano invece le seguenti alternative:
 - a) se il valore dell'indice "Condizioni generali" è tale da rientrare nelle classi "Elevato, buono, sufficiente, scadente" (cioè assume valori $>0,2$), allora l'indice qualità chimico-fisica rientra nella classe "scadente" (nel processo di normalizzazione si può ipotizzare che esso assuma valore 0,2);
 - b) se il valore dell'indice "Condizioni generali" è tale da rientrare nella classe "pessimo" (ed assume quindi valori $<0,2$) allora l'indice qualità chimico-fisica rientra nella classe "pessima" (nel processo di normalizzazione si può ipotizzare che esso assuma valore 0).

5.1.12 Indice "Stato ecologico"

Come per gli indici di livello inferiore (Par.5.1.7), anche l'indice *Stato ecologico* si ottiene mediante una somma pesata ed occorre perciò determinare i pesi λ_i nell'equazione seguente (relativa ad un tratto k-esimo):

$$O_{(k)} = \lambda_C * O_{C, (k)} + \lambda_B * O_{B, (k)} + \lambda_I * O_{I, (k)}$$

Con (per il tratto k-esimo del Reno)

$O_{(k)}$ = Indice *Stato ecologico*

$O_{C, (k)}$ = Indice *qualità chimico-fisica*

$O_{B, (k)}$ = Indice *qualità biologica*

$O_{I, (k)}$ = Indice *qualità idromorfologica*

Nel caso specifico, ai pesi λ_i sono stati attribuiti i valori (costanti) che seguono, mediante un primo confronto tra esperti del settore:

$$\lambda_C = 0.25$$

$$\lambda_B = 0.42$$

$$\lambda_I = 0.33$$

Anche in questo caso, tali pesi potranno essere modificati tramite l'ampliamento del gruppo di esperti interpellati, comprendendo tra questi anche gli Enti coinvolti nel presente progetto.

5.1.13 Aggregazione spaziale (dall'indice in un tratto all'indice di valutazione per il Reno)

Dopo aver definito, per i tratti k-esimi in cui è stato suddiviso il Reno, ognuno degli indici considerati, da quelli di livello inferiore fino agli indici di *qualità chimico-fisica* $O_{C,(k)}$, *biologica* $O_{B,(k)}$, *idromorfologica* $O_{I,(k)}$ ed *Stato ecologico* $O_{(k)}$, si definiscono gli *indici di valutazione complessivi* relativi a tutto il corso d'acqua, come somma pesata, in base alla lunghezza dei tratti, dei valori dell'indice relativo a tratti stessi⁴⁰.

In formule:

$$O = \sum_k (l_k * O_{(k)}) / \sum_k (l_k)$$

$$O_C = \sum_k (l_k * O_{C,(k)}) / \sum_k (l_k)$$

$$O_B = \sum_k (l_k * O_{B,(k)}) / \sum_k (l_k)$$

$$O_I = \sum_k (l_k * O_{I,(k)}) / \sum_k (l_k)$$

dove:

l_k = lunghezza del tratto k-esimo

e, per l'intero Reno

O = Indice *Stato ecologico*

O_C = Indice *qualità chimico-fisica*

O_B = Indice *qualità biologica*

O_I = Indice *qualità idromorfologica*

⁴⁰ E' stato in pratica assunto che tutto il corso del Reno sia di uguale importanza nella definizione dello stato dell'ecosistema fluviale.

6 Risultati della caratterizzazione integrata

6.1 Stato dell'ecosistema fluviale

6.1.1 Qualità chimico-fisica dell'acqua

Si presentano di seguito i risultati dell'indice *qualità chimico-fisica* relativi ad ogni tronco in cui è stato suddiviso il Reno per indagare tale attributo (tronchi QUAL), risultati che coincidono nell'applicazione in esame con quelli del sub-indice *condizioni generali*⁴¹.

Secondo la modellizzazione del Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori (LIM) effettuata nel PTA Regionale con il modello QUAL2E l'intera porzione di fiume studiata si presenta in classe 3 (sufficiente) già a monte della confluenza Setta e si mantiene poi in tale stato per tutto il territorio provinciale; il valore dell'indice q risulta pertanto uguale a 0.5 in tutti i tronchi della porzione di fiume oggetto di questo studio (vedi Tabella 32 e Figura 20).

I dati puntuali (monitoraggio mensile) invece, rilevati alla stazione ARPA di Casalecchio di Reno (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), indicano una situazione migliore, con una II classe di qualità⁴².

Tabella 29 – Classi di qualità dei macrodescrittori a Casalecchio di Reno (dati ARPA, 2004 e 2005)

Macro descrittori (2004-2005) – Stazione Casalecchio di Reno							LIM
O ₂	BOD ₅	COD	NH ₄	NO ₃	P_TOT	E.Coli	2005-2006
10	80	40	20	40	40	20	250

Da una visione di insieme dei dati (si osservino anche in Tabella 30 le variazioni di classi di qualità nei vari tronchi dei singoli macrodescrittori in due scenari modellizzati con QUAL2E) emerge una situazione complessiva di inquinamento piuttosto contenuto, con criticità legate soprattutto all'azoto ammoniacale⁴³ e, in modo più puntuale, all'inquinamento batteriologico (E. Coli). Non critica, ma comunque a ridosso di una terza classe di qualità anche la concentrazione di COD⁴⁴.

⁴¹ Le motivazioni che hanno spinto a non aggregare l'indicatore "Presenza di sostanze pericolose" sono esplicitate nel paragrafo "5.1.3". Si segnala comunque che dall'analisi dei dati rilevati da ARPA Emilia Romagna presso la stazione di Casalecchio di Reno nel 2006 non si rilevano parametri che superino i valori soglia così come definiti nella Tabella 1/A dell'Allegato 1 alla parte terza del decreto 152/06 e che pertanto sembrerebbe corretto confermare il valore dell'indice complessivo qualità chimico – fisica qui riportato. Si sottolinea inoltre che nell'analisi dei fattori causali sono state comunque inserite alcune considerazioni su possibili fattori di rischio.

⁴² Si noti che questa differenza fra la classe di qualità emersa dalla modellizzazione e quella rilevata con i dati di campionamento puntuale, in questo caso assume una certa importanza in termini di pianificazione: nel Piano di Tutela Acque infatti qualora il dato puntuale evidenziasse una seconda classe di qualità (come nel caso della stazione di Casalecchio) si dichiara l'obiettivo di qualità già raggiunto con relativa "non necessità" di azioni di miglioramento da implementare.

⁴³ Si ricorda che la presenza di azoto ammoniacale è minima negli ambienti acquatici con basso carico inquinante e ben ossigenati. In queste condizioni, infatti, avviene la totale ossidazione della forma ammoniacale, con la sua trasformazione in azoto nitrico. Nelle acque con un elevato carico organico in decomposizione, o nelle vicinanze di uno scarico in genere si osserva un aumento della concentrazione di questo ione, dovuto ad un eccessivo consumo dell'ossigeno presente.

⁴⁴ Il COD (Domanda Chimica di Ossigeno) corrisponde alla concentrazione di ossigeno necessaria per ossidare le sostanze organiche ed inorganiche presenti nell'acqua. E' un parametro fondamentale nel controllo di qualità di un corso d'acqua, poichè è una misura del grado di inquinamento sia di tipo civile che industriale.

Analizzando invece le variazioni nei tratti della classe di qualità, da monte a valle e secondo la modellizzazione QUAL2E (vedi tabella seguente) si osservano poche variazioni; quelle più significative (con perdita di una classe di qualità) si registrano per alcuni parametri (BOD, Azoto nitrico, E. Coli) nell'ultimo tronco QUAL07 interessato dall'immissione degli scolmatori nell'area urbana di Bologna.

Tabella 30 – Variazioni delle classi di qualità dei singoli macrodescrittori nei diversi tronchi e in 2 scenari

CONDIZIONE GENERALI - QUALITA' ACQUA																				
ID tronco	da		a		CLASSE DI QUALITA' DEI SINGOLI MACRODESCRITTORI IN 2 SCENARI SIMULATI DA QUAL2E															
					Condizioni generali (q)		scenario portata di MAGRA						scenario portata MEDIA							
	Km	località	Km	località	Classe LIM	q	Bod ₅	Azoto nitrico	Azoto ammoniacale	Fosforo totale	E. Coli	Ossigeno disciolto	Cod	Bod ₅	Azoto nitrico	Azoto ammoniacale	Fosforo totale	E. Coli	Ossigeno disciolto	Cod
							Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello
QUAL 01	0.00	confluenza torrente Setta	2.34	scarico depuratore Sasso Marconi	3	0.5	2	2	3	2	2	1	2	1	2	3	2	2	1	2
QUAL 02	2.34	scarico depuratore Sasso Marconi	5.13	traversa canale del Maglio	3	0.5	2	2	3	2	2	1	2	1	2	3	2	2	2	2
QUAL 03	5.13	traversa canale del Maglio	7.30	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	3	0.5	2	2	3	2	2	1	2	1	2	3	2	2	2	2
QUAL 04	7.30	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	3	0.5	2	2	3	3	3	1	2	1	2	3	2	2	2	2
QUAL 05	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	12.04	Chiusa di Casalecchio	3	0.5	2	2	3	3	2	1	2	1	2	3	2	2	2	2
QUAL 06	12.04	Chiusa di Casalecchio	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	3	0.5	2	2	3	3	2	1	2	1	2	3	2	2	2	2
QUAL 07	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	19.52	Ponte autostrada A14	3	0.5	3	3	3	3	3	1	2	2	2	3	2	2	2	2

Tabella 31 – dati chimici registrati da ARPA a Casalecchio nei campionamenti mensili del 2006

DATA	IBE	Conducibilità a 20°C	Azoto totale	Azoto ammoniacale	Azoto nitrico	Azoto nitroso	Ossigeno disciolto	Ossigeno alla saturazione	B.O.D. 5	C.O.D.	Ortofosforo	Fosforo totale	Cloruri	Solfati	Escherichia coli	Enterococchi	Salmonelle / gruppo
		µS/cm	N mg/L	N mg/L	N mg/L	N mg/L	O2 mg/L	%	O2 mg/L	O2 mg/L	P mg/L	P mg/L	Cl mg/L	SO4 mg/L	UFC/100 mL	UFC/100 mL	/1000 mL
10/01/06	7/6	322	1.8	0.05	1.5	0.02	6.6	50	2	6	<0.01	0.04	13.5	39	1673	991	PRESENTE
06/02/06		329	4.1	0.2	0.98	0.01	7.3	55	2	6	<0.01	0.03	13	33	2136	1227	PRESENTE
06/03/06		320	2	0.4	1.32	0.01	6.3	52	2	7.8	<0.01	0.22	16	37	2091	2909	ASSENTE
10/04/06		490	0.89	0.13	<0.20	0.01	n.d.		2	7	<0.01	0.05	17	70.6	591	373	ASSENTE
30/05/06	7/6	468	1.26	0.4	1.2	0.03	5.6	61	3.1	13.5	0.06	0.17	22	51	10909	3364	ASSENTE
05/06/06		479	1.07	0.14	<0.20	0.02	5.8	63	<2.0	6	<0.01	0.11	22	52	655	1000	PRESENTE
03/07/06		427	1.06	0.1	<0.2	0.01	5.8	71	2	10	0.04	0.14	22	46	31	355	ASSENTE
01/08/06		404	0.87	0.2	<0.2	0.01	6.5	83	2	7.9	<0.01	0.14	22	40	818	991	PRESENTE
04/09/06		474	1.1	0.12	<0.2	<0.01	<2	24	<2.0	6	0.04	0.11	33	50	236	155	ASSENTE
02/10/06	7	441	1.57	0.18	<0.2	0.01	7.5	83	<2.0	6.4	<0.01	0.09	22	45	1545	255	PRESENTE
23/11/06		316	1.3	0.04	0.9	0.02	10.5	94	<2.0	11	0.02	0.13	13	31	1627	927	ASSENTE
04/12/06	6/7	442	0.9	0.05	<0.2	0.01	9.8	87	<2.0	5	<0.01	0.05	23	44	382	255	ASSENTE

Tabella 32 – Valori assunti dall'indice "Condizioni generali" nella porzione di corso d'acqua indagata

CONDIZIONE GENERALI - QUALITA' ACQUA						
ID tronco	da		a		STATO ATTUALE	
	Km	località	Km	località	Condizioni generali (q)	
					Classe LIM	q
QUAL 01	0.00	confluenza torrente Setta	2.34	scarico depuratore Sasso Marconi	3	0.5
QUAL 02	2.34	scarico depuratore Sasso Marconi	5.13	traversa canale del Maglio	3	0.5
QUAL 03	5.13	traversa canale del Maglio	7.30	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	3	0.5
QUAL 04	7.30	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	3	0.5
QUAL 05	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	12.04	Chiusa di Casalecchio	3	0.5
QUAL 06	12.04	Chiusa di Casalecchio	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	3	0.5
QUAL 07	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	19.52	Ponte autostrada A14	3	0.5



Figura 20 – Rappresentazione dell'indice di qualità chimico fisica nella porzione di fiume oggetto di studio

Analisi dei fattori causali

Per la comprensione delle cause (e del loro peso relativo) che determinano l'attuale stato di qualità delle acque del fiume è utile prendere a riferimento la schematizzazione utilizzata nel Piano Tutela Acque per l'applicazione della modellistica di qualità. Se osserviamo ad esempio il grafico che rappresenta le variazioni della concentrazione di COD⁴⁵ lungo l'intera asta e gli apporti percentuali di carico in asta dovuti alle singole fonti (Figura 21), si osserva innanzitutto che nel tratto oggetto dello studio Reno Vivo viene immesso circa l'11% del carico complessivo del Reno; la percentuale di carico immesso a monte e quindi in parte veicolata alla porzione interessata da "Reno Vivo" risulta essere di circa il 20%.

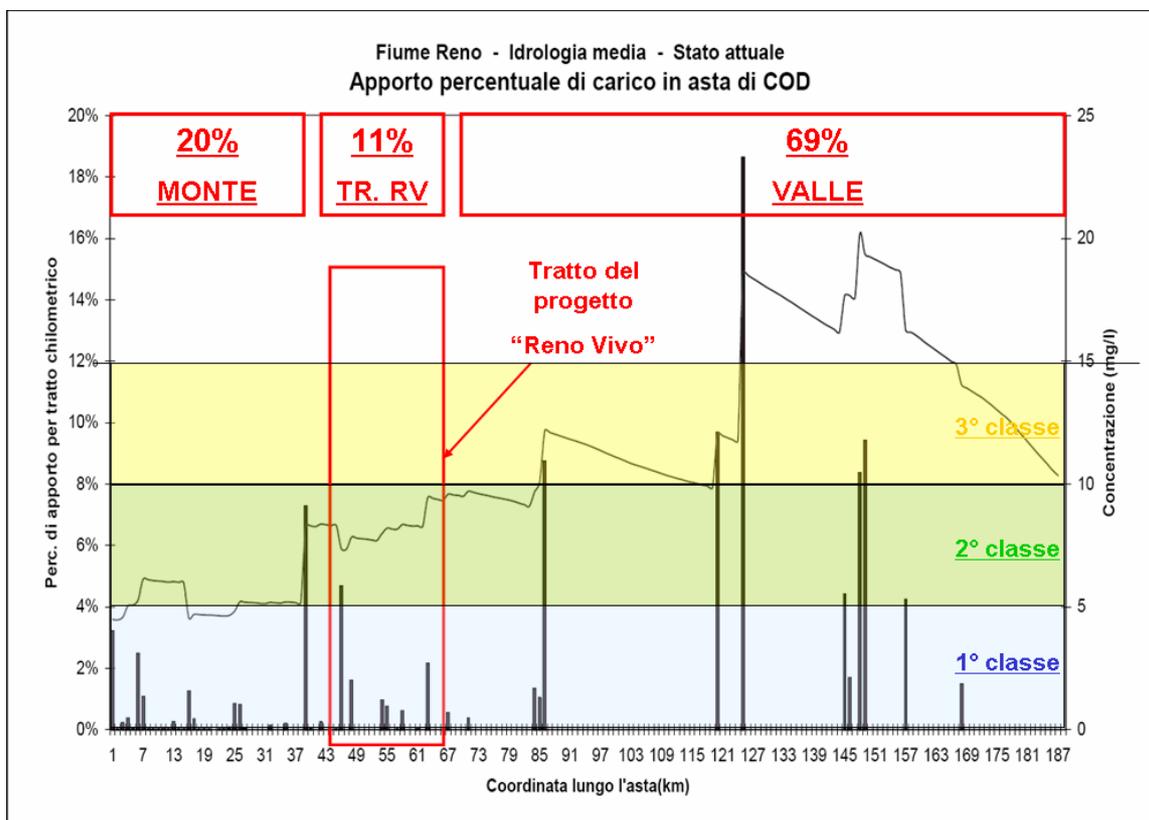


Figura 21 – La curva rappresenta le variazioni della concentrazione di COD lungo l'intera asta fluviale (per facilitare la comprensione si sono rappresentati i limiti delle classi di qualità così come definiti dal metodo per il calcolo del LIM); i singoli istogrammi rappresentano invece l'apporto percentuale di ciascuna fonte di carico e sono collocati lungo l'asta nel punto corrispondente all'immissione. Nel riquadro rosso la collocazione ed i limiti del tratto oggetto specifico del progetto Reno Vivo.

⁴⁵ L'andamento del BOD e dell'Azoto ammoniacale risulta piuttosto simile a quello del COD; l'apporto di carichi di Azoto e Fosforo è invece più trascurabile.

Concentrando la nostra attenzione sulla sola porzione oggetto del presente studio (Figura 22⁴⁶), ma tenendo sempre a riferimento questo tipo di rappresentazione è possibile tracciare un quadro di sintesi di quali siano (e di quale sia il loro effettivo impatto) le singole fonti inquinanti nel tratto in questione.

Si osserva che (Figura 22):

- la concentrazione di COD risulta vicina ai 5mg/l (limite fra 1° e 2° classe) fino a monte dello scarico delle Cartiere Burgo (6-7 km a monte del nostro tratto di studio) nel Comune di Marzabotto; dopo l'immissione di questo scarico, subisce un brusco incremento (probabilmente sovrastimato⁴⁷ ma comunque molto significativo, con un passaggio da livelli vicini alla 1° classe di qualità a livelli ai limiti della III° classe di qualità); proprio questo impatto, esterno al tratto di studio, può essere indicato come la causa principale di degrado della qualità delle acque per il tratto del progetto "Reno Vivo"; infatti, come si osserva in figura, la concentrazione subisce in seguito una serie di oscillazioni fino a risultare, a valle di Casalecchio e subito a monte del tratto urbano bolognese, ancora uguale a quella iniziale e cioè a monte della confluenza Setta presso Sasso Marconi. Di fatto, il carico del Setta e tutti i carichi industriali (vedi Figura 23) e di depuratori (vedi Tabella 33) presenti nel tratto di progetto hanno l'effetto di riportare la concentrazione ai livelli di inizio tratto di studio, annullando gli effetti di riduzione di concentrazione legato alla diluizione apportata dal T. Setta.
- un nuovo significativo peggioramento si verifica invece nell'ultimo tronco del progetto Reno Vivo, dove l'effetto cumulativo degli scolmatori nel tratto urbano di Bologna causa un incremento piuttosto significativo (paragonabile all'effetto cumulato di tutti i carichi industriali e depuratori del tratto di studio).

Da segnalare infine (non deducibile dalla Figura 22) la criticità, anche per inquinamento da metalli pesanti, dei 2 affluenti Rio Sabbioso e Rio Bolsenda (per approfondimenti si veda il box di Figura 24)

⁴⁶ La rappresentazione appare piuttosto realistica se si eccettua la possibile sovrastima dei carichi delle cartiere ed il fatto che il modello non tiene in considerazione la derivazione del canale Maglio (nella porzione di corso d'acqua derivata la situazione può essere, nei fatti, più critica).

⁴⁷ E' molto probabile che le semplificazioni modellistiche adottate (attribuzione di concentrazioni allo scarico uguale ai limiti tabellari) porti ad una effettiva sovrastima del carico; una stima più affidabile è quella proposta in Figura 23 frutto di approfondimenti realizzati nel corso delle attività conoscitive del recepimento del PTA Regionale nel PTCP Provinciale.

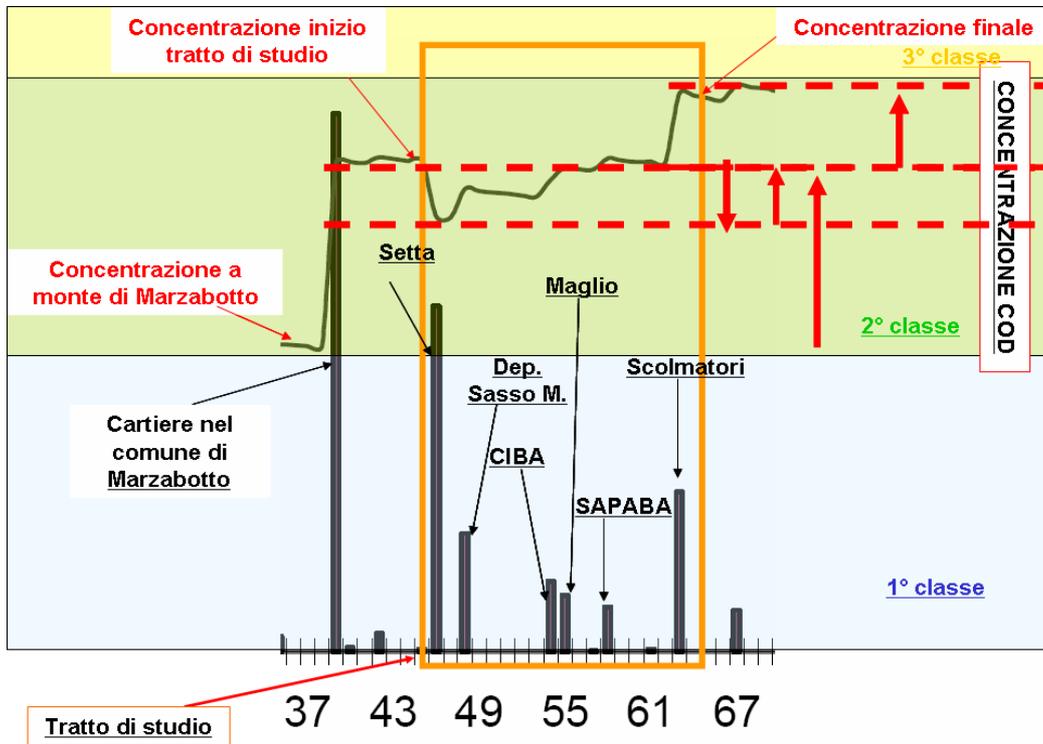
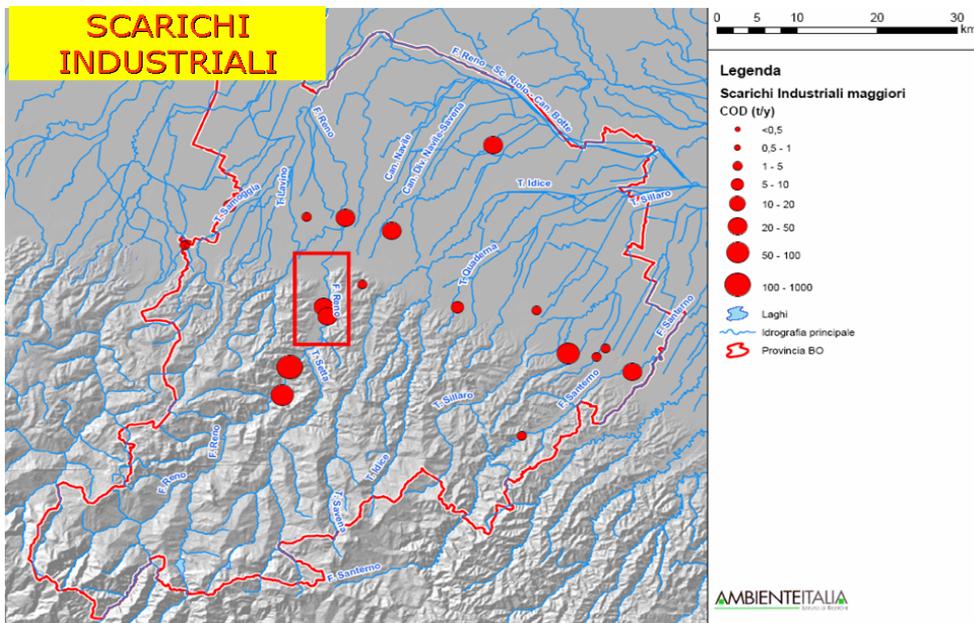


Figura 22 – Andamento della concentrazione di COD e apporto percentuale di ciascuna fonte di carico inquinante nel tratto di studio (estratto da Figura 2).



Fiume	Tronco immissione	NOME GLOBAL	FLUSSO mc/anno	concentrazioni in mg/l				carichi in t/y				ORIGINE
				BOD5	COD	Ntot	Ptot	BOD5	COD	Ntot	Ptot	
Reno (monte tratto studio)	/	CARTIERE BURGO SPA-STAB. MARZABOTTO - -	10336800	34.0	84.0	nd	nd	351.5	868.3			istruttoria autorizzazione integrata ambientale (AIA)
Reno (monte tratto studio)	/	CARTIERA RENO DE MEDICI SPA -	2628000	12.0	35.0	2.3	1.1	31.5	92.0	2.3	3.0	istruttoria autorizzazione integrata ambientale (AIA)
Setta	QUAL 03	STAZIONE ECOLOGICA ATTREZZATA "RENO" SASSO MARCONI -	4000									
Reno	QUAL 04	CIBA SPECIALITY CHEMICAL SPA -	400000	5.0	58.0	2.3	0,1	2.0	23.2	0,92	0,02	dato da analisi autorizzazione integrata AIA, 2005-2007. Dati del 2000: BOD 23. COD 129. N 5,01. P <0,1. Analisi di ARPA (controllo) del 2006: BOD non misurato. COD: 143 N: 2,96, P 0,06. Autodichiarazione IPPC del 2006: BOD:9,8. COD:113. N: 4,43 P: nd
Canale Pontecchio o Maglio	QUAL 05	CARTIERA DI BORGONUOVO -	644957	18.0	43.0	nd	nd	11.6	27.7			dato 2003 da istruttoria autorizzazione scarico
Rio Sabbioso	QUAL 05	S.A.P.A.B.A. S.P.A. -	15000									
Reno	QUAL 07	CENTRALE POTABILIZZAZIONE TIRO A SEGNO BOLOGNA -	38000	nd	nd	nd	nd					Autorizzazione 2001: presenza di trielina (tetracloroetilene 23 mug/l). Parametri BOD e COD N e P irrilevanti.

Figura 23 – Localizzazione e tabella di dettaglio dei carichi relativi agli scarichi industriali che interessano il tratto di studio; si osservi dalla mappa che 4 (2 direttamente) dei principali scarichi industriali della Provincia interessano la porzione “Reno Vivo”. I dati della Provincia evidenziano l’importanza di alcuni degli scarichi industriali che interessano la porzione di fiume Reno indagata. In particolare si osserva: il carico organico considerevole apportato dalle 2 cartiere presso Marzabotto (portate dello scarico di circa 3 mc/sec); il carico dello scarico CIBA che, se pure meno consistente, può avere effetti significativi sul corso d’acqua in quanto interessa un tratto a carenza idrica (derivazione del Maglio); da segnalare lo scarico della cartiera di Borgonuovo recapitato al Reno tramite il canale del Maglio. Gli altri scarichi non sembrano di rilievo, anche se una soglia di attenzione per la trielina va segnalato per lo scarico del tiro a segno Bologna e le condizioni di inquinamento da sostanze pericolose (concentrazioni di alcuni metalli elevate nei sedimenti) del Rio Sabbioso (in cui viene recapitato lo scarico S.A.P.A.B.A.).

DEPURATORI

Fiume	Tronco Immissione	NOME	TIPO	LIV_DEP	AE_PROG	PORTATA	BOD5 svers.	Ntot sver.	Ptot svers	AGGLOMER	AE_AGG LOM
Reno	/	MARZABOTTO	fanghi attivi	II	3000	248638	1350.5	2409	365	Marzabotto - Capoluogo	2700
Reno	/	Marzabotto - Lama di Reno (Via Barleda)	fanghi attivi	II	1650	110080	5899.86	3940.37	678.48	Lama di Reno	1453
Reno	QUAL2	SASSO MARCONI	fanghi attivi	II	7500	547500	32850	21939.69	3777.75	Sasso Marconi	8308
Maglio	QUAL5	SASSO MARCONI - BORGONUOVO	fanghi attivi	II	2500	182500	10950	7313.23	1259.25	Borgonuovo - Sasso Marconi	3996



Tabella 33 - Dettaglio dei carichi dei depuratori che interessano il tratto di studio. Nelle foto il depuratore più significativo, quello di Sasso Marconi. Si osserva che: poco a monte del tratto interessato sono presenti 2 depuratori di dimensioni non particolarmente di rilievo (totale circa 4.000 AE) presso Marzabotto; nella porzione interessata dal progetto si registra la presenza dello scarico di 2 depuratori significativi: quello di Sasso Marconi di circa (8.000 AE e in ampliamento) che scarica nel tratto QUAL2 e quello di Borgonuovo (2500 AE) che scarica nel Maglio e quindi in Reno nel tratto QUAL 5. Da segnalare infine che nel torrente Setta sono presenti svariati scarichi di piccole dimensioni (100-500 AE) che sommati possono dare un contributo al peggioramento qualitativo registrato nella stazione di monitoraggio posta poco a monte della confluenza con il Reno.

*******BOX*******

QUALITA' RIO DEI GAMBERI E RIO BOLSENDA tratto da "Rapporto Trimestrale di Componente Acque Superficiali – monitoraggio legato a ampliamento alla terza corsia del tratto Casalecchio di Reno – Sasso Marconi- a cura di SPEA – INGEGNERIA EUROPEA.

Rio dei Gamberi

Nel periodo in esame le portate registrate risentono delle abbondanti precipitazioni del periodo tardo autunnale ed invernale, si nota infatti un aumento dei deflussi rispetto a quanto rilevato nelle precedenti campagne di misura, con particolare riferimento alla campagna di marzo; le portate misurate sono comunque di modesta entità, dell'ordine di litri al secondo.

Per quanto riguarda i parametri di qualità in situ, i valori di conducibilità elettrica mostrano un elevato grado di mineralizzazione con dati che variano da un valore prossimo a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ registrato nella campagna di gennaio ad un valore prossimo a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ registrati a marzo, da cui si può notare un certo effetto di diluizione da parte degli apporti pluviometrici. Il pH assume valori leggermente basici e la temperatura dell'acqua risulta coerente con le temperature stagionali. Dal tenore di ossigeno disciolto il canale risulta in condizioni di parziale anossia, con valori che variano dal 60% all'80% della saturazione di ossigeno.

Per quanto riguarda invece i parametri chimici e batteriologici, i risultati evidenziano la presenza di inquinamenti di origine animale o antropica, come si vede dagli elevati valori di escherichia coli (7500-12800 ufc/100ml campagna di marzo). Complessivamente i valori rilevati sono coerenti con le registrazioni precedenti e sostanzialmente omogenei nelle sezioni a monte e a valle del tracciato autostradale; fa eccezione l'elevato valore di zinco riscontrato nella sezione di monte (110 $\mu\text{g}/\text{l}$), dovuto probabilmente alla presenza di uno scarico concentrato, che non trova riscontro nella sezione di valle, dove il tenore di zinco risulta inferiore a 10 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Per quanto riguarda le analisi sui sedimenti, si evidenzia la presenza di vari metalli e oli minerali in entrambe le sezioni; si nota però nella sezione di valle un significativo aumento della concentrazione di cromo, nichel e zinco e in maniera più ridotta del piombo e oli minerali nella campagna di gennaio.

Rio Bolsenda

Nel periodo in esame le portate registrate risentono delle abbondanti precipitazioni del periodo tardo autunnale ed invernale, si nota infatti un aumento dei deflussi rispetto a quanto rilevato nelle precedenti campagne di misura, con particolare riferimento alla campagna di marzo; le portate misurate sono comunque di modesta entità dell'ordine di litri al secondo.

Per quanto riguarda i parametri di qualità in situ, i valori di conducibilità elettrica mostrano un elevato grado di mineralizzazione delle acque con valori prossimi a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in entrambe le sezioni. Il pH assume valori leggermente basici e la temperatura dell'acqua risulta coerente con le temperature stagionali. Dal tenore di ossigeno disciolto il canale è risultato in condizioni di parziale anossia nella campagna di gennaio, mentre nella campagna di marzo si arriva a valori prossimi al 90% della saturazione di ossigeno.

Per quanto riguarda invece i parametri chimici e batteriologici, i valori sono sostanzialmente omogenei nelle sezioni a monte e a valle del tracciato autostradale e confrontabili con quelli rilevati sul Rio dei Gamberi, rispetto al quale risultano leggermente inferiori le concentrazioni di escherichia coli.

Figura 24 – Commento ai monitoraggi effettuati sul Rio dei Gamberi e sul Rio Bolsenda.

Conclusioni dell'analisi finalizzate alla costruzione delle alternative di piano

- la qualità chimico-fisica delle acque nel tratto di studio non versa in condizioni particolarmente degradate anche se si registra una criticità media legata in particolare all'incidenza del carico organico e batteriologico.
- una qualsiasi azione limitata al tratto di studio può avere degli effetti non particolarmente significativi rispetto all'ipotesi di una riduzione del carico da monte (Cartiere Burgo a Marzabotto).
- è comunque possibile conseguire un miglioramento di qualità nel tratto fra il Setta e Casalecchio intervenendo sugli scarichi industriali e su quelli (comunque non critici) del depuratore di Sasso Marconi. In particolare potrebbe essere data priorità di intervento allo scarico industriale (CIBA) che insiste su un tratto di corso d'acqua (QUAL 4) già pesantemente stressato per la presenza della derivazione del canale del Maglio.
- l'intervento più significativo che si può ipotizzare e da effettuarsi direttamente nel tratto di studio riguarda il trattamento degli scolmatori nel tratto urbano di Bologna.
- è utile migliorare le condizioni di due affluenti poco significativi in termini di portata ma con evidenti problemi di carico (anche sostanze pericolose) quali il Rio Sabbioso e il Rio Bolsenda.

Per un'analisi dettagliata a scala di tronco si veda invece la seguente Tabella 34.

Tabella 34 – Quadro di sintesi dell'analisi sullo stato, sulle cause e sulle azioni di miglioramento per la qualità dell'acqua

ID tronco	STATO ATTUALE		a	Commento	Cause (in ordine di importanza)	Possibili azioni (in ordine di priorità)	
	da	Condizioni generali (c)					
	località	Classe LIM					q
QUAL 01	confluenza torrente Setta	3	0.5	Il carico, soprattutto organico, che giunge da monte (a seguito principalmente degli scarichi industriali di Marzabotto) conferisce alla qualità delle acque una qualità solo sufficiente. L'immissione del Setta, nonostante veicoli un certo carico di natura organica, nel complesso riduce le concentrazioni di inquinanti rispetto a monte (per diluizione)	1) carico da monte (scarichi industriali cartiere a Marzabotto, depuratore di Marzabotto, 2) carico veicolato T. Setta (che riduce l'entità del miglioramento apportato dal Setta per diluizione)	1) Ridurre apporto carico organico scarichi industriali a monte 2) Ridurre carico nel T. Setta	
QUAL 02	scarico depuratore Sasso Marconi	3	0.5	La concentrazione di carico organico aumenta anche se in modo poco significativo	1) carico da monte 2) scarico depuratore Sasso Marconi (7500AE)	1) Ridurre apporto carico da monte 2) Posttrattamento depuratore	
QUAL 03	traversa canale del Maglio	3	0.5	La concentrazione rimane invariata ma è possibile ipotizzare un degrado qualitativo in magra per effetto della derivazione (decremento ossigeno disciolto, eutrofizzazione)	1) carico da monte 2) derivazione Maglio	1) Ridurre apporto carico da monte 2) Maggiori portate in alveo in magra	
QUAL 04	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	3	0.5	Leggero incremento della concentrazione di inquinanti organici; si può ipotizzare che le condizioni di carenza idrica accentuino gli effetti dello scarico industriale presente nel periodo di magra	1) carico da monte 2) derivazione Maglio 3) scarico industriale CIBA (carico organico)	1) Ridurre apporto carico da monte 2) Maggiori portate in alveo in magra 3) Miglioramento o immissione in altro punto dello scarico industriale	
QUAL 05	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	3	0.5	Con la reimmissione del Maglio si riducono i problemi legati alla carenza idrica, ma si registra un incremento della concentrazione di carico organico veicolato dal Maglio e dal Rio Sabbioso. Un peggioramento qualitativo è ipotizzabile anche a seguito degli effetti di rallentamento della corrente per la Chiusa.	1) Carico da monte 2) Maglio veicola i carichi di depuratore e cartiera di Borgonuovo. 3) Rio Sabbioso che raccoglie lo scarico SAP-ABA, risulta inquinato (anche inquinanti pericolosi) 4) Ambiente lertico per la Chiusa di Casalecchio	1) Ridurre apporto carico da monte 2) Miglioramento qualità Maglio e Rio Sabbioso	
QUAL 06	Chiusa di Casalecchio	3	0.5	La concentrazione rimane invariata ma è possibile ipotizzare un degrado qualitativo in magra per effetto della derivazione (decremento ossigeno disciolto, eutrofizzazione)	1) carico da monte 2) derivazione Chiusa Casalecchio carenza idrica	1) Ridurre apporto carico da monte 2) Maggiori portate in alveo nel periodo di magra	
QUAL 07	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	3	0.5	Si registra un forte peggioramento del carico organico e microbiologico a seguito dell'immissione degli scolmatori dell'area bolognese	1) carico da monte 2) scolmatori 3) derivazione Chiusa Casalecchio carenza idrica	1) Ridurre apporto carico da monte 2) Trattamento scolmatori 3) Maggiori portate in alveo nel periodo di magra	

6.1.1.1 *NOTA: la balneabilità*

Per quanto riguarda le acque di balneazione, fino ad ora la normativa di riferimento è stata il D.P.R. 470/82 “Attuazione della Direttiva CEE n. 76/160 relativa alla qualità delle acque di balneazione” e successive modifiche, che all’art. 4 recita “alle Regioni competono l’individuazione delle zone di balneazione", a sua volta la Regione Emilia Romagna ha delegato tale competenza alle Province con l’entrata in vigore della L.R. 3/99.

In particolare la legge regionale n. 3/99, art.118, delega alle Province le seguenti funzioni:

- individuazione di zone idonee alla balneazione sulla base dei risultati delle analisi e delle ispezioni effettuate nel periodo di campionamento dell’anno precedente (D.P.R. 470/82, articolo 4, comma 1, lettera b)
- facoltà di ampliare la stagione balneare per esigenze e consuetudini locali (DPR470/82, articolo 4, comma 1, lettera c)

Tale quadro normativo è in corso di aggiornamento a seguito dell’entrata in vigore della DIRETTIVA 2006/7/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 15 febbraio 2006 relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e che abroga la direttiva 76/160/CEE.

Allo stato attuale risulta che, a prescindere dalle loro caratteristiche di qualità, molti tratti montano-collinari dei corsi d’acqua sono utilizzati dai cittadini a scopi ricreativi. Già dal 2002 la Provincia di Bologna ha commissionato ad ARPA uno studio conoscitivo finalizzato a verificare gli usi attuali o degli ambienti fluviali e la compatibilità delle acque in siti potenzialmente balneabili o di fatto balneati con le prescrizioni previste dalla normativa.

Sono stati individuati, nell’intera Provincia 19 siti, di cui 6 sul fiume Santerno, 1 sul torrente Sillaro, 3 sul torrente Savena, 1 sul Lago di Suviana, 1 sul torrente Limentra, **4 sul fiume Reno**, 1 sul lago Brasimone e due sul torrente Setta. Tra questi il sito di maggiore interesse rispetto allo SD è quello relativo al fiume Reno presso il “Lido di Casalecchio” nei confronti del quale sembra esistere una forte richiesta in termini fruitivi nel periodo estivo.

Nello studio suddetto è stato investigato il periodo balneare, da maggio a settembre (2002), e sono stati monitorati i parametri normalmente indicati per il controllo della balneabilità da parte delle A.U.S.L. cioè quelli microbiologici idonei a valutare il rischio sanitario (secondo Direttiva CEE n. 76/160).

Tabella 35 – Limiti da rispettare per la balneazione secondo il recepimento della “vecchia” Direttiva CEE n. 76/160

Parametro	Unità di misura	Limite
Coliformi totali	Colonie in 100 ml	2000
Coliformi fecali	Colonie in 100 ml	100
Streptococchi fecali	Colonie in 100 ml	100
Salmonella	Presenza/assenza in 1000 ml	assenza

La campagna analitica ha mostrato che i siti considerati nell’indagine, se pur fruibili per gli aspetti paesaggistici e culturali, non presentano qualità microbiologica delle acque compatibile con l’uso balneare.

I superamenti dei parametri microbiologici nei tratti montani considerati sono contenuti a conferma di una qualità comunque non troppo distante da quella di riferimento; questo è dimostrato dal fatto che molto spesso il valore dei coliformi fecali risulta essere al di sotto delle 1000 unità per 100 ml.

Le stazioni di monitoraggio sul fiume Reno sono state escluse dai campionamenti avendo superato, nelle precedenti campagne, il valore di 1000/100 ml dei coliformi fecali per oltre l'80% dei campioni; si segnala inoltre una certa pericolosità legata alle modalità dei rilasci dai Laghi a monte che possono provocare variazioni piuttosto brusche delle portate.

Rimanendo al solo problema dei limiti di qualità microbiologica (ma nella consapevolezza che una eventuale revisione delle modalità di gestione dei rilasci a monte potrebbe risolvere i sopracitati problemi di sicurezza), e nell'ottica di rilanciare, a partire da tale Schema Direttore, l'ipotesi di un impegno verso il raggiungimento dell'obiettivo di balneabilità in un tratto fluviale di così facile accessibilità da parte dei cittadini, è stato effettuato un parziale approfondimento relativo all'inquinamento di tipo microbiologico presente.

Premettendo la scarsa affidabilità di un confronto basato sui dati di una sola stagione⁴⁸ (si noti ad esempio che l'allontanamento dal limite è fortemente condizionato dai picchi registrati nel solo mese di maggio) questo primo parziale confronto evidenzia dei valori microbiologici di circa un ordine di grandezza superiori ai limiti imposti dalla nuova direttiva (Tabella 36 e Tabella 37).

Tabella 36 – Limiti per la definizione dei diversi livelli di balneabilità secondo la “nuova” DIRETTIVA 2006/7/CE

ACQUE INTERNE

	A	B	C	D
	Parametro	Qualità eccellente	Qualità buona	Qualità sufficiente
1	Enterococchi intestinali espressi in ufc/100 ml	200 (*)	400 (*)	330 (**)
2	Escherichia coli espressi in ufc/100 ml	500 (*)	1 000 (*)	900 (**)

(*) Basato sulla valutazione del 95° percentile. Cfr. allegato II.

(**) Basato sulla valutazione del 90° percentile. Cfr. allegato II.

Tabella 37 – Calcolo dei valori per la stazione di Casalecchio nella stagione balneare 2006

	Escherichia coli	Enterococchi	Salmonelle / gruppo
	UFC/100 mL	UFC/100 mL	/1000 mL
mag-06	10909	3364	ASSENTE
giu-06	655	1000	PRESENTE
lug-06	31	355	ASSENTE
ago-06	818	991	PRESENTE
set-06	236	155	ASSENTE
95 percentile	8890.8	2891.2	
90 percentile	6872.6	2418.4	

⁴⁸ La stessa direttiva impone di considerare almeno 4 stagioni balneari

Analisi fattori causali e linee di azione

A prescindere dall'effettivo grado di scostamento dai valori limite, il confronto proposto e il lavoro dettagliato fatto da ARPA in passato evidenziato l'esistenza di un carico microbiologico significativo. Sfruttando le elaborazioni del PTA è possibile provare a comprendere le cause principali e avanzare alcune idee preliminari sulle azioni da eseguire. Osservando le variazioni delle concentrazioni di Escherichia Coli lungo l'intera asta fluviale (Figura 25) si osserva che già nei primi chilometri (scarico depuratore di Castel di Casio Prati di 9000 AE) il fiume riceve un carico microbiologico molto elevato con concentrazioni vicine alle 10000 UFC/100 mL. Tale concentrazione si riduce notevolmente nel tratto successivo fino ad assestarsi su valori compresi fra 1000 e 2000 UFC/100 mL all'ingresso del tratto SD (nel riquadro rosso in figura). Sono poi proprio gli scarichi industriali, dei depuratori e di affluenti significativamente inquinati come Rio dei Gamberi e Bolsenda, presenti nel tratto di studio Reno Vivo (vedi paragrafo su qualità chimico fisica), le cause del nuovo significativo aumento delle concentrazioni; è dunque nell'affinamento del trattamento dell'inquinamento microbiologico di queste fonti (oltre che nel miglioramento della situazione a monte) che andrebbero dirottati gli sforzi per centrare l'obiettivo di balneazione.

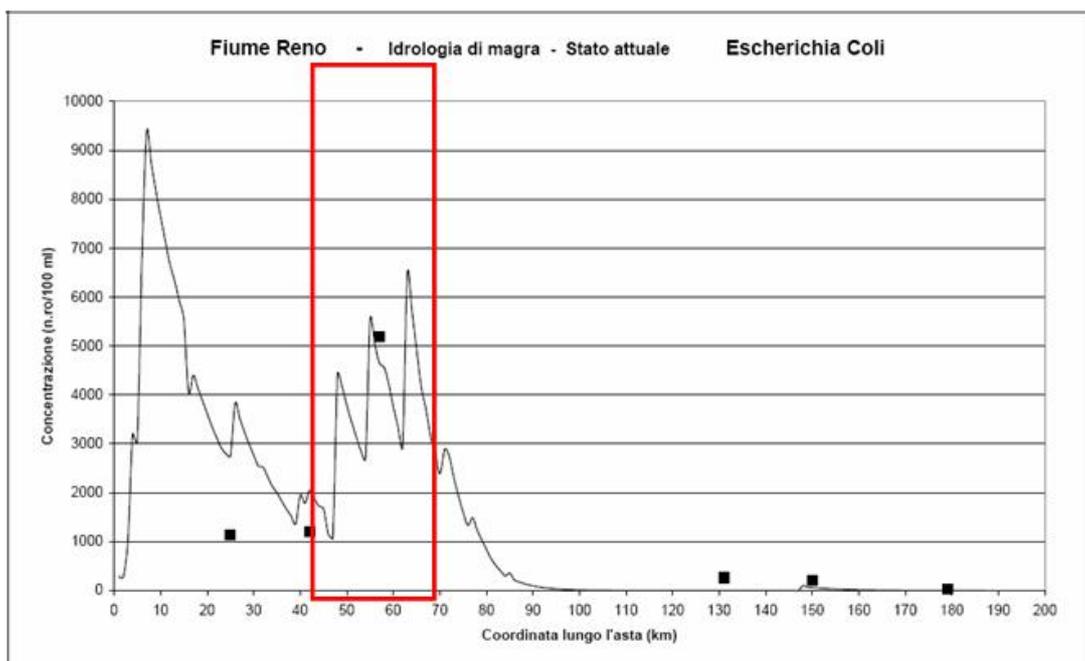


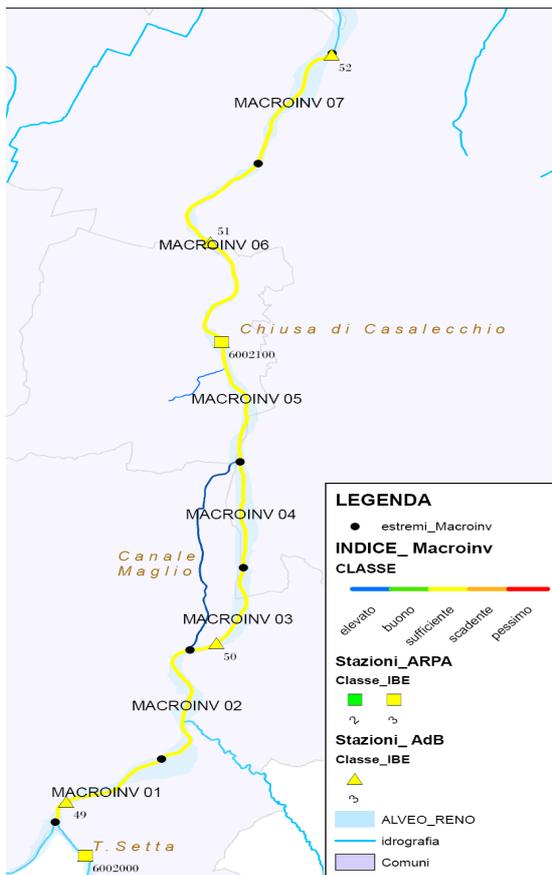
Figura 25 - La curva rappresenta le variazioni della concentrazione di Escherichia Coli lungo l'intera asta fluviale. Nel riquadro rosso la collocazione ed i limiti del tratto oggetto specifico del progetto Reno Vivo.

6.1.2 Macroinvertebrati

Si presentano di seguito i risultati dell'indice *macroinvertebrati* relativi ad ogni tronco in cui è stato suddiviso il Reno per indagare tale attributo (tronchi MACROINV).

Tabella 38 - Valori assunti dall'indice "Macroinvertebrati" nella porzione di corso d'acqua indagata

ID tronco	da		a		MACROINVERTEBRATI								
	Km	località	Km	località	STATO ATTUALE								
					Macroinvertebrati (m)								
				Stazioni di riferimento (in grassetto se presenti nel tronco) non utilizzate ai fini dell'attribuzione del valore in quanto i dati non sono aggiornati	Valore IBE nella stazione	Classe IBE	Anno campioname nto	Stazione di riferimento	Valore IBE nella stazione di riferimento	Classe IBE	Anno campiona- mento	m	
MACROINV 01	0.00	confluenza torrente Setta	2.34	scarico depuratore Sasso Marconi	QA STB Reno 49	6	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 02	2.34	scarico depuratore Sasso Marconi	5.13	traversa canale del Maglio	QA STB Reno 49	6	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 03	5.13	traversa canale del Maglio	7.30	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	QA STB Reno 50	7.5	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 04	7.30	briglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	QA STB Reno 50	7.5	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 05	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	12.04	Chiusa di Casalecchio	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 06	12.04	Chiusa di Casalecchio	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	QA STB Reno 51	6.5	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 07	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	19.52	Ponte autostrada A14	QA STB Reno 52	6	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5



L'unica stazione monitorata in modo continuo e con dati aggiornati risulta essere quella ARPA posta presso la chiusa di Casalecchio, dove, la classe IBE, dai dati aggiornati al 2005-2006 risulta essere la III (valore indice $m=0.5$). Pur nella consapevolezza della forte approssimazione cui si ricorre esportando un valore puntuale a tratti estesi, tale valore è stato attribuito a tutti i tronchi (MACROINV) considerati. Si osservi però, che nel periodo 1995-2000, sono state svolte per conto dell'Autorità di Bacino del Reno (vedi nota 43 a piè di pagina) e a cura dell'Università di Bologna, numerose campagne di monitoraggio, in periodi di magra e di morbida, anche in altri 4 punti di campionamento; i valori dell'IBE registrati nel corso di queste campagne non sono stati utilizzati per assegnare il valore all'indice, in quanto ritenuti troppo datati, ma sono comunque risultati di grande utilità in quanto hanno permesso di avere conferme circa lo stato di qualità "mediamente" in classe III nell'intera porzione oggetto del progetto "Reno Vivo".

Figura 26 - Rappresentazione dell'indice "macroinvertebrati" nella porzione di fiume oggetto di studio

Ad integrazione del semplice dato IBE ricavato dai monitoraggi ARPA e utilizzato, in quanto aggiornato, per il calcolo dell'indice Macroinvertebrati, si riporta di seguito la Tabella 39 di sintesi finale⁴⁹ e le considerazioni relative dello studio realizzato negli anni antecedenti al 2000 dall'Autorità di Bacino⁵⁰ da cui emergono anche altre utili informazioni sullo stato della comunità:

“...[la comunità macrozoobentoniche, a causa della monotonia del substrato e dei frequenti interventi antropici in alveo, è particolarmente alterata. Infatti i campionamenti quantitativi di invertebrati bentonici sono risultati estremamente poveri per unità sistematiche, diversità e gruppi trofici funzionali]” e in aggiunta “a Sasso Marconi la composizione trofico-funzionale della comunità macro-zoobentonica è particolarmente depauperata, infatti in morbida sono presenti solo organismi appartenenti al gruppo dei raccoglitori ed in magra, oltre ai raccoglitori sono stati rilevati un solo trituratore (Leuctra) e un filtratore (Hydropsychidae)”...].”

CORSO D'ACQUA	LOCALITA'	I.B.E. - CQ		PRINCIPALI FATTORI E DISTURBI CHE CONDIZIONANO LE COMUNITA' BENTONICHE (in ordine decrescente)			
		magra	morbida				
F. RENO	Sasso Marconi (stazione della A1)	III	IV	Artificializzazione dell'alveo	Carenza di diversificazione strutturale	Limitrofe attività orticole	Assenza di copertura riparia
	Palazzo de' Rossi - Pontecchio Marconi	II	III	Frequentazione turistica			
	Casalecchi di Reno (al ponte asse attrezzato)	III	III	Ambito urbano di parco	Limitata varietà e copertura da parte della vegetazione riparia	Omogeneità dei deflussi	Omogeneità del substrato
	Bologna - Borgo Panigale	III	IV	Ambito urbano di parco	Limitata varietà e copertura da parte della vegetazione riparia	Omogeneità dei deflussi	Omogeneità del substrato

Tabella 39– Quadro di sintesi sullo stato della comunità dei macroinvertebrati nella stazioni di interesse per il tratto di studio (fonte, vedi nota¹).

⁴⁹ A commento della tabella si segnala che i valori dell'indice risultano più bassi durante le fasi con portate definite “di morbida” rispetto a quelle di “magra”.

⁵⁰ Autorità di Bacino del Reno Qualità ambientale dei corsi d'acqua principali del bacino del Fiume Reno. A cura del Dott. Lorenzo Canciani, Dott.ssa Laura dell'Aquila, Prof. Gianpaolo Salmoiraghi e Prof. Francesco Zaccanti Bologna, ottobre 2000.

Autorità di Bacino del Reno. Qualità ambientale dei corsi d'acqua ed analisi delle presenze biologiche: fauna macrobentonica. Prima, seconda e terza annualità. A cura del Prof. Gianpaolo Salmoiraghi e dott.ssa Bruna Gumiero. Bologna, 1993, 1994, 1997.”

Da segnalare infine, a completamento dell'analisi, i dati IBE relativi ai 2 affluenti Rio Sabbioso e Rio Bolsenda⁵¹ (per approfondimenti si veda il box di Figura 24) che denotano rispettivamente (per entrambi i corsi d'acqua in 2 sezioni) una classe di qualità III e II.

Analisi dei fattori causali

La complessiva mediocrità e scarsa diversificazione dello stato della comunità bentonica sembra imputabile principalmente a:

- disturbo antropico diretto in alveo a seguito delle passate attività estrattive che si manifesta ancora oggi in molti tratti sottoforma di una complessiva omogeneizzazione dei substrati e dei deflussi, con formazione, soprattutto a monte di briglie, di lunghi tratti a spiccato carattere lentic; ciò risulta particolarmente evidente nei tronchi intermedi (MACROINV 3-4-5);
- alterazioni del regime idrologico (hydropeaking giornaliero) e scarsità deflussi minimi (soprattutto nei tronchi MACROINV 03, 04, 05 sottesi dalla derivazione del Canale Maglio);
- scarsità o assenza ambienti di sponda e vegetazione riparia nei tratti a valle della chiusa di Casalecchio

A questo vanno aggiunte le criticità evidenziate nell'analisi sulla qualità delle acque il cui degrado può incidere anche sulle comunità macrobentoniche; per le considerazioni in merito si rimanda alla trattazione specifica nel paragrafo "Qualità chimico-fisica".

Conclusioni dell'analisi finalizzate alla costruzione delle alternative di piano

Per migliorare lo stato della comunità macrobentonica si aggiungono, alle azioni (Tabella 34) e alle criticità già delineate per il miglioramento della qualità chimico fisica delle acque (che incide sullo stato delle comunità macrobentoniche) anche una serie di azioni complessive di miglioramento degli habitat acquatici che si traducono sostanzialmente in:

- favorire le naturali dinamiche geomorfologiche, con conseguente diversificazione dei substrati;
- ridurre la spiccata lenticità assunta dal fiume in lunghi tratti posti a monte di briglie e oggetto in passato di escavazioni in alveo;
- migliorare lo stato della vegetazione riparia e degli ambienti di sponda là dove carenti.

In sostanza si può concludere dicendo che tutte le azioni messe in campo per il miglioramento dello stato degli altri attributi (qualità chimico fisica, vegetazione riparia e condizione idromorfologiche) sono anche in grado di favorire il recupero della comunità macrobentonica.

Per un'analisi dettagliata a scala di tronco si veda invece la seguente Tabella 40.

⁵¹ tratti da "Rapporto Trimestrale di Componente Acque Superficiali – monitoraggio legato a ampliamento alla terza corsia del tratto Casalecchio di Reno – Sasso Marconi- a cura di SPEA – INGEGNERIA EUROPEA.

Tabella 40 - Quadro di sintesi dell'analisi sullo stato, sulle cause e sulle azioni di miglioramento per i macroinvertebrati

QUALITA' BIOLOGICA - MACROINVERTEBRATI - QUADRO DI SINTESI									
ID tronco	da	a	STATO ATTUALE		Cause	Possibili azioni (aggiuntive rispetto a quelle per qualità acqua)			
			Macroinvertebrati	Classe IBE m					
MACROINV 01	confluenza torrente Setta	depuratore Sasso Marconi	3	0.5	Stato qualità acque Ridotta presenza di diversificazioni in alveo (substrato)	Favorire dinamiche geomorfologiche per diversificazione substrato Migliorare regime idrologico (riduzione hydropeaking)			
	depuratore Sasso Marconi	traversa canale del Maglio	3	0.5					
MACROINV 03	traversa canale del Maglio	briglia Cava Sapalpa (scarico CIBA)	3	0.5	Stato qualità acque Riduzione habitat per scarsità idrica Riduzione ambienti lotici per scarsità idrica Ridotta presenza di diversificazioni in alveo (substrato)	Ridurre presenza di ambienti lentici. Migliorare regime idrologico (riduzione hydropeaking e incremento portate minime). Favorire dinamiche geomorfologiche per diversificazione substrato			
MACROINV 04	briglia Cava Sapalpa (scarico CIBA)	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	3	0.5					
MACROINV 05	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	Chiusa di Casalecchio	3	0.5	Stato qualità acque Riduzione habitat per scarsità idrica Ridotta presenza di diversificazioni in alveo (substrato) Riduzione ambienti di sponda per riduzione vegetazione riparia	Favorire dinamiche geomorfologiche per diversificazione substrato			
MACROINV 06	Chiusa di Casalecchio	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	3	0.5					
MACROINV 07	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	Ponte autostrada A14	3	0.5		Incremento portate. Miglioramento vegetazione riparia. Favorire dinamiche geomorfologiche per diversificazione substrato.			

6.1.3 Fauna Ittica

Si presentano di seguito i risultati dell'applicazione dell'indice *Fauna Ittica* relativi ad ogni tronco in cui è stato suddiviso il Reno per indagare tale attributo (tronchi ITT).

Tabella 41 - Valori assunti dall'indice "fauna ittica" nella porzione di corso d'acqua indagata

FAUNA ITTICA							
ID tronco	da		a		STATO ATTUALE		
	Km	località	km	località	stazione di riferimento (in grassetto se presente nel tronco)		Fauna Ittica (f)
					codice	località	f
ITT 01	0.00	confluenza torrente Setta	1.56	briglia ponte A1	108	Lama di Reno	0.58
ITT 02	1.56	briglia ponte A1	5.13	traversa canale Maglio	108	Lama di Reno	0.58
ITT 03	5.13	traversa canale Maglio	6.66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	74	a valle traversa canale del Maglio	0.58
ITT 04	6.66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	7.30	briglia cava SAPABA	74	a valle traversa canale del Maglio	0.58
ITT 05	7.30	briglia cava SAPABA	9.48	confluenza canale del Maglio	74	a valle traversa canale del Maglio	0.58
ITT 06	9.48	confluenza canale del Maglio	12.04	chiusa di Casalecchio	74	a valle traversa canale del Maglio	0.58
ITT 07	12.04	chiusa di Casalecchio	12.76	Casalecchio ponte strada Porrettana	50	Casalecchio stazione FS	0.50
ITT 08	12.76	Casalecchio ponte strada Porrettana	13.59	Casalecchio briglia piscina (stadio)	50	Casalecchio stazione FS	0.50
ITT 09	13.59	Casalecchio briglia piscina (stadio)	17.44	Casalecchio ponte via Emilia	50	Casalecchio stazione FS	0.50
ITT 10	17.44	Casalecchio ponte via Emilia	18.31	Casalecchio ponte ferrovia MI-BO	50	Casalecchio stazione FS	0.50
ITT 11	18.31	Casalecchio ponte ferrovia MI-BO	19.52	ponte autostrada A14	50	Casalecchio stazione FS	0.50

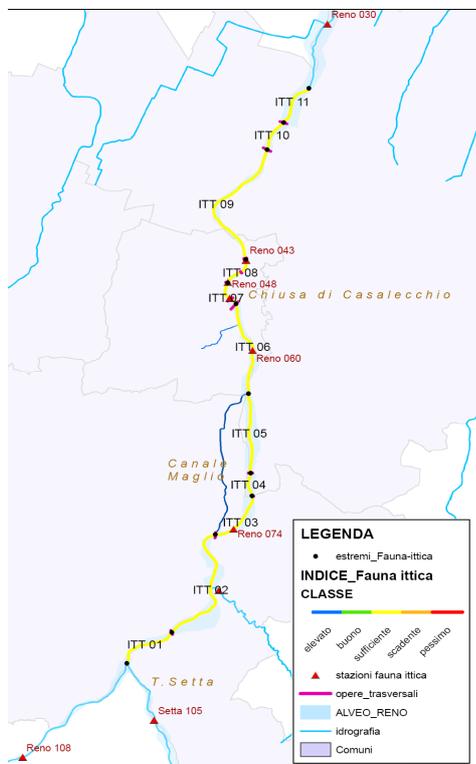


Figura 27 - Rappresentazione dell'indice "fauna ittca" nella porzione di fiume oggetto di studio

Come si vede, nelle diverse stazioni, l'indice Fauna Ittica si mantiene in tutti i tronchi su una classe di giudizio solo sufficiente (classe III) con valori compresi fra 0.5 e 0.58. Per comprendere il significato di questo risultato complessivo è necessario analizzare singolarmente i diversi sub-indici (Tabella 43). E' opportuno sottolineare che così come per l'indice macroinvertebrati, anche in questo caso è necessario estendere un giudizio puntuale a tratti estesi, compiendo delle approssimazioni piuttosto significative; le stazioni di campionamento rappresentative dei tronchi indagati con dati sufficientemente aggiornati sono 3: 108 Lama di Reno, 74 valle traversa canale Maglio e 50 Valle Chiusa Casalecchio. La stazione 108, pur essendo posta a monte dei tronchi ITT01 e ITT02 è stata ritenuta più rappresentativa per questi tronchi rispetto alla 74, posta in un tratto molto particolare perché sotteso alla derivazione del Maglio e quindi idonea per formulare un giudizio relativo ai soli tronchi ITT 03, ITT04, ITT05 e, pur con una certa forzatura, essendo posto a valle della reimmissione del Maglio, ITT06. La stazione 50 infine ben rappresenta la situazione del tronco ITT07 e con più approssimazione quella dei successivi tronchi a valle della Chiusa. I dati relativi ad altre stazioni campionate (pur non essendo stati utilizzati per il calcolo del valore dell'indice perché anteriori al 1996) sono comunque stati considerati e riportati in fase di commento.

Figura 27 - Rappresentazione dell'indice "fauna ittca" nella porzione di fiume oggetto di studio

Nel corso di altre attività di ricerca è stato applicato un indice sintetico denominato QIC (Zaccanti et al., 2003) che considera un numero maggiore di sub-indici e un sistema di aggregazione particolare che tende a dare molto peso alla struttura di popolazione piuttosto che alla sua composizione; si riporta qui la tabella di confronto fra i risultati delle due applicazioni ottenuti utilizzando gli stessi dati di partenza.

Tabella 42 – Confronto dei valori e delle classi di qualità ottenute applicando l'indice fauna ittica e l'indice QIC (Zaccanti et al., 2003)

confronto INDICE FAUNA ITTICA - INDICE QIC					
ID tronco	STATO ATTUALE				
	stazione di riferimento	INDICE QIC		Fauna Ittica (f)	
	codice	valore indice QIC	classe QIC	Valore (f)	Classe (f)
ITT 01	108	-0.58	III	0.58	III
ITT 02	108	-0.58	III	0.58	III
ITT 03	74	-0.61	III	0.58	III
ITT 04	74	-0.61	III	0.58	III
ITT 05	74	-0.61	III	0.58	III
ITT 06	74	-0.61	III	0.58	III
ITT 07	50	-0.50	III	0.50	III
ITT 08	50	-0.50	III	0.50	III
ITT 09	50	-0.50	III	0.50	III
ITT 10	50	-0.50	III	0.50	III
ITT 11	50	-0.50	III	0.50	III

Tabella 43 - Valori assunti da tutti i sub-indici dell'indice "fauna ittica" nella porzione di corso d'acqua indagata

ID tronco	stazione di riferimento (in grassetto se presente nel tronco)	STATO ATTUALE														Fauna ittica (f)												
		Specie alloctone (f ₁₁)		Specie alloctone (f ₁₂)		Presenza specie autoctone (f ₁₃)		Composizione comunità (f ₁₄)		Abbondanza specie guida 1 (f ₂₁) - alborella comune		Abbondanza specie guida 2 (f ₂₂) - barbo comune		Abbondanza specie guida 3 (f ₂₃) - carpa			Abbondanza specie guida 4 (f ₂₄) - cavatino		Abbondanza specie guida 5 (f ₂₅) - liscia		Abbondanza specie guida dimensionale (f ₂₆)		Distribuzione classi di taglia (f ₂₇)		Patologie (f ₂₈)		Struttura comunità (f ₂₉)	
		n° alloctone	n° totale specie	f ₁₂₁	Presenza	f ₁₂₂	Presenza specie alloctone (f ₁₂)	n° specie attese presenti	Specie attese	f ₁₁	f ₁	f ₂₁₁	f ₂₁₂	f ₂₁₃	f ₂₁₄		f ₂₁₅	f ₂₁	f ₂₂	f ₂₃	f ₂₄	f ₂	f					
ITT 01	108	1	6	0.83	NO	1.00	0.83	5	14	0.36	0.60	0	0.5	0.75	1	1	0.65	1	0.6	0	0.57	0.58						
ITT 02	108	1	6	0.83	NO	1.00	0.83	5	14	0.36	0.60	0	0.5	0.75	1	1	0.65	1	0.6	0	0.57	0.58						
ITT 03	74	2	11	0.82	NO	1.00	0.82	9	14	0.64	0.73	0.5	0.75	1	1	1	0.85	0	0.5	0.5	0.47	0.57						
ITT 04	74	2	11	0.82	NO	1.00	0.82	9	14	0.64	0.73	0.5	0.75	1	1	1	0.85	0	0.5	0.5	0.47	0.57						
ITT 05	74	2	11	0.82	NO	1.00	0.82	9	14	0.64	0.73	0.5	0.75	1	1	1	0.85	0	0.5	0.5	0.47	0.57						
ITT 06	74	2	11	0.82	NO	1.00	0.82	9	14	0.64	0.73	0.5	0.75	1	1	1	0.85	0	0.5	0.5	0.47	0.57						
ITT 07	50	4	11	0.64	SI	0.00	0.00	7	14	0.50	0.25	1	0.75	0.5	1	0.75	0.8	1	0.5	0.5	0.69	0.50						
ITT 08	50	4	11	0.64	SI	0.00	0.00	7	14	0.50	0.25	1	0.75	0.5	1	0.75	0.8	1	0.5	0.5	0.69	0.50						
ITT 09	50	4	11	0.64	SI	0.00	0.00	7	14	0.50	0.25	1	0.75	0.5	1	0.75	0.8	1	0.5	0.5	0.69	0.50						
ITT 10	50	4	11	0.64	SI	0.00	0.00	7	14	0.50	0.25	1	0.75	0.5	1	0.75	0.8	1	0.5	0.5	0.69	0.50						
ITT 11	50	4	11	0.64	SI	0.00	0.00	7	14	0.50	0.25	1	0.75	0.5	1	0.75	0.8	1	0.5	0.5	0.69	0.50						

Composizione comunità

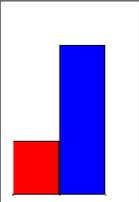
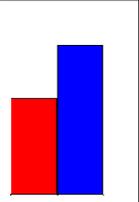
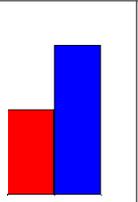
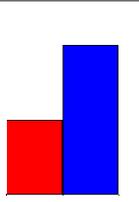
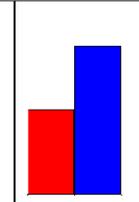
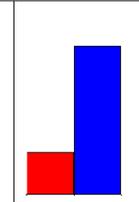
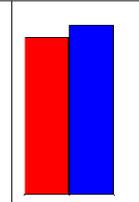
Questo indice, ricordiamo, tiene in considerazione sostanzialmente due aspetti:

1. la **presenza delle specie autoctone attese**: sono presenti quelle specie ittiche che mi attenderei di trovare (considerando la tipologia di corso d'acqua) se il fiume fosse in condizioni di buona naturalità?
2. **presenza specie alloctone**: il numero di specie alloctone è significativo (rispetto a quello delle specie autoctone attese)? E in particolare, è presente il Siluro (che sappiamo avere un impatto particolarmente negativo sulla comunità ittica)?

Presenza specie autoctone attese (f11)

Un quadro delle specie attese campionate, nelle stazioni considerate per il calcolo dell'indice, ma anche negli altri campionamenti disponibili è riportato nella successiva Tabella 44.

Tabella 44 – Presenza di specie attese (se presente almeno un individuo è indicato con "1") nei vari punti di campionamento e sull'intero tratto del progetto Reno Vivo confrontate con la comunità di specie attese di riferimento. In grigio le sole stazioni i cui dati sono stati utilizzati per il calcolo dell'indice.

Indice "PRESENZA SPECIE AUTOCTONE" $f_{1,1}$	Punti di campionamento e tronchi omogenei a cui il dato puntuale è riferito						Totale
	ITT 01-ITT02	ITT 03-04-05-06		ITT 07-08-09-10-11			
Lista specie attese nello stato di riferimento	reno 108 '03	reno 74 '03	reno 60 '96	reno 50 '03	reno 48 '96	reno 30 '95	
alborella		1	1	1	1	1	1
anguilla							assente
barbo comune	1	1	1	1	1	1	1
carpa	1	1	1	1			1
cavedano	1	1	1	1	1	1	1
cobite comune		1			1		1
ghiozzo padano		1			1		1
gobione		1					1
lasca	1	1	1	1	1	1	1
persico reale			1				1
rovella	1	1		1	1		1
triotto				1			1
savetta			1				1
vairone			1		1		1
TOTALE	5	9	8	7	8	4	13
totale stato di riferimento	14	14	14	14	14	14	14
Indice	0.36	0.64	0.57	0.50	0.57	0.29	
							

Se osserviamo il dato totale, si vede che nell'intero tratto Reno Vivo sono state rinvenute 13 delle 14 specie attese nelle condizioni di riferimento; l'unica specie "assente" in tutti i punti campionati è risultata essere l'Anguilla. Analizzando i dati relativi invece ai singoli punti di campionamento la situazione risulta meno positiva e mediamente si osserva una presenza di circa la metà delle specie attese; questa situazione, oltre che a qualche possibile incongruenza legata alle operazioni di campionamento, potrebbe rispecchiare la forte frammentazione del corso d'acqua (alcune specie sono presenti in un tronco ma non possono migrare negli altri). Curioso osservare come la stazione 74, posta in un tratto a forte criticità idrica in quanto sotteso alla derivazione del Maglio, sia risultata quella più ricca di specie attese (9 su 14); questo potrebbe essere legato alla maggiore facilità di campionamento di pozze residue in cui la comunità ittica trova rifugio.

In termini di presenza di specie è importante sottolineare che nel tratto di progetto sono presenti ben 5 specie segnalate nella Lista rossa delle specie a rischio pubblicata nel 2007 dalla IUCN (<http://www.iucnredlist.org/>) e precisamente:

Specie presenti nel tratto e segnalate nella Lista rossa IUCN del 2007		
Ciprinidi	<i>Alburnus alburnus alborella</i>	alborella
Cobitidi	<i>Cobitis taenia</i>	cobite comune
Gobidi	<i>Padogobius bonelli</i>	ghiozzo padano
Ciprinidi	<i>Rutilus rubilio</i>	rovella
Ciprinidi	<i>Rutilus aula</i>	triotto

Si segnala inoltre che le seguenti specie sono inserite nell'Allegato II della Direttiva 92/43 quali specie d'interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione:

Specie presenti nel tratto ed inserite nell'Allegato II della Direttiva 92/43		
Ciprinidi	<i>Barbus plebejus</i>	barbo comune
Cobitidi	<i>Cobitis taenia</i>	cobite comune
Ciprinidi	<i>Chondrostoma genei</i>	lasca
Ciprinidi	<i>Rutilus rubilio</i>	rovella
Ciprinidi	<i>Chondrostoma soetta</i>	savetta
Ciprinidi	<i>Leuciscus souffia</i>	vairone

Da sottolineare inoltre che le stazioni di campionamento Reno 050, Reno 060, Reno 074 sono collocate all'interno di un'area SIC.ZPS – Boschi di San Luca e Destra Reno (Figura 28).

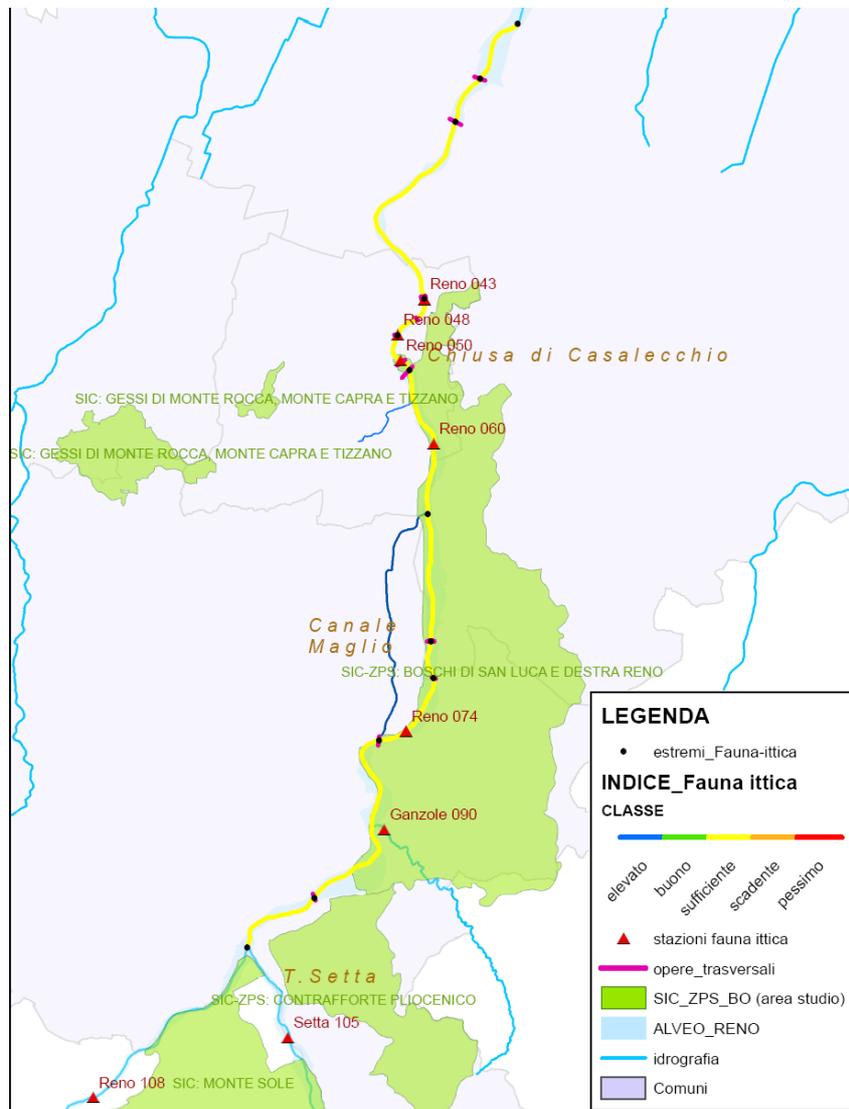


Figura 28 – Stazioni di campionamento presenti nelle aree SIC-ZPS del tratto di studio.

Presenza specie alloctone (f12)

Nel corso dei campionamenti, nel tratto Reno Vivo si è riscontrata la presenza di alcune specie alloctone anche se in proporzioni non preponderanti (Tabella 44) rispetto alle specie attese (6 sulle 19 specie totali presenti). L'aspetto più preoccupante riguarda la presenza del Siluro che è stato campionato sia a monte (stazione Reno 60) che a valle della Chiusa di Casalecchio.

Tabella 45 - Presenza di specie alloctone (in rosso, se presente almeno un individuo è indicato con "X") nei vari punti di campionamento e sull'intero tratto del progetto Reno Vivo confrontate con la comunità totale presente. In grigio le sole stazioni i cui dati sono stati utilizzati per il calcolo dell'indice.

TRATTI	ITT 01-ITT02	ITT 03-04-05-06		ITT 07-08-09-10-11			TOTALE
Fonte	Zaccanti Università Bologna reno 108 '03	Zaccanti Università Bologna Reno 74 '03	Zaccanti Università Bologna reno 50 '96	Zaccanti Università Bologna Reno 50' 03	Zaccanti Università Bologna reno 48 '96	Zaccanti Università Bologna reno 30 '95	
Località stazione	Lama di Reno	Palazzo de' Rossi	Casalecchio SA.PA.BA. - valle passerella pedonale	Casalecchio-Chiusa	Casalecchio-Porte della Porrettana	Lippo-A.R.E. Golema San Vitale e golema del Lippo	
Lista totale pesci campionati		Abbondanza		Abbondanza	Abbondanza	Abbondanza	
alcorella		X	X	X	X	X	
barbo comune	X	X	X	X	X	X	
carassio dorato						X	X
carpa	X	X	X	X			
cavedano	X	X	X		X	X	
cavedano etrusco			X	X			X
cobite comune		X			X		
ghiozzo		X			X		
gobione		X					
lasca	X	X	X	X	X	X	
persico sole			X				X
persico reale			X				
pesce gatto		X	X	X	X	X	X
pseudorasbora	X	X	X	X	X		X
rovella	X	X		X	X		
savetta			X				
siluro			X	X			X
triotto				X			
vairone			X		X		
Specie alloctone	1	2	siluro	siluro	1	2	6
Specie totali	6	11			9	6	19
Valore indice	0.83	0.82	0.00	0.00	0.89	0.67	0.68

Struttura della comunità

Questo indice, ricordiamo, valuta la strutturazione della comunità ittica attesa, valutando una parte degli aspetti che ne descrivono lo stato:

- **abbondanza:** le specie guida, rispetto alle potenzialità del tratto in condizioni naturali, sono sufficientemente abbondanti?
- **articolazione dimensionale:** sono presenti o meno individui con taglia dimensionale (lunghezza) massima vicina a quella di riferimento per la tipologia di corso d'acqua considerato?
- **distribuzione classi di taglia:** sono presenti tutte le classi dimensionali e la loro distribuzione è equilibrata? Oppure mancano ad esempio individui giovani o adulti?
- **patologie:** negli esemplari campionati sono riscontrabili patologie o gli individui sono sani?

Abbondanza (f21)

Le specie guida sono in genere piuttosto abbondanti (Tabella 46); in particolare il Cavedano abbonda in tutti i tratti. Sensibilmente più ridotte (anche se non in tutti i tratti) le abbondanze di lasca, alborella e barbo.

Tabella 46 – *Abbondanza, rispetto a quella di riferimento, delle specie guida (valore crescente da 0 a 1) nei vari punti di campionamento e sull'intero tratto del progetto Reno Vivo*

TRATTI	ITT 01-ITT02	ITT 03-04-05-06		ITT 07-08-09-10-11		
FONTE	Zaccanti Università Bologna	Zaccanti Università Bologna	Zaccanti Università Bologna	Zaccanti Università Bologna	Zaccanti Università Bologna	Zaccanti Università Bologna
Codice stazione	reno 108 '03	Reno 74 '03	reno 60 '96	Reno 50' 03	reno 48 '96	reno 30 '95
Località stazione	Lama di Reno	Palazzo de' Rossi	Casalecchio SA.PA.BA. - valle passerella pedonale	Casalecchio- Chiusa	Casalecchio- Ponte della Porrettana	Lippo-A.R.E. Golena San Vitale e golena del Lippo
<i>Specie guida</i>	<i>Abbondanza</i>	<i>Abbondanza</i>	<i>Abbondanza</i>	<i>Abbondanza</i>	<i>Abbondanza</i>	<i>Abbondanza</i>
alborella	0	0.5	0.5	1	1	1
barbo comune	0.5	0.75	0.75	0.75	0.75	1
carpa	0.75	1	0.25	0.5	0	0
cavedano	1	1	1	1	1	1
lasca	1	1	0.25	0.75	0.5	1

Patologie (f24)

In alcune sezioni si è riscontrata la presenza di una percentuale significativa di individui affetti da patologie.

Tabella 47 – *Percentuale di individui affetti da patologie sul totale rilevate nei diversi punti di campionamento.*

Patologie	ITT 01-ITT02		ITT 03-04-05-06				ITT 07-08-09-10-11					
	reno 108 '03		Reno 74 '03		reno 60 '96		Reno 50' 03		reno 48 '96		reno 30 '95	
	Percentuali patologie	Valore indicatore										
	10	0	3	0.5	0	1	4	0.5	0	1	0	1

Articolazione dimensionale (f22)

In quasi tutti i punti di campionamento sono stati “pescati” individui (in genere Cavedano) di lunghezza massima uguale o superiore a quella attesa.

Si osservi che nella stazione 74, posta in un tratto a forte criticità idrica in quanto sotteso alla derivazione del Maglio, l'individuo di lunghezza massima è stato solo di 17 cm (Tabella 48), a testimoniare una destrutturazione della popolazione legata alla riduzione di habitat.

Tabella 48 – *Confronto fra la lunghezza massima degli individui campionati e quella attesa nello stato di riferimento, delle specie guida nei vari punti di campionamento.*

Articolazione dimensionale (lunghezza massima)			
ITT 01-ITT02	reno 108 '03	Taglia massima trovata	30
		Dimensione attesa	27
		Attesa meno 20%	21.6
		Valore indicatore	1
ITT 03-04-05-06	Reno 74 '03	Taglia massima trovata	17
		Dimensione attesa	27
		Attesa meno 20%	21.6
		Valore indicatore	0
	reno 60 '96	Taglia massima trovata	34
		Dimensione attesa	27
		Attesa meno 20%	21.6
		Valore indicatore	1
ITT 07-08-09-10-11	Reno 50' 03	Taglia massima trovata	30
		Dimensione attesa	27
		Attesa meno 20%	21.6
		Valore indicatore	1
	reno 48 '96	Taglia massima trovata	24
		Dimensione attesa	27
		Attesa meno 20%	21.6
		Valore indicatore	0.5
	reno 30 '95	Taglia massima trovata	24
		Dimensione attesa	27
		Attesa meno 20%	21.6
		Valore indicatore	0.5

Distribuzione classi di taglia (f23)

In tutti i punti si riscontra l'assenza di alcune delle classi dimensionali attese (in totale dovrebbero essere 5); generalmente le classi assenti sono quelle dei piccoli bentonici stanziali e di individui di taglia medio - grossa (vedi tabella seguente).

Tabella 49 – Presenza classi di taglia rispetto alle 5 attese.

Classi di taglia	ITT 01-ITT02		ITT 03-04-05-06				ITT 07-08-09-10-11					
	reno 108 '03		Reno 74 '03		reno 60 '96		Reno 50' 03		reno 48 '96		reno 30 '95	
	Classi presenti	Valore indicatore	Classi presenti	Valore indicatore	Classi presenti	Valore indicatore	Classi presenti	Valore indicatore	Classi presenti	Valore indicatore	Classi presenti	Valore indicatore
	3	0.6	2	0.5	3	0.6	2	0.5	3	0.6	2	0.5

Analisi dei fattori causali

Come nel caso dei macroinvertebrati, non risulta agevole individuare sulla base dei dati disponibili i fattori causali che determinano l'attuale stato della comunità ittica. Tuttavia alcune considerazioni, tra l'altro ricorrenti nei documenti analizzati, possono essere avanzate.

La complessiva mediocrità, soprattutto in termini di struttura della popolazione, della componente ittica sembra imputabile a:

- disturbo antropico diretto in alveo a seguito delle passate attività estrattive che si manifesta ancora oggi in molti tratti sotto forma di una complessiva omogeneizzazione dei substrati e dei deflussi, con formazione, soprattutto a monte di briglie, di lunghi tratti a spiccato carattere lentico; ciò risulta particolarmente evidente nei tronchi intermedi (ITT04-ITT05-ITT06-ITT07). Questo può influenzare, in particolare, la composizione della popolazione.



Figura 29 – Ambiente lentico a monte della briglia di Casalecchio; le caratteristiche dell'habitat favoriscono specie ittiche diverse rispetto a quelle nelle condizioni di riferimento



- alterazioni del regime idrologico (hydropeaking giornaliero) e scarsità dei deflussi minimi (soprattutto nei tronchi sottesi dalla derivazione del Canale Maglio e in quelli a valle della Chiusa Di Casalecchio). Questa si delinea come causa di alterazioni dimensionali, perdita di classi di taglia, patologie.

Figura 30 – Pozze a valle della derivazione del canale Maglio, unici rifugi in un tratto di fiume a lungo senz'acqua

- scarsità o assenza ambienti di sponda, legati spesso alla presenza della vegetazione riparia, e di estrema importanza per numerose fasi del ciclo vitale dei pesci (rifugio, riproduzione); questo soprattutto nei tratti a valle della chiusa di Casalecchio.
- presenza di numerose briglie e traverse, anche ravvicinate, che impediscono spostamenti longitudinali della fauna ittica.
- possibili introduzioni accidentali di materiale ittico non idoneo (Siluro)



A questo vanno aggiunte le criticità evidenziate nell'analisi sulla qualità delle acque il cui degrado può incidere anche sulle

comunità macrobentoniche; per le considerazioni in merito si rimanda alla trattazione specifica nel paragrafo “Qualità chimico-fisica”.

Conclusioni dell’analisi finalizzate alla costruzione delle alternative di piano

Per migliorare lo stato della comunità ittica si aggiungono, alle azioni (Tabella 34) e alle criticità già delineate per il miglioramento della qualità chimico fisica delle acque (che incide sullo stato delle comunità ittiche) anche una serie di azioni complessive di miglioramento degli habitat acquatici che si traducono sostanzialmente in:

- favorire la naturale dinamica geomorfologica con conseguente diversificazione dei substrati;
- ridurre la spiccata lenticità assunta dal fiume in lunghi tratti posti a monte di briglie e oggetto in passato di escavazioni in alveo;
- migliorare lo stato della vegetazione riparia e degli ambienti di sponda là dove carenti.
- ricondurre il regime idrologico a una maggiore naturalità (ridurre magre spinte e hydropeaking)
- recuperare la continuità longitudinale del corso d’acqua

Per un’analisi dettagliata a scala di tronco si veda invece la seguente Tabella 50.

Tabella 50 - Quadro di sintesi dell'analisi sullo stato, sulle cause e sulle azioni di miglioramento per la fauna ittica (i commenti qualitativi sono tratti dallo studio dell'Autorità di bacino del Reno).

ID tronco	STATO ATTUALE		località	località	Commento qualitativo	Cause	Possibili azioni aggiuntive rispetto a quelle per qualità acqua)
	fauna ittica (f)						
	f	O/C					
ITT 01	0.58	-0.58	confluenza torrente Satta	briglia nuovo ponte A1	Il campione, rispetto alla condizione normale per le altitudini corrispondenti alla stazione, rivela basso numero di specie, scarsa biomassa, limitata articolazione dimensionale del barbo, assenza dei piccoli bentonici stanziali e presenza di forme alloctone e quadri patologici in moderata quantità.	Stato qualità acque Ridotta presenza di diversificazioni in alveo (substrato) Discontinuità	Eliminare discontinuità (briglia dell'A1 e Maglio). Favorire dinamiche geomorfologiche per diversificazione substrato
ITT 02	0.58	-0.58	briglia nuovo ponte A1	traversa canale Maglio			
ITT 03	0.57	-0.61	traversa canale Maglio	traversa oasi SAPABA s. Gherardo	Rispetto alla condizione di normalità per l'altitudine considerata si riscontrano anomalie riguardanti la scarsa biomassa, limitata articolazione dimensionale del cavetiano, l'assenza delle taglie medio grandi e grandi, la scarsa articolazione dimensionale del campione e la moderata presenza di forme alloctone (pseudorasbora e carassio dorato) e di quadri patologici.	Stato qualità acque Riduzione habitat per scarsità idrica Riduzione ambienti lotici per scarsità idrica Ridotta presenza di diversificazioni in alveo (substrato)	Rilascio di maggiori portate in alveo. Riduzione ambienti lentici e recupero caratteristiche lotiche. Eliminazione discontinuità
ITT 04	0.57	-0.61	traversa oasi SAPABA s. Gherardo	briglia cava SAPABA			
ITT 05	0.57	-0.61	briglia cava SAPABA	confluenza canale del Maglio			
ITT 06	0.57	-0.61	confluenza canale del Maglio	chiusa di Casalecchio	Rispetto alla condizione di normalità per l'altitudine considerata si riscontrano anomalie riguardanti i valori dell'indice di strato, l'assenza di piccoli bentonici stanziali, la rilevante presenza di forme alloctone (pseudorasbora, carassio dorato, siluro e cavetiano etrusco) ed il rilevamento di quadri patologici in moderata quantità.	Stato qualità acque Riduzione ambienti lotici a monte sbarramento Ridotta presenza di diversificazioni in alveo (substrato) Presenza Siluro	Recupero caratteristiche lotiche Pesca selettiva Siluro
ITT 07	0.50	-0.50	chiusa di Casalecchio	Casalecchio ponte strada Porrettana	Rispetto alla condizione di normalità per l'altitudine considerata si riscontrano anomalie riguardanti la scarsa biomassa, l'assenza dei piccoli bentonici stanziali, l'assenza di individui di grossa taglia, la scarsa articolazione dimensionale del campione e la moderata presenza di forme alloctone (pseudorasbora e carassio dorato).		
ITT 08	0.50	-0.50	Casalecchio ponte strada Porrettana	Casalecchio briglia piscina	Sono anche stati catturati una trota un cobite ed un ghiozzo. Rispetto alla condizione di normalità per l'altitudine considerata si riscontrano anomalie riguardanti la scarsa biomassa, gli elevati valori dell'indice di strato, l'assenza di individui di grossa taglia, la scarsa articolazione dimensionale del campione e la moderata presenza di forme alloctone (pseudorasbora).	Stato qualità acque Forte discontinuità Riduzione habitat per scarsità idrica Ridotta presenza di diversificazioni in alveo (substrato) Riduzione ambienti di sponda per riduzione vegetazione riparia	Miglioramento complessivo dell'habitat Maggiori rilasci Riduzione discontinuità Miglioramento habitat spondali
ITT 09	0.50	-0.50	Casalecchio briglia piscina	Casalecchio ponte via Emilia			
ITT 10	0.50	-0.50	Casalecchio ponte via Emilia	Casalecchio ponte ferrovia Mi-BO	Rispetto alla condizione di normalità per l'altitudine considerata si riscontrano anomalie riguardanti il basso numero di specie, l'assenza di piccoli bentonici stanziali l'assenza di individui di grossa taglia, la scarsa articolazione dimensionale del campione e la presenza, ancorché limitata, di forme alloctone (carassio dorato e pesce gatto).		
ITT 11	0.50	-0.50	Casalecchio ponte ferrovia Mi-BO	ponte autostrada A14			

6.1.4 Vegetazione terrestre

Si presentano di seguito i risultati dell'applicazione dell'indice *Vegetazione terrestre* relativi ad ogni tronco in cui è stato suddiviso il Reno per indagare tale attributo (tronchi VEG).

Tabella 51 - Valori assunti dall'indice "vegetazione terrestre" nella porzione di corso d'acqua indagata

VEGETAZIONE							
ID tronco	da		a		Vegetazione fascia riparia	Vegetazione corridoio zonale	Vegetazione terrestre
	Km	località	Km	località	V ₁	V ₂	V
	VEG 01	0.00	confluenza torrente Setta	2.34	guado abbandonato (pista motocross)	0.51	0.37
VEG 02	2.34	guado abbandonato (pista motocross)	3.63	C. Pozziolo (a valle laghetti pesca)	0.93	0.77	0.88
VEG 03	3.63	C. Pozziolo (a valle laghetti pesca)	4.47	Villa S. Anna - Via Ancognano	0.99	0.71	0.90
VEG 04	4.47	Villa S. Anna - Via Ancognano	5.13	traversa derivazione canale del Maglio	0.96	0.70	0.88
VEG 05	5.13	traversa derivazione canale del Maglio	7.30	briglia Cava Sapaba	0.83	0.59	0.76
VEG 06	7.30	briglia Cava Sapaba	9.48	immissione canale del Maglio	0.71	0.59	0.68
VEG 07	9.48	immissione canale del Maglio	12.04	Chiusa di Casalecchio	0.63	0.41	0.56
VEG 08	12.04	Chiusa di Casalecchio	13.59	briglia piscina (stadio)	0.22	0.03	0.17
VEG 09	13.59	briglia piscina (stadio)	19.52	Ponte autostrada A14	0.35	0.16	0.30

Come si vede, a differenza degli altri indici di qualità biologica, nel caso della vegetazione l'indice mostra elevate differenza fra i diversi tronchi; in sostanza, se si eccettua il primo tronco (a ridosso delle confluenze del Setta) disturbato dai cantieri della costruzione dell'Autostrada e da alcune attività antropiche (aree di ex cava,



pista da motocross, vecchia piantagione di robinia in destra; ex cava, strada provvisoria di cantiere, depuratore di Sasso Marconi in sinistra) lo stato complessivo della vegetazione riparia, ma anche di corridoio è mediamente in buono stato (con punte di tratti in qualità elevata) fino al punto di immissione del Canale Maglio; lo stato qualitativo peggiora leggermente nel tronco successivo (in sinistra Lido di Casalecchio, attività di cava, fino a crollare definitivamente nei tronchi a valle della Chiusa di Casalecchio, dove la copertura e la naturalità vegetazionale delle fasce riparie diviene estremamente ridotta con un forte disturbo legato alle attività antropiche.

Come spesso accade i valori dell'indice "vegetazione riparia" sono significativamente più elevati di quelli dell'indice "vegetazione di corridoio" che comunque, a differenza di molti altri contesti (in cui al massimo viene preservata una piccola fascia vegetazionale a ridosso del fiume), nel tratto a monte della Chiusa di Casalecchio fa registrare valori molto soddisfacenti, soprattutto in destra idraulica.

Figura 31 - Rappresentazione dell'indice "vegetazione terrestre" nella porzione di fiume oggetto di studio

Tabella 52 - Valori assunti da tutti i sub-indici dell'indice "vegetazione terrestre" nella porzione di corso d'acqua indagata

ID tronco	STATO ATTUALE												Vegetazione terrestre		
	fascia riparia sponda SX			fascia riparia sponda DX			corridoio sponda SX			corridoio sponda DX				Vegetazione zonale	
	Naturalità	Copertura	Veget. riparia sp. sx	Naturalità	Copertura	Veget. riparia sp. dx	Naturalità	Copertura	Veget. riparia sp. sx	Naturalità	Copertura	Veget. riparia sp. dx			
V _{1,1,1}	V _{1,1,2}	V _{1,1}	V _{1,2,1}	V _{1,2,2}	V _{1,2}	V ₁	V _{2,1,1}	V _{2,1,2}	V _{2,1}	V _{2,2,1}	V _{2,2,2}	V _{2,2}	V		
VEG 01	0.18	0.91	0.40	0.46	0.87	0.62	0.51	0.14	0.54	0.26	0.43	0.56	0.48	0.37	0.47
VEG 02	0.88	0.96	0.92	0.89	1.00	0.94	0.93	0.63	0.58	0.61	0.95	0.93	0.94	0.77	0.88
VEG 03	1.00	0.99	1.00	1.00	0.96	0.98	0.99	0.87	0.72	0.79	1.00	0.27	0.63	0.71	0.90
VEG 04	1.00	0.84	0.92	1.00	1.00	1.00	0.96	/	/	/	0.82	0.59	0.70	0.70	0.88
VEG 05	0.61	1.00	0.77	0.78	1.00	0.89	0.83	0.47	0.84	0.61	0.31	0.96	0.57	0.59	0.76
VEG 06	0.56	0.81	0.66	0.61	1.00	0.77	0.71	0.25	0.44	0.30	0.79	0.97	0.88	0.59	0.68
VEG 07	0.16	0.69	0.32	0.88	1.00	0.94	0.63	0.29	0.25	0.28	0.39	0.77	0.54	0.41	0.56
VEG 08	0.00	0.87	0.26	0.00	0.63	0.19	0.22	0.00	0.19	0.06	0.00	0.01	0.00	0.03	0.17
VEG 09	0.15	0.81	0.35	0.22	0.69	0.36	0.35	0.37	0.23	0.31	0.00	0.05	0.02	0.16	0.30

Il calcolo degli indici sopra descritti è stato effettuato completamente in ambiente GIS; considerazioni più qualitative, oltre che dai sopralluoghi effettuati, sono rinvenibili nelle fonti consultate⁵² da cui si possono trarre le seguenti considerazioni:

- **da Confluenza Setta a Chiusa di Casalecchio (da VEG 01 a VEG 07)**

in senso longitudinale la vegetazione riparia appare quasi continua su entrambe le sponde, con sporadiche interruzioni legate a fattori antropici (linee elettriche, piste di servizio, cave dismesse, vecchie strade sterrate, spiaggia a copertura erbacea fruibile), ed una sola interruzione di un certo rilievo dovuta all'estrazione in alveo nell'inverno del 1996 a valle della briglia di Borgonuovo interessata oggi da vegetazione eliofila di neoformazione. Antistante la riva, in alcuni tratti, è presente un largo greto con vegetazione erbacea o arbustiva, la cui sopravvivenza e sviluppo sono chiaramente legati alla dinamica fluviale.

La fascia di vegetazione di corridoio invece (area retro-riparia compresa fra la vegetazione riparia e il terrazzo fluviale) risulta più discontinua a seguito della presenza di cave dimesse (trasformate in alcuni casi in laghi di pesca), zone di ex cava, alcune urbanizzazioni; nonostante questo in alcuni tronchi, soprattutto in sponda destra, esiste una buona continuità trasversale fra la fascia riparia e quelle di corridoio con la formazione di formazioni boschive estese ad elevata naturalità (SIC ZPS "Boschi di San Luca e Destra Reno", Figura 28). In termini qualitativi, dall'analisi effettuata (vedi nota a piè di pagina 52) è emerso che:

*"Strutturalmente la vegetazione nelle stazioni meno degradate è caratterizzata dal bosco a pioppo nero con tratti a salico-pioppeto lungo la riva, mentre nella zona retro-riparia sono quasi sempre riconoscibili uno strato erbaceo, uno arbustivo ed uno arboreo. Il soprassuolo arboreo è di origine gamica, d'età massima di 35-40 anni, con chioma delle piante che si dispone, nei tratti più densi e maturi, a formare in senso trasversale alla riva una sorta di cupola. Ai margini le piante hanno sempre un'altezza inferiore, sia si tratti di pioppi che di salice bianco, con tendenza a formare chiome espanse per la maggiore illuminazione. Le aree più degradate presentano una struttura vegetazionale irregolare, con copertura interrotta, commistione di strati e numerose chiare colonizzate da specie eliofile arboree ed arbustive. Le aree frequentemente esondate presentano una vegetazione erbacea nitrofila con accumulo di materiale vegetale trasportato dalla corrente. **Rispetto alle serie vegetazionali potenziali, mancano le serie esterne di salici arbustivi di bordura e di vegetazione a legno duro insediata al livello delle piene straordinarie.** I salici arbustivi tranne sporadiche eccezioni non presentano mai fasce di vegetazione sviluppate ma si presentano a nuclei sparsi lungo la riva. Le aree retro-riparie sono insediate sul terrazzo fluviale più evoluto e meno disturbato dalla dinamica fluviale, su substrato ciottoloso fortemente drenante, in cui la vegetazione è strutturata a prateria xerofila arborata, con macchie di vegetazione arborea, maggiormente sviluppata in situazioni ecologiche particolari.*

Il Populus nigra rappresenta la specie più diffusa ed è presente su tutta l'asta fluviale a formare popolamenti più o meno misti al Salix alba. Nelle formazioni boschive più mature forma sempre il piano dominante, superando in molti tratti i 25 m d'altezza. Anche il Salix alba è largamente diffuso, in generale in varie situazioni ecologiche legate ad una maggiore presenza d'acqua. Si ritrova inoltre allo stadio arbustivo anche sugli isolotti di neoformazione al centro del fiume, e si estende quasi ovunque fino alle pendici della collina dove si trova ai margini delle formazioni a roverella. Nella zona di passaggio tra il pioppeto ripario e le aree retro-riparie, punto d'incontro tra condizioni ecologiche diverse, si ha un particolare arricchimento di specie nello strato arbustivo ed arboreo frutto della commistione tra specie igrofile e xerofile.

*Altre due specie esotiche che hanno trovato nell'habitat fluviale le condizioni ideali di diffusione sono la **Robinia pseudoacacia** e l'**Acer negundo**. Quest'ultimo, specie tipicamente igrofila, è più frequente nelle aree umide con parziale ristagno d'acqua. La robinia è diffusa dalla riva del fiume fino alla prima collina, in tutte le situazioni in cui vi sia sufficiente presenza di luce: chiare, sentieri, ripa, zone degradate. **In generale non costituisce popolamenti tali da rappresentare un pericolo per le specie autoctone**".*

⁵² Vedi in particolare il lavoro "Proposta di metodologia per la caratterizzazione del "grado di efficacia" delle fasce riparie: applicazione ad un tratto pedecollinare del fiume Reno" a cura di C. Cavazza, L. Canciani, M. Rigotti, S. Correggiari, D. Pavanelli

- ***da Chiusa di Casalecchio (da VEG 08 e VEG 09) l'inizio del tratto arginato di pianura***

il grado di copertura vegetazionale della fascia riparia e dei corridoi golenali si riduce drasticamente anche se si preservano alcuni nuclei di vegetazione arborea/arbustiva soprattutto in sponda destra con formazioni boschive non governate con prevalenza di Pioppo Nero e Robinia.

Si veda anche, al Par.10.5, la mappa degli habitat vegetazionali di pregio presenti nell'area SIC-ZPS Boschi di San Luca.

Analisi dei fattori causali

La caratterizzazione effettuata ha permesso quindi di rilevare il buono stato complessivo di questa componente nel tratto a monte della Chiusa di Casalecchio e il pessimo stato a valle fino all'inizio del tratto arginato.

L'analisi dei fattori causali si può pertanto riferire distintamente a queste 2 porzioni:

- ***da Confluenza Setta a Chiusa di Casalecchio (da VEG 01 a VEG 07)***

le maggiori criticità riguardano **sporadiche interruzioni** legate a passate o attuali attività antropiche riconducibili a: zone di cantiere ora dismesse, presenza di piste di servizio, cave dismesse (in alcuni casi trasformate in bacini), vecchie strade sterrate, pista da cross, attività agricole ecc.;

la naturalità complessiva si mantiene su buoni livelli e la **presenza di specie invasive risulta limitata e circoscritta** a situazioni puntuali e non tali da inficiare lo stato complessivo.

- ***da Chiusa di Casalecchio (da VEG 08 e VEG 09) l'inizio del tratto arginato di pianura***

la vegetazione riparia e di corridoio nelle aree golenali, spesso ancora ampie, risulta quasi ovunque assente e a scarsa naturalità per la presenza di popolamenti a forte connotazione antropogena

Conclusioni dell'analisi finalizzate alla costruzione delle alternative di piano

Innanzitutto va sottolineato che la presenza di una fascia riparia così estesa è stata favorita anche dalle recenti evoluzioni geomorfologiche del corso d'acqua; infatti la riduzione delle dinamiche geomorfologiche ha favorito l'instaurarsi di popolamenti vegetazionali piuttosto stabili in zone un tempo soggette a forte disturbo; non è da escludere quindi che eventuali interventi di riattivazione geomorfologia possano richiedere il "sacrificio" di una parte di questa fascia.

Compatibilmente con questa visione le linee d'azione da mettere in campo si traducono, nella porzione fino a Casalecchio in una serie di interventi circoscritti di miglioramento vegetazionale (controllo invasive, sviluppo vegetazione in zone a scarsa copertura) in zone precedentemente soggette a disturbo da parte di attività antropiche e oggi non più utilizzate.

Nella porzione a valle di Casalecchio è invece possibile prevedere interventi estesi di ricreazione della fascia riparia ad elevata naturalità e di nuclei vegetazionali significativi nella zona retroriparia.

Per un'analisi dettagliata a scala di tronco si veda invece la seguente Tabella 53.



Figura 32 – La vegetazione riparia di sponda in molti tratti in ottima salute ha raggiunto uno sviluppo considerevole anche a causa delle ridotta vitalità geomorfologica del fiume.

Tabella 53 - Quadro di sintesi dell'analisi sullo stato, sulle cause e sulle azioni di miglioramento per la vegetazione

ID tronco	da		a		STATO ATTUALE			Stato e cause	Possibili azioni (in ordine di priorità)
	Km	località	Km	località	Vegetazione nel corridoio zonale	Vegetazione nella fascia riparia	Vegetazione terrestre		
					V ₂	V ₁	V		
VEG 01	0.00	confluenza torrente Setta	2.34	guado abbandonato (pista motocross)	0.37	0.51	0.47	Su entrambe le sponde le fasce riparie sono quasi interamente coperte da vegetazione arborea-arbustiva a scarsa naturalità. Nei corridoi a seguito della presenza di aree destinate a cantieri e altre attività antropiche (pista motocross) la copertura e la naturalità sono ridotte	1)Rimboschimenti del corridoio 2) interventi puntuali per miglioramento della naturalità
VEG 02	2.34	guado abbandonato (pista motocross)	3.63	C. Pozziolo (a valle Iagnetti pesca)	0.77	0.93	0.88	Vegetazione riparia continua e naturale su entrambe le sponde; vegetazione di corridoio continua e naturale in destra. Vegetazione di corridoio parzialmente assente in sinistra per presenza di laghi di pesca	/
VEG 03	3.63	C. Pozziolo (a valle Iagnetti pesca)	4.47	Villa S. Anna - Via Ancognano	0.71	0.99	0.90	Vegetazione riparia continua e naturale su entrambe le sponde; vegetazione di corridoio continua e naturale in sinistra. Vegetazione di corridoio quasi completamente assente in destra.	1) Rimoscimento corridoio sponda destra
VEG 04	4.47	Villa S. Anna - Via Ancognano	5.13	traversa derivazione canale del Maglio	0.58	0.96	0.85	Vegetazione riparia continua e naturale su entrambe le sponde; vegetazione di corridoio continua e naturale in destra. In sinistra non sono presenti aree di corridoio inondabili.	/
VEG 05	5.13	traversa derivazione canale del Maglio	7.30	briglia Cava Sapaba	0.59	0.83	0.76	Vegetazione riparia continua su entrambe le sponde con ridotta naturalità in sponda destra; la vegetazione nelle ampie aree di corridoio fluviale risulta a bassa naturalità e disturbata	1)Riqualificazione vegetazionale dei corridoi fluviali 2) interventi mirati per il miglioramento della naturalità nella sponda sinistra
VEG 06	7.30	briglia Cava Sapaba	9.48	immissione canale del Maglio	0.59	0.71	0.68	La vegetazione di sponda risulta piuttosto continua su entrambe le sponde ma con popolamenti a scarsa naturalità. L'ampia fascia di corridoio fluviale in sponda destra presenta scarsa copertura e vegetazione disturbata. Migliore la situazione nel corridoio in sponda destra	1)Riqualificazione vegetazionale dei corridoi fluviali 2) interventi mirati per il miglioramento della naturalità nella sponda sinistra
VEG 07	9.48	immissione canale del Maglio	12.04	Chiusa di Casalecchio	0.41	0.63	0.56	Vegetazione riparia continua e naturale su entrambe le sponde; vegetazione di corridoio continua e naturale in destra. In sinistra la vegetazione è scarsa e di bassa qualità; l'area infatti è in buona parte destinata ad usi antropici.	1)Riqualificazine vegetazionale del corridoio fluviale in sinistra idraulica
VEG 08	12.04	Chiusa di Casalecchio	13.59	briglia piscina (stadio)	0.03	0.22	0.17	La copertura vegetazionale è molto esigua nelle ridotte fasce di corridoio; la dove presente la vegetazione presenta scarsa naturalità. Le fasce riparie su entrambe le sponde presentano una maggiore copertura con vegetazione di una scarsa naturalità.	1)Rimboschimenti del corridoio 2) interventi per miglioramento della naturalità della vegetazione di sponda
VEG 09	13.59	briglia piscina (stadio)	19.52	Ponte autostrada A14	0.16	0.35	0.30	La vegetazione è presente quasi unicamente nelle fasce spondali ma presenta scarsa naturalità. Gli ampi corridoi governati si presentano pressoché privi di copertura arborea arbustiva.	1)Rimboschimenti del corridoio 2) interventi per il miglioramento della naturalità della vegetazione di sponda

6.1.5 Regime idrologico

La valutazione di questo indicatore è stata condizionata da forti limitazioni in termini di dati disponibili: le serie di misure di portata di durata limitata, le incertezze legate alla corrispondenza delle serie disponibili come riferimento ad effettive serie di portata naturale ricostruita e soprattutto la totale assenza di dati di portata nel tratto compreso tra la derivazione del Maglio e il successivo rilascio, tra l'altro quello in cui, in base ai sopralluoghi effettuati e al giudizio di esperti ed enti coinvolti, l'alterazione del regime è probabilmente più consistente, in particolare nel periodo estivo. In base a queste considerazioni si è scelto di effettuare comunque il calcolo degli indicatori, nei tratti in cui i dati di portata erano disponibili, ma attribuendovi valore solo indicativo, ed evitando di aggregare l'indice relativo al regime idrologico nella classificazione complessiva dello stato idromorfologico.

Le elaborazioni effettuate hanno portato alla conclusione che, in termini complessivi e in base ai dati utilizzati, nel tratto a monte della Chiusa di Casalecchio (escluso il tratto in cui non si hanno dati) la maggior parte delle caratteristiche del regime di portate in alveo viene modificato solo in modo marginale, con alterazioni significative soprattutto legate alla variabilità complessiva delle portate (molto ridotta rispetto a quella naturale) e alla deviazione standard delle portate minima e massima annuale. Nel tratto a valle della Chiusa di Casalecchio gli elementi caratterizzanti il regime di portate che vengono alterati sono molti di più: i valori di portata media mensile, in particolare tra maggio e agosto, la portata minima annuale, la portata di magra (e, seppure in misura minore, il periodo in cui questa si verifica), la variabilità della portata.



Figura 33 - Tratto a valle della traversa di derivazione del canale del Maglio: si noti la totale discontinuità idrica: per oltre 500 metri in alveo restano solo alcune pozze residue di acqua ferma (immagine Google Earth, 2008).

Vi sono poi alterazioni che sono state individuate a livello qualitativo, sebbene non vengano registrate (in alcuni casi solo in parte), dagli specifici indicatori utilizzati, che vengono esposte di seguito.

A valle della Chiusa di Casalecchio il Reno soffre in modo conclamato per un deficit di portata che per vari periodi durante l'anno scende al di sotto del Deflusso Minimo Vitale (DMV): quello idrologico fissato dal Piano di Tutela delle Acque Regionale (PTAR), in questa sezione pari a 1,12 mc/s, e a maggior ragione quello sperimentale calcolato dall'Autorità di Bacino del Reno, pari a 2,00 mc/s.

Un ruolo importante nel determinare la crisi del Fiume è rivestito dalla derivazione di portate da parte del Consorzio del canale e della chiusa di Casalecchio, che le riversa in una rete di canali che attraversano la città di Bologna per scopi molteplici.

Per meglio comprendere la situazione, è stata sviluppata un'analisi delle portate medie giornaliere del Reno a monte della Chiusa di Casalecchio e delle contestuali derivazioni verso il canale consortile, per gli anni che vanno dal 1997 al 2006; di questi, solo per gli anni 1997, 1998, 1999, 2002 e 2003 le registrazioni sono complete. Dalla figura seguente si può evincere la composizione delle necessità idriche servite dalla Chiusa: per soddisfare tutti gli usi la portata derivata non dovrebbe scendere sotto i 2,0 mc/s; rispetto a quanto riportato, dalle informazioni raccolte risulta che vi sia una ulteriore utenza servita dalla presa presso la Chiusa, la centralina idroelettrica Cavaticcio di HERA.

L'analisi dei dati ha permesso di evincere che le portate medie giornaliere del Reno risentono fortemente degli effetti della presenza delle centrali idroelettriche poste nella parte alta del bacino imbrifero, con deflussi nei fine settimana inferiori di almeno 4 mc/s rispetto ai giorni lavorativi, differenza che può arrivare anche a 8 mc/s.

Dalla serie delle portate medie giornaliere nulla si può evincere rispetto all'hydropeaking giornaliero, ovvero alla variazione delle portate durante l'arco della giornata sempre dovuto all'attivazione/disattivazione delle turbine delle centrali idroelettriche sottese. C'è da supporre però che l'entità delle variazioni su base giornaliera sia la medesima di quella leggibile su base settimanale.

Negli anni analizzati, la sofferenza del Reno alla Chiusa è dovuta a due ordini di problemi distinti:

- (a) le magre estive del Reno, che si situano usualmente tra inizio luglio e fine ottobre, in corrispondenza delle quali molte volte già la portata in arrivo alla chiusa è inferiore al DMV;
- (b) durante tutto l'arco dell'anno, nei fine settimana il Reno a Valle della Chiusa va in sofferenza a causa dei prelievi eccessivi effettuati dal Consorzio, il quale preleva comunque portate largamente superiori alle minime esigenze dichiarate a fronte della riduzione delle portate in arrivo, non permettendo così di rispettare il DMV;
- (c) è ipotizzabile che un problema simile si possa verificare anche ciclicamente all'interno di ogni singola giornata lavorativa.

Per quanto questa criticità relativa alla Chiusa di Casalecchio sia la più evidente e analizzabile, grazie alla presenza delle misurazioni delle portate, essa non è l'unica.

I sopralluoghi in campo e le indicazioni dei tecnici degli Enti mostrano infatti come anche il tratto di fiume sotteso dalla derivazione del Maglio soffra di problemi legati alla scarsità d'acqua e alle modificazioni del regime idrologico; la presa del Maglio non ha infatti alcun organo di controllo e nemmeno strumenti di misura, pertanto non è possibile controllare la portata derivata, né misurare questa e la portata in alveo, fatto che porta ad un'assenza di dati oggettivi in merito ad una situazione di sofferenza del fiume comunque ben nota. Le informazioni e le osservazioni raccolte hanno però permesso di stabilire come le portate derivate siano sovrabbondanti rispetto alle esigenze attuali dei due concessionari (industria chimica e cartiera) e che, pertanto, per la maggior parte vengono restituite in alveo a monte dell'idrometro utilizzato per le considerazioni a carico della Chiusa di Casalecchio.

Come visto, in molte situazioni, la portata in alveo a Casalecchio è inferiore o prossima al DMV ancora prima che venga intaccata dalla derivazione del Consorzio, pertanto è lecito aspettarsi che anche nel tratto sotteso dal Canale del Maglio il deflusso scenda al di sotto del DMV, con le conseguenze viste.

Questo quadro critico andrà ulteriormente peggiorando quando un'ulteriore quota di acque verrà utilizzata, a monte del tratto di Reno in studio, a scopi idropotabili, per una quota pari a circa 6 milioni di metri cubi annui.

Da quanto detto risulta prioritario innanzi tutto un approfondimento della conoscenza delle portate attualmente transitanti in alveo e delle alterazioni di origine antropica a cui sono sottoposte.

Appare particolarmente importante indagare su alcuni elementi critici, riprendendo e, dove necessario, approfondendo le considerazioni in parte già espresse nell'ambito dello *Studio per la determinazione del DMV sperimentale nel bacino idrografico del Fiume Reno*: le modalità di regolazione delle centrali idroelettriche a monte, le portate derivate dal canale del Maglio, attualmente non misurate.

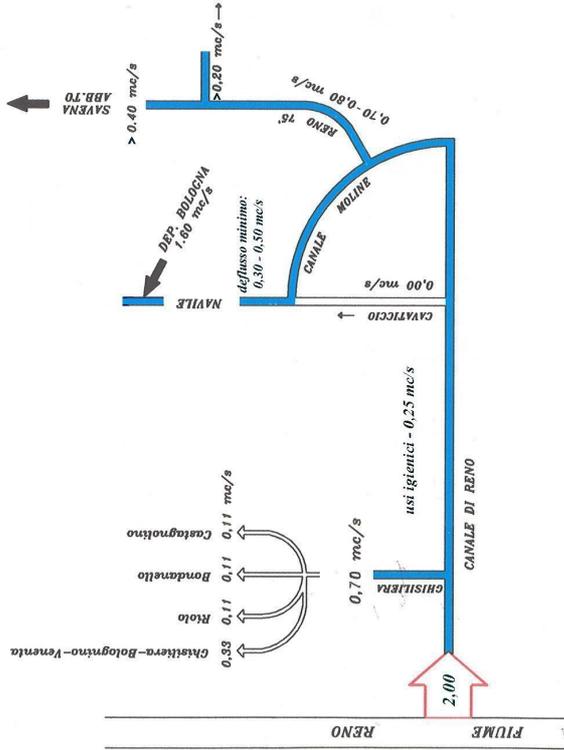


Figura 34 - Schema delle necessità idriche servite all'opera di presa delle Chiusa di Casalecchio.

ID tronco	da		a		REGIME IDRICOLOGICO													Regime idrologico			
	Km	località	località		media mensile	minima annuale	massima annuale	portata di magra	periodo di piena	frequenza piccoli	variabilità della portata	media mensile	minima annuale	massima annuale	portata di magra	periodo di piena	frequenza piccoli		variabilità della portata	dev standard	
IDRO 01	0.00	confluenza torrente Setta	5.13	traversa derivazione canale del Maglio	0.91	0.91	0.79	0.89	1.00	0.76	0.27	0.82	0.36	0.37	0.83	0.68	1.00	0.89	0.63	0.70	0.78
IDRO 02	5.13	traversa derivazione canale del Maglio	9.48	immissione canale del Maglio																	?
IDRO 03	9.48	immissione canale del Maglio	12.04	chiusa di Casalecchio	0.91	0.00	0.78	0.36	1.00	0.76	0.27	0.82	0.36	0.37	0.83	0.68	1.00	0.89	0.63	0.70	0.78
IDRO 04	12.04	chiusa di Casalecchio	19.82	Ponte autostrada A14	0.67	0.00	0.78	0.36	1.00	0.67	0.28	0.55	0.00	0.38	0.51	0.70	0.41	0.62	0.56	0.55	0.55

Tabella 54 - Risultati dell'indice "regime idrologico"

6.1.6 Continuità fluviale

La **continuità longitudinale** del tratto di Reno analizzato è molto ridotta rispetto a un corso d'acqua non antropizzato in cui, salvo interruzioni di tipo naturale, tipicamente localizzate nella parte montana, non vi sono impedimenti al movimento di sedimenti e organismi acquatici fino alla foce.

A causa della presenza di briglie e traverse, nel tratto considerato la lunghezza dei tronchi continui, ovvero al cui interno non sono comprese interruzioni trasversali, varia da circa 600 a poco più di 4700 m (tra la briglia sottostante la cava SAPABA, al km 7.300 del tratto in studio, e la Chiusa di Casalecchio) rimanendo quindi, in base alla funzione valore definita al Par. 5.1.8.4, compresa tra lo stato pessimo e lo scadente. Va tuttavia sottolineato che il reale impedimento nei confronti del trasporto di sedimenti a valle è diverso tra uno sbarramento e l'altro e ad oggi non noto in termini quantitativi.

La **continuità laterale**, come detto, esprime quanto la piana circostante il corso d'acqua sia in relazione con esso, in particolare dal punto di vista idraulico, ovvero quanto la superficie inondata per dati tempi di ritorno (compresi tra qualche anno e alcuni decenni) sia variata rispetto alle condizioni di riferimento. La valutazione di questo indicatore, in assenza (come quasi sempre si verifica) di rilievi storici di dettaglio e di modellizzazioni idrauliche basate su di essi, è generalmente caratterizzata da margini di errore elevati ed ha un valore prevalentemente indicativo. È tuttavia in grado di dar conto di macroscopiche variazioni nel regime di inondazione dovute ad arginature e forti alterazioni morfologiche. Il tratto di Reno in esame, nonostante la forte incisione dell'alveo, non essendo arginato in modo rilevante, se non in alcuni tratti localizzati, soffre di questo tipo di alterazione in modo decisamente minore rispetto a quando accada a valle di Bologna; l'indicatore, calcolato (come detto con ampia approssimazione) confrontando le aree oggi definite nel PTCP ad "alta probabilità di inondazione" con l'alveo di piena ordinaria, incluse tutte le barre e isole in alveo, relativo al 1884, indica riduzioni di area inondata nel peggiore dei casi pari al 39% (nel tratto urbano tra lo stadio e il ponte della via Emilia), ma nella maggior parte dei tratti compresa tra il 10 e il 25%.

La **continuità verticale**, ovvero la presenza e naturalità degli scambi tra acque superficiali e iporreiche è invece fortemente alterata nel tratto di Reno analizzato, prevalentemente a causa della rilevante alterazione del substrato. Il processo di incisione dell'alveo è stato tale in alcuni punti da raggiungere il substrato argillitico impermeabile, determinando la perdita del materasso ghiaioso precedentemente presente e di fatto azzerando il deflusso iporreico. Un altro fattore determinante è stata poi la rilevante alterazione morfologica, con perdita dei caratteri di pluricursalità e di sinuosità (dei singoli canali) sia verticale che laterale, in particolare nel tratto compreso tra la traversa del Maglio e la Chiusa di Casalecchio.

Va tuttavia sottolineato che non è disponibile una localizzazione di dettaglio dei tratti in cui l'incisione e la variazione di substrato sono più elevate e che la valutazione, comunque di tipo qualitativo, si è basata principalmente sul confronto con i tecnici ed esperti interpellati, unita a sopralluoghi diretti di carattere puntuale. I risultati andrebbero pertanto validati con adeguati rilievi.

Un altro elemento di incertezza è l'attendibilità delle condizioni di riferimento assunte nel tronco fluviale tra la Chiusa di Casalecchio e lo stadio, in cui si è supposto che il fondo sia naturalmente a bassa permeabilità, e il substrato permeabile molto limitato, sebbene non siano disponibili dati affidabili a supporto.

Ciononostante, anche in termini qualitativi, l'alterazione di continuità verticale può dirsi netta e, nel tratto compreso tra la traversa del Maglio e la Chiusa di Casalecchio, di notevoli proporzioni, tale da portare ad un giudizio di "scadente" per l'indicatore in esame.

È qui opportuno sottolineare la convergenza degli obiettivi di continuità verticale e laterale con quelli di ricarica della falde acquifere (almeno in termini generali, nello specifico va considerato il confinamento o meno dell'acquifero in esame): ovvero la riduzione di superfici inondate e della continuità con il deflusso superficiale riduce il naturale rimpinguamento delle falde. Ne consegue che interventi di riquilificazione del corso d'acqua che puntino a migliorare questi attributi hanno anche un positivo "effetto collaterale" in termini di ricarica delle falde (si veda a tale proposito Viel et al., 2005). Sarebbe di particolare interesse un confronto di tipo quantitativo (che includesse anche costi e benefici di tipo economico) tra questi interventi di ripristino di una naturale continuità superficie-falde e altre tipologie di intervento, in fase di studio, che prevedono azioni di ricarica artificiale.

Un ulteriore fattore causale che sembra influire sulla riduzione della continuità verticale (di cui tuttavia non si sono ottenuti dati sufficienti per poterli utilizzare nella classificazione) è l'intasamento del substrato dovuto al sedimento fine, che in alcuni tratti pare accumularsi a causa di una ridotta capacità di trasporto solido del corso d'acqua. Questo dato andrebbe suffragato da apposite indagini e, se confermato, anche in questo caso le soluzioni di tipo "artificiale" ipotizzate, in particolare la rimozione dello strato superficiale del fondo alveo, che avrebbe forte impatto negativo sulle comunità biotiche, andrebbero confrontate, in termini di effetti attesi, con interventi (sul regime idrico, sulla gestione dei sedimenti a monte e sulla morfologia d'alveo) di ripristino delle naturali dinamiche geomorfologiche.

Tabella 55 – Risultati dell'indice “continuità fluviale”

CONTINUITA' FLUVIALE								
ID tronco	da		a		STATO ATTUALE			
	Km	località	Km	località	Continuità longitudinale	Continuità laterale	Continuità verticale	Continuità fluviale
					c1	c2	c3	c
CONT 01	0,00	confluenza torrente Setta	1,56	traversa ponte A1	0,125	0,89	0,5	0,50
CONT 02	1,56	traversa ponte A1	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	0,285	1,00	0,5	0,59
CONT 03	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	6,66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	0,123	0,64	0,25	0,34
CONT 04	6,66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	7,30	briglia Cava Sapaba	0,051	0,64	0,25	0,31
CONT 05	7,30	briglia Cava Sapaba	12,04	Chiusa di Casalecchio	0,379	0,71	0,25	0,45
CONT 06	12,04	Chiusa di Casalecchio	13,59	briglia piscina (stadio)	0,124	0,83	0,75	0,57
CONT 07	13,59	briglia piscina (stadio)	17,44	traversa ponte via Emilia	0,308	0,61	0,375	0,43
CONT 08	17,44	traversa ponte via Emilia	18,31	traversa ponte ferrovia	0,069	0,72	0,375	0,39
CONT 09	18,31	traversa ponte ferrovia	19,52	Ponte autostrada A14	0,097	0,76	0,375	0,41

6.1.7 *Equilibrio geomorfologico*

L'attributo, come detto, mira a valutare quanto le dinamiche geomorfologiche in atto siano prossime a quelle attese, in assenza di pressioni di tipo antropico a scala di bacino. L'indicatore adottato tenta di inglobare in un unico giudizio di tipo qualitativo una serie di valutazioni sui singoli processi in corso, che, semplificando molto, dovrebbero dirci se e in quale misura nel tratto di Reno in esame si verificano ancora i processi di evoluzione laterale dell'alveo e di variazione dinamica degli elementi morfologici in alveo, pur mantenendo nel tempo stessa tipologia e, in termini medi, analoghi caratteri morfologici e profilo di fondo.

Anche in questo caso, seppure con ampi margini d'errore, l'indicatore è grado di dar conto di alterazioni di tipo macroscopico, quali la sussistenza di dinamiche di forte incisione o di assoluta assenza di modificazioni nel tempo, dovute ad esempio alla completa canalizzazione dell'alveo.

La valutazione, nello specifico, si è scontrata con difficoltà di vario ordine. La prima, tipica, è la difficoltà di reperire informazioni storiche relative non solo a condizioni di tipo statico (necessarie per la definizione delle condizioni morfologiche di riferimento), ma anche dinamico (es.: quanti ettari di nuovo bankfull dovrebbero essere creati (e abbandonati) ogni 10 anni in un dato tratto di Reno, se il corso d'acqua fosse in equilibrio a scala di bacino?). Un'ulteriore difficoltà è la necessità di interpretare storicamente fattori di pressione legati all'uso del territorio a scala di bacino: tipicamente la cartografia attendibile più antica risale agli ultimi decenni del XIX secolo, periodo in cui la copertura forestale era fortemente compromessa e in genere decisamente inferiore all'attuale, determinando pertanto condizioni di forte erosione e una disponibilità di materiale solido molto elevata. È pertanto plausibile che la morfologia e le dinamiche morfologiche di riferimento vadano ricondotte non esattamente alle condizioni di fine '800, ma parzialmente diverse, quindi con alvei leggermente più stretti, attività morfologica più limitata, maggior presenza di vegetazione, substrato ghiaioso di spessore inferiore, eccetera. Allo stesso tempo va considerato che la principale fonte di sedimenti del Reno sono molto probabilmente i calanchi, il cui contributo di apporto solido è probabilmente variato in misura molto minore (e appare, almeno potenzialmente, anche allo stato attuale molto elevato); anche in questo caso, però, mancano dati quantitativi a supporto delle considerazioni effettuate (ad esempio per chiarire quale sia l'importanza relativa delle due fonti). La difficoltà forse maggiore per la valutazione di questo indicatore -anche per dare chiare indicazioni in termini di azioni di riqualificazione- è tuttavia la mancanza di uno studio geomorfologico a supporto, in grado di quantificare le dinamiche in corso (gli studi disponibili - Ziliani et al., 2005; Billi P. e Salemi E., 2004 - non danno informazioni sufficientemente relazionate al tratto in esame). La valutazione è stata pertanto effettuata basandosi sul supporto cartografico e fotografico a disposizione, e tramite il giudizio esperto.

I risultati delle analisi effettuate sui due tronchi in cui è stato suddiviso il tratto in esame (uno a monte e uno a valle della Chiusa di Casalecchio) hanno portato ad un'analogha valutazione: entrambi i tronchi, in particolare quello di monte, hanno subito in passato un forte restringimento e incisione, e una sensibile riduzione delle dinamiche morfologiche attive (si veda il Par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**); tuttavia, allo stato attuale, sembra che vi sia una lieve tendenza al miglioramento, con una residua mobilità laterale, seppure molto ridotta rispetto alle condizioni di riferimento, e un alveo che, seppure in ampi tratti sia di fatto "ingessato" nell'attuale condizione di incisione, viene in parte modificato dagli eventi di piena formativi. In particolare, vi sono brevi tratti (ad esempio quello subito a valle di Sasso Marconi) in cui negli ultimi 20-30 anni l'alveo si è modificato in modo non trascurabile; durante gli ultimi eventi di piena significativi (2003-2004) è stato poi registrato a monte della Chiusa di Casalecchio un elevato trasporto solido, con sollevamento di pezzame di peso superiore ai 10 kg, e modificazioni morfologiche della fascia riparia; e anche nel tratto a valle della Chiusa (che pare quindi non poter essere considerata uno sbarramento totale al trasporto solido a valle) la dinamica morfologica non sembra assente: i pennelli in massi costruiti nel 2001 a monte del ponte di via Togliatti sono stati colmati nel giro di pochi anni (si veda la Figura 35).

Non risulta invece chiaro -e andrebbe verificato nell'ambito dell'auspicato studio geomorfologico- se vi sia in atto un'inversione di tendenza in relazione alla pregressa incisione del fondo, né se l'attuale assetto (sia in termini di capacità di trasporto locale, che di disponibilità di sedimenti a scala di bacino) possa consentire effettivamente, tramite interventi mirati, di riportare il corso d'acqua a una condizione di equilibrio dinamico a una quota di fondo più elevata.

Nel complesso quindi, tutto il tratto in esame è stato qualitativamente giudicato "lievemente instabile in miglioramento", sebbene si consideri indispensabile una validazione tramite un adeguato studio geomorfologico a scala di bacino.

Tabella 56 – Risultati dell' indice "equilibrio geomorfologico"

EQUILIBRIO GEOMORFOLOGICO								
ID tronco	da		a		STATO ATTUALE			
	Km	località	Km	località	Equilibrio geomorfologico			
					equilibrio laterale	equilibrio verticale (incis./sedim.)	equilibrio geomorfologico	e
EQUIL 01		confluenza torrente Setta		chiusa di Casalecchio			D	0,50
EQUIL 02		chiusa di Casalecchio		Ponte autostrada A14			D	0,50



Figura 35 - Tratto a monte del ponte di via Togliatti: in rosso è evidenziata la zona dove sono stati costruiti i repellenti nel 2001, periodo a cui risale l'immagine in alto; nell'immagine in basso, del 2008 (fonte: Google Earth), si noti il riempimento a monte degli stessi.

Analisi dei possibili fattori causali

Sebbene, come detto, non siano disponibili informazioni quantitative a supporto, l'alterazione delle dinamiche geomorfologiche, e di conseguenza delle condizioni morfologiche (trattate nel paragrafo successivo) sono riconducibili alle seguenti cause principali:

- asportazione diretta di inerti in alveo (con ogni probabilità la causa in assoluto più importante);
- intercettazione dei sedimenti a monte del tratto in esame (lungo il corso del Reno e dei principali affluenti) da parte di sbarramenti trasversali;
- alterazione del regime idrico, in particolare con riduzione delle piene di particolare rilievo a fini formativi (indicativamente con T_R 1-3 anni), a causa della regolazione dovuta ai serbatoi di monte; sarebbe ad esempio importante chiarire il ruolo di laminazione (oltre che di intercettazione sedimenti) della diga di Suviana;
- presenza di difese spondali; va notato che sebbene nel tratto in esame, a monte della Chiusa di Casalecchio, non siano stati effettuati interventi significativi di questo tipo, sono stati comunque segnalati (in questo e altri tratti) interventi puntuali realizzati nel tempo in modo estemporaneo dai singoli proprietari per proteggere terreni interni alla fascia di naturale mobilità del corso d'acqua; la loro presenza andrebbe confermata e censita;
- feedback positivo da parte del nuovo assetto morfologico: il nuovo alveo, inciso e molto meno erodibile, rende ancora più difficile la mobilità laterale, determinando un effetto di canalizzazione, anche in assenza di difese spondali artificiali; un analogo, seppur più blando, effetto è plausibile che sia esercitato da parte della vegetazione spondale, che stabilizza le sponde in modo decisamente superiore a quanto dovrebbe avvenire in condizioni di riferimento.

6.1.8 *Condizioni morfologiche*

Come già accennato, tutto il tratto di Reno in esame ha subito rilevanti alterazioni morfologiche.

La più evidente è forse quella legata al **tipo morfologico** stesso: un corso d'acqua a canali intrecciati (più probabilmente riferibile alla tipologia "wandering" a valle della Diga di Casalecchio) è ora monocursale, mentre l'**ampiezza dell'alveo attivo**, rispetto alle condizioni di riferimento, si è ridotta drasticamente: ne resta solo il 10% nel tronco compreso tra la briglia sotto la cava SAPABA e la Chiesa di Casalecchio, poco più nel tronco a monte della presa del Maglio; solo tra la Chiesa di Casalecchio e lo stadio, in cui l'alveo è naturalmente più incassato, la perdita di bankfull è limitata a circa il 40%. Va sottolineato che questo restringimento si è in particolare concentrato dopo gli anni '50 (le immagini aeree del 1954 mostrano infatti un alveo ancora molto ampio e in lunghi tratti pluricursale) e in prevalenza prima del 1976 (la CTR di questa data mostra infatti un alveo già molto simile a quello attuale), sebbene la situazione dal 1976 ad oggi sia ulteriormente peggiorata, come risulta chiaro dal confronto cartografico.

La valutazione degli indicatori **profilo del letto** e **struttura e substrato** hanno sofferto delle stesse approssimazioni e limitazioni già descritte in relazione all'equilibrio geomorfologico, ma è stato comunque possibile rilevare, nell'ambito di un generalizzato stato di compromissione, significative differenze tra un tronco fluviale e l'altro. Per entrambi gli indicatori a una condizione di marcata incisione e alterazione di substrato e forme in alveo registrata tra la derivazione del Maglio e la Chiesa di Casalecchio e a valle dello stadio, si contrappone una alterazione solo moderata nel tratto iniziale esaminato e tra la Chiesa di Casalecchio e lo stadio (dovuta, in questo secondo caso, alla condizione di riferimento già più vicina a un alveo a fondo fisso).

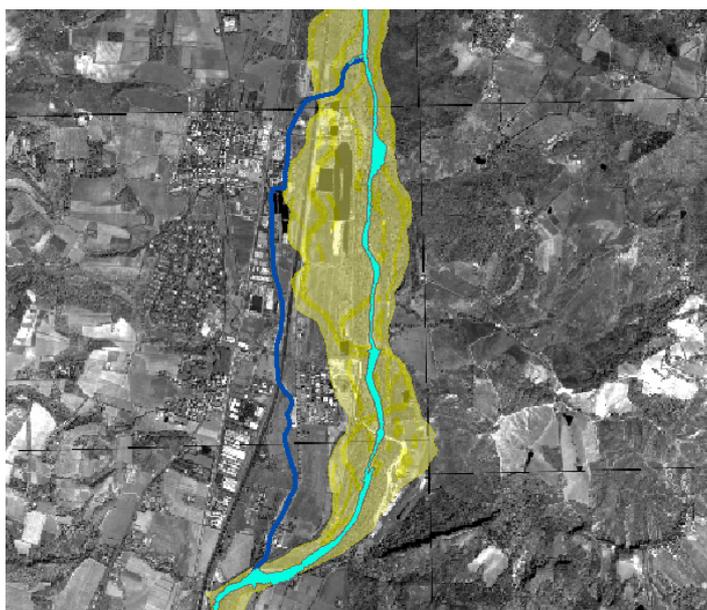


Figura 36 - Confronto tra alveo attivo nel 1884 (in giallo) e attuale (in azzurro) nel tratto sotteso dalla derivazione del canale del Maglio (in blu).

CONDIZIONI MORFOLOGICHE																
ID tronco	da		a		tipo morfologico			ampiezza alveo attivo			profilo letto		struttura e substrato		Condizioni morfologiche	
	Km	località	Km	località	tipo morfologico stato attuale	tipo morfologico stato riferimento	z1	ampiezza alveo stato attuale (2003)	ampiezza alveo 1884	ampiezza alveo stato riferimento	z2	profilo letto stato attuale rispetto a stato	z3	struttura e substrato stato attuale	z4	Z
					monocursale meandriforme	canali intrecciati	0				Moderatam inciso	0,67	Moderatam alterati	0,67		
COND 01	0,00	confluenza torrente Setta	1,56	traversa ponte A1	monocursale meandriforme	canali intrecciati	0	70081,86	314724,17	251779,33	0,28	Moderatam inciso	0,67	Moderatam alterati	0,67	0,403
COND 02	1,56	traversa ponte A1	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	monocursale meandriforme	canali intrecciati	0	187933,65	1469180,67	1175344,54	0,16	Moderatam inciso	0,67	Moderatam alterati	0,67	0,373
COND 03	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	6,66	traversa oasi SAPABA S. Gherardo	monocursale meandriforme	canali intrecciati	0	76420,59	536569,80	429255,84	0,18	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,211
COND 04	6,66	traversa oasi SAPABA S. Gherardo	7,30	briglia Cava Sapaba	monocursale meandriforme	canali intrecciati	0	31399,21	336815,30	269452,24	0,12	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,196
COND 05	7,30	briglia Cava Sapaba	12,04	Chiusa di Casalecchio	monocursale meandriforme	canali intrecciati	0	207922,27	2530815,53	2024652,42	0,10	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,192
COND 06	12,04	Chiusa di Casalecchio	13,59	briglia piscina (stadio)	monocursale meandriforme	wandering	0	100976,15	170089,86	170089,86	0,59	Moderatam inciso	0,67	Moderatam alterati	0,67	0,482
COND 07	13,59	briglia piscina (stadio)	17,44	traversa ponte via Emilia	monocursale meandriforme	wandering	0	182093,37	608076,78	608076,78	0,27	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,233
COND 08	17,44	traversa ponte via Emilia	18,31	traversa ponte ferrovia	monocursale meandriforme	wandering	0	49714,99	198824,75	198824,75	0,25	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,229
COND 09	18,31	traversa ponte ferrovia	19,52	Ponte autostrada A14	monocursale meandriforme	wandering	0	54852,34	175207,19	175207,19	0,31	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,245

Tabella 57 – Risultati dell'indice "condizioni morfologiche"

In termini complessivi di **condizioni morfologiche**, il tratto più compromesso (in condizioni giudicate "pessime") è stato quello compreso tra l'Oasi S. Gherardo e la Chiusa di Casalecchio, mentre i tratti giudicati "sufficienti" sono quello iniziale (tra la confluenza Reno-Setta e il ponte dell'autostrada A1) e quello tra la Chiusa di Casalecchio e lo stadio (per i motivi già citati in precedenza).

In relazione ai fattori causali individuati, si rimanda alle considerazioni effettuate nel Par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

6.1.9 Qualità biologica

Dall'aggregazione degli indici *macroinvertebrati*, *fauna ittica* e *vegetazione terrestre* si ottiene l'indice di *qualità biologica*, i cui risultati sono riportati nella figura seguente:

Macroinvertebrati		Fauna ittica		Vegetazione		QUALITA' BIOLOGICA			
ID tronco	m	ID tronco	f	ID tronco	v	ID tronco	m	estremi tronchi	
								da	a
MACROINV 01	0.5	ITT 01	0.58	VEG 01	0.47	BIO 01	0.52	confluenza torrente Setta	briglia ponte A1
MACROINV 02	0.5	ITT 02	0.58	VEG 02	0.88	BIO 02	0.52	briglia ponte A1	guado abbandonato (pista motocross)
				VEG 03	0.90	BIO 03	0.65	guado abbandonato (pista motocross)	C. Pozziolo (a valle laghetti pesca)
				VEG 04	0.88	BIO 04	0.65	C. Pozziolo (a valle laghetti pesca)	Villa S. Anna - Via Ancognano
MACROINV 03	0.5	ITT 03	0.57	VEG 05	0.76	BIO 05	0.64	Villa S. Anna - Via Ancognano	traversa derivazione canale del Maglio
		ITT 04	0.57			BIO 06	0.60	traversa derivazione canale del Maglio	traversa oasi SAPABA S.Gherardo
MACROINV 04	0.5	ITT 05	0.57	VEG 06	0.68	BIO 07	0.60	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	briglia cava SAPABA
MACROINV 05	0.5	ITT 06	0.57	VEG 07	0.56	BIO 08	0.58	briglia cava SAPABA	confluenza canale del Maglio
MACROINV 06	0.5	ITT 07	0.50	VEG 08	0.17	BIO 09	0.54	confluenza canale del Maglio	chiusa di Casalecchio
		ITT 08	0.50			BIO 10	0.40	chiusa di Casalecchio	Casalecchio ponte strada Porrettana
		ITT 09	0.50			BIO 11	0.40	Casalecchio ponte strada Porrettana	Casalecchio briglia piscina (stadio)
MACROINV 07	0.5	ITT 10	0.50	VEG 09	0.30	BIO 12	0.44	Casalecchio briglia piscina (stadio)	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti
		ITT 11	0.50			BIO 13	0.44	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	Casalecchio ponte via Emilia
						BIO 14	0.44	Casalecchio ponte via Emilia	Casalecchio ponte ferrovia MI-BO
						BIO 15	0.44	Casalecchio ponte ferrovia MI-BO	ponte autostrada A14
PESI	0.35		0.34		0.31				
	λ_M		λ_F		λ_V				

Figura 37 – Indice di qualità biologica del Fiume Reno

6.1.10 Qualità idromorfologica

Dall'aggregazione degli indici *continuità fluviale*, *equilibrio morfologico* e *condizioni morfologiche* si ottiene l'indice di *qualità idromorfologica*, i cui risultati sono riportati nella figura seguente:

Figura 38 – Indice di “qualità idromorfologica” del Fiume Reno

Continuità fluviale		Equilibrio georfologico		Condizioni morfologiche		QUALITA' GEOMORFOLOGICA			
ID tronco	f	ID tronco	v	ID tronco	v	ID tronco	m	estremi tronchi	
								da	a
CONT 01	0,50	EQUIL 01	0,50	COND 01	0,403	MORFO 01	0,46	confluenza torrente Setta	traversa ponte A1
CONT 02	0,59			COND 02	0,373	MORFO 02	0,48	traversa ponte A1	traversa derivazione canale del Maglio
CONT 03	0,34			COND 03	0,211	MORFO 03	0,34	traversa derivazione canale del Maglio	traversa oasi SAPABA S.Gherardo
CONT 04	0,31			COND 04	0,196	MORFO 04	0,32	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	briglia Cava Sapaba
CONT 05	0,45			COND 05	0,192	MORFO 05	0,36	briglia Cava Sapaba	immissione canale del Maglio
CONT 06	0,57	EQUIL 02	0,50	COND 06	0,482	MORFO 06	0,36	immissione canale del Maglio	Chiusa di Casalecchio
CONT 07	0,43			COND 07	0,233	MORFO 07	0,51	Chiusa di Casalecchio	briglia piscina (stadio)
CONT 08	0,39			COND 08	0,229	MORFO 08	0,37	briglia piscina (stadio)	traversa ponte via Emilia
CONT 09	0,41			COND 09	0,245	MORFO 09	0,36	traversa ponte via Emilia	traversa ponte ferrovia
								MORFO 10	0,37



Figura 39 - Mappa relativa all'indice "qualità idromorfologica" del Fiume Reno

6.1.11 Indice “stato ecologico”

Dall’aggregazione degli indici *qualità chimico-fisica*, *qualità biologica* e *qualità idromorfologica* si ottiene l’indice di “*stato ecologico*” dell’ecosistema fluviale, i cui risultati sono riportati nelle figure seguenti:

QUALITA' CHIMICO FISICA		QUALITA' BIOLOGICA		QUALITA' IDROMORFOLOGICA		STATO ECOLOGICO (salute)			
ID tronco	O _C	ID tronco	O _B	ID tronco	O _I	ID tronco	O	estremi tronchi	
								da	a
QUAL 01	0.5	BIO 01	0.52	MORFO 01	0.46	ECO 01	0.49	confluenza torrente Setta	briglia ponte A1
		BIO 02	0.52			ECO 02	0.50	briglia ponte A1	scarico dep. Sasso Marconi - guado abbandonato
QUAL 02	0.5	BIO 03	0.65	MORFO 02	0.48	ECO 03	0.55	scarico dep. Sasso Marconi - guado abbandonato	C. Pozziolo (a valle laghetti pesca)
		BIO 04	0.65			ECO 04	0.56	C. Pozziolo (a valle laghetti pesca)	Villa S. Anna - Via Ancognano
		BIO 05	0.64			ECO 05	0.55	Villa S. Anna - Via Ancognano	traversa derivazione canale del Maglio
QUAL 03	0.5	BIO 06	0.60	MORFO 03	0.34	ECO 06	0.49	traversa derivazione canale del Maglio	traversa oasi SAPABA S.Gherardo
		BIO 07	0.60	MORFO 04	0.32	ECO 07	0.48	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	briglia Cava Sapaba
QUAL 04	0.5	BIO 08	0.58	MORFO 05	0.36	ECO 08	0.49	briglia Cava Sapaba	confluenza canale del Maglio
QUAL 05	0.5	BIO 09	0.54	MORFO 06	0.36	ECO 09	0.47	confluenza canale del Maglio	chiusa di Casalecchio
QUAL 06	0.5	BIO 10	0.40	MORFO 07	0.51	ECO 10	0.46	chiusa di Casalecchio	Casalecchio ponte strada Porrettana
		BIO 11	0.40			ECO 11	0.46	Casalecchio ponte strada Porrettana	Casalecchio briglia piscina (stadio)
		BIO 12	0.44			ECO 12	0.43	Casalecchio briglia piscina (stadio)	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti
QUAL 07	0.5	BIO 13	0.44	MORFO 08	0.37	ECO 13	0.43	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	Casalecchio ponte via Emilia
		BIO 14	0.44	MORFO 09	0.36	ECO 14	0.43	Casalecchio ponte via Emilia	Casalecchio ponte ferrovia M-BO
		BIO 15	0.44	MORFO 10	0.37	ECO 15	0.43	Casalecchio ponte ferrovia M-BO	ponte autostrada A14
PESI	0.25		0.42		0.33				
	λ_{O_C}		λ_{O_B}		λ_{O_I}				

Figura 40 – Indice “stato ecologico” del fiume Reno



Figura 41 – Mappa relativa all'indice "stato ecologico" del fiume Reno

DEFINIZIONE DELLO SCHEMA DIRETTORE FLUVIALE “RENO VIVO”

7 Approccio multiobiettivo e valutazione integrata multicriterio

Scopo dello Schema Direttore è quello di raggiungere una serie di obiettivi di tipo ambientale (definiti nel Par.2 e dettagliati nel successivo Par.8)⁵³, cercando un compromesso accettabile con quelli di tipo antropico e, ogni volta che è possibile, individuando opportune sinergie.

Questi *obiettivi* sono però *spesso in conflitto*, per cui occorre adottare un approccio di tipo partecipato per cercare di conciliarli; ma ciò non basta, occorre anche utilizzare una logica interdisciplinare e multiobiettivo per definire le azioni per raggiungere in modo integrato gli obiettivi.

Tale approccio multiobiettivo, adottato nella definizione dello SD, si concretizza nell'applicazione dei seguenti principi:

- *Mantenere una visione olistica* del sistema considerato, riconoscendo le relazioni tra le parti e tra i processi; evitare, in particolare, di tentare di rimediare localmente a un aspetto ignorandone le conseguenze altrove e/o nel futuro
- *Affrontare più problemi alla volta*, creando sinergie ed evitando antagonismi
- *Utilizzare approcci disciplinari e tecnici diversi*, mettendoli in comunicazione e rendendoli coerenti al fine di ottimizzare le soluzioni
- *Adottare linee di intervento articolate, integrate e più rispettose dell'ambiente*

L'adozione di un approccio multiobiettivo implica di cercare di coniugare obiettivi che non possono essere raggiunti contemporaneamente al massimo grado possibile; tale conflitto riguarda anche i diversi portatori di interesse presenti nell'area in studio, siano essi Enti o cittadini organizzati, ognuno dei quali potrebbe "sostenere" uno o più degli obiettivi dello Schema Direttore.

Per risolvere tale problema la metodologia di lavoro utilizzata prevede di ipotizzare diverse alternative di Schema Direttore, che raggiungono in modo differenziato gli obiettivi, cercando poi di individuare quella (già proposta o nata durante il processo di interazione con gli Enti) che soddisfa al meglio gli obiettivi stessi.

Dopo aver definito le alternative, occorre confrontarle tra loro, individuando i vantaggi e gli svantaggi che ognuna di esse comporterebbe se attuata o, con altre parole, verificare quanto ognuna di queste raggiunge gli obiettivi prefissati e aumenta il grado di soddisfazione dei diversi portatori di interesse.

Tale problema può essere utile affrontato mediante una *valutazione delle alternative di tipo multicriterio*, che mette a confronto, mediante l'utilizzo di una *matrice di valutazione*, le alternative con i criteri di valutazione prescelti (in questo caso gli stessi obiettivi dello SD), tradotti in indici di valutazione misurabili.

La matrice di valutazione non è altro che una tabella in cui le colonne corrispondono alle alternative e le righe ai criteri/obiettivi (di tipo diverso, solitamente incommensurabili, cioè non quantificabili con la stessa unità di misura), mentre nelle caselle di intersezione si riporta una "misura" (qualitativa o quantitativa) di come ogni data alternativa si comporta dal punto di vista di ogni criterio di valutazione (si veda la tabella seguente).

Tabella 58 – Esempio di matrice di valutazione: nell'esempio, "1" rappresenta il pieno raggiungimento dell'obiettivo valutato, "0" il non raggiungimento e i valori intermedi obiettivi raggiunti parzialmente.

	ALT 1	ALT2	ALT 3
OBIETTIVO 1	0.3	0.6	0.8
OBIETTIVO 2	1	0	0
OBIETTIVO 3	0.7	0.4	0.8

⁵³ Gli obiettivi qui ipotizzati dovranno essere condivisi nell'ambito di un apposito processo partecipato e potranno per questo essere modificati o integrati.

La valutazione multicriterio mette in evidenza esplicitamente quale grado di compromesso occorre accettare scegliendo un'alternativa piuttosto che un'altra.

Il calcolo degli indici che misurano i criteri di valutazione richiede di effettuare una *previsione degli effetti* di ogni alternativa sul sistema fisico-socio-economico (ad esempio, stima degli effetti sulla qualità dell'acqua delle azioni 1 e 2; stima degli effetti idraulici dell'area di laminazione y ; ecc.); i tempi ed i costi necessari per effettuare tali simulazioni non sono compatibili con il presente lavoro, per cui si è provveduto ad eseguire la valutazione mediante *giudizio esperto* da parte del gruppo di lavoro stesso, così da fornire un'indicazione tendenziale del grado di miglioramento ottenibile per i principali criteri di valutazione utilizzati, indicazione che occorrerà poi confermare e quantificare durante una eventuale applicazione di tipo progettuale del metodo.

Una volta messa a punto la matrice di valutazione, è possibile sviluppare la *negoziazione*, che potrà portare anche a modificare le alternative o ad individuare apposite compensazioni.

Al di là delle difficoltà che potranno incontrarsi nell'applicazione rigorosa del metodo qui sommariamente descritto, il valore aggiunto che esso genera è quello di creare una logica condivisa per confrontare diverse idee di Schema Direttore che potranno emergere in futuro, logica che permette di far emergere i motivi di una scelta piuttosto che di un'altra.

8 Definizione preliminare della vision e degli obiettivi

8.1 Vision “Reno vivo”

Le problematiche/opportunità del tratto di fiume Reno in studio, identificate con la caratterizzazione integrata descritta al Cap.5, suggeriscono la *vision* verso la quale lo SD dovrebbe portare, ovvero un’*immagine obiettivo* che sintetizza come ci si immagina il futuro del territorio e del fiume una volta attuate le linee d’azione dello SD.

La vision per il fiume Reno qui proposta è descritta di seguito e rappresentata in Figura 42:

Nel tratto compreso tra la confluenza del Torrente Setta e la Chiesa di Casalecchio il fiume Reno utilizza di nuovo le golene per lo svolgimento delle dinamiche geomorfologiche ed ecologiche, aumentando quindi lo spazio per divagare ed esondare in modo diffuso, così da riacquistare progressivamente la configurazione a canali intrecciati che aveva a fine ‘800, abbandonando l’attuale meandriforme monocorsuale. Parte delle golene maggiormente interessate in passato da attività di cava (come ad esempio l’area dei laghi del Maglio) sono ora occupate da un bacino per la riserva idrica a sostegno del minimo deflusso vitale.

Nel tratto cittadino compreso tra la Chiesa di Casalecchio e l’inizio del tratto arginato, il fiume Reno utilizza solo parzialmente la sua piana inondabile storica per evolvere dal punto di vista geomorfologico, così da riacquistare in una certa misura la configurazione “wandering”⁵⁴ che aveva a fine ‘800, abbandonando l’attuale meandriforme monocorsuale. La piana inondabile è parzialmente vegetata e le aree forestate si alternano a quelle dedicate ad attrezzature “soft” per la fruizione. Il fiume si trasforma perciò in un corso d’acqua dall’aspetto più naturale, che alla classica fruizione da parco pubblico attrezzato affianca quella di un luogo vivo.

Il materasso ghiaioso del fiume si è parzialmente ricreato grazie alla riattivazione del trasporto solido da monte ed ai nuovi spazi disponibili per l’evoluzione morfologica dell’alveo attivo.

Il fiume Reno non scende più in magra sotto la sua portata minima naturale e le sue piene ordinarie sono attenuate in modo blando dalla gestione dei bacini di monte, avendo raggiunto un compromesso tra gli usi economico-produttivi dell’acqua e le esigenze del fiume; in questo modo si creano buone condizioni per la vita acquatica, migliora la qualità dell’acqua e i processi evolutivi geomorfologici possono svolgersi con maggior frequenza.

La vegetazione è autoctona e abbondante e si evolve in funzione delle dinamiche del fiume.

L’acqua è pulita e permette la balneazione.

Il fiume Reno è vivibile attraverso un sistema di percorsi strutturati ciclo-pedonali posti ai margini delle aree inondabili, oltre che da un sistema di sentieri posti nei pressi dell’alveo, la cui localizzazione varia autonomamente in funzione dell’evoluzione del fiume nelle aree a questo deputate e dei nuovi percorsi individuati di volta in volta dai fruitori.

⁵⁴ O “di transizione”, intermedia tra quella a canali intrecciati e quella monocorsuale

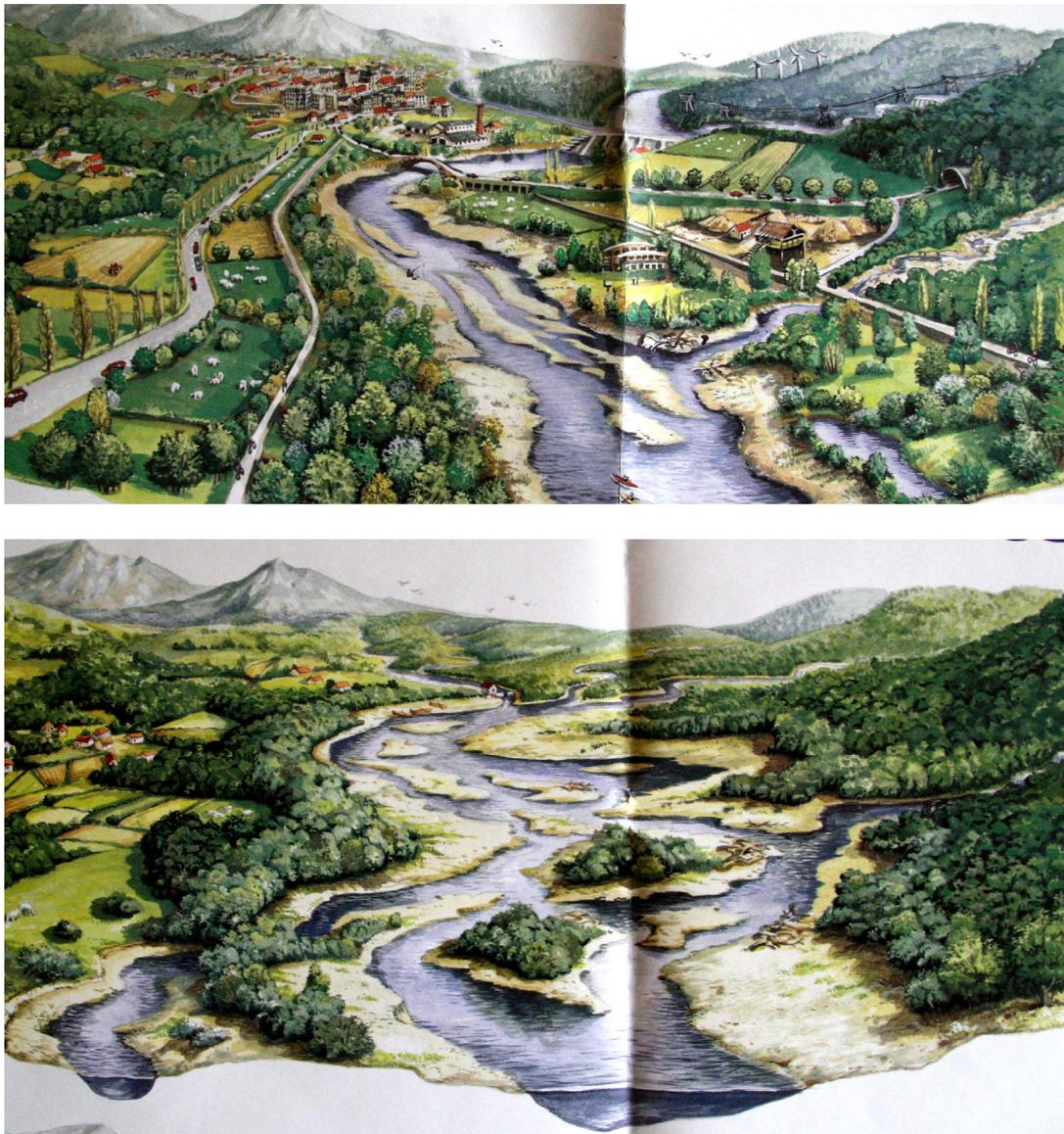


Figura 42 – Vision per il fiume Reno nel tratto interessato dallo Schema Direttore Reno Vivo: a canali intrecciati tra il Torrente Setta e la Chiusa di Casalecchio (foto in basso) e wandering dalla chiusa fino all’inizio del tratto arginato (foto in alto)

8.2 Obiettivi dello Schema Direttore

La caratterizzazione integrata dell'ecosistema fluviale e l'analisi delle principali problematiche di tipo antropico hanno permesso di mettere in evidenza i principali maggiori del fiume Reno nel tratto in studio.

La lista di obiettivi che ne consegue, presentata in Tabella 59, dettaglia ed integra quanto già preliminarmente stabilito dai compiti assegnati al gruppo di lavoro, ossia:

- incrementare la disponibilità di risorsa idrica, nel rispetto del DMV, nei periodi di magra estiva nel tratto interessato dalla Chiusa di Casalecchio del Consorzio del Canale di Reno
- avviare la riqualificazione dell'ecosistema fluviale attraverso il miglioramento dei seguenti aspetti:
 - mobilità laterale ed equilibrio geomorfologico
 - continuità laterale
 - continuità longitudinale
 - diversificazione morfologica
 - vegetazione riparia
- migliorare la sicurezza idraulica o non peggiorarla
- promuovere la fruizione del fiume attraverso il miglioramento dell'accessibilità/percorribilità e della percezione estetica del paesaggio

Si noti come l'obiettivo "Natura" sia organizzato utilizzando la stessa struttura (albero dei valori) impiegata per la caratterizzazione integrata relativamente all'ecosistema fluviale (FLEA); si sottolinea inoltre come il raggiungimento di alcuni dei sub-obiettivi che lo dettano può o meno essere in sinergia con gli altri obiettivi "non ambientali".

OBIETTIVO GENERALE	DESCRIZIONE OBIETTIVO GENERALE	ATTRIBUTI PRINCIPALI	ATTRIBUTI SECONDARI	DESCRIZIONE OBIETTIVO SPECIFICO
NATURA	favorire l'instaurarsi di dinamiche geomorfologiche ed ecologiche più naturali rispetto alla situazione attuale (questo si dettaglia mediante gli obiettivi specifici)	Qualità chimico-fisica	Condizioni generali qualità dell'acqua	migliorare la qualità dell'acqua
			Presenza di sostanze pericolose	diminuire la concentrazione delle sostanze pericolose
			Macroinvertebrati	permettere lo sviluppo di una comunità di macroinvertebrati in buone condizioni, come conseguenza del miglioramento degli habitat disponibili realizzabile perseguendo gli altri obiettivi
		Qualità biologica	Fauna ittica	permettere lo sviluppo di una comunità ittica in buone condizioni
		Qualità idromorfologica	Vegetazione terrestre	migliorare struttura, naturalità e copertura, ricreando un corridoio vegetale pressoché continuo lungo il fiume
			Regime idrologico	avvicinare maggiormente il regime a quello naturale, ricercando un nuovo compromesso con gli usi economico-produttivi
			Continuità fluviale	aumentare le aree di esondazione e la diversificazione morfologica della piana
			Mobilità laterale	aumentare le possibilità di divagazione morfologica del corso d'acqua
			Equilibrio morfologico	favorire lo stabilirsi di condizioni di equilibrio dinamico, come conseguenza del raggiungimento degli altri obiettivi geomorfologici

				Condizioni morfologiche	consentire il raggiungimento (o il mantenimento) di condizioni morfologiche prossime a quelle di riferimento, come conseguenza del perseguimento degli altri obiettivi
FRUIZIONE		<i>promuovere una fruizione sostenibile del fiume</i>			
RISCHIO IDRAULICO E IDROMORFOLOGICO		<i>ridurre (o non aumentare) il rischio idraulico e idromorfologico</i>			
USI ECONOMICO-PRODUTTIVI		<i>garantire usi economico-produttivi legati all'uso della risorsa idrica</i>			
RIDURRE I COSTI PER LA COLLETTIVITÀ		<i>individuare un assetto del corso d'acqua che minimizzi i costi di gestione del sistema</i>			

9 Linee d'azione

9.1 Identificazione delle linee di azione

Alla base dell'approccio multiobiettivo proposto nel presente documento, vi è la ricerca delle possibili sinergie tra le azioni che hanno obiettivi di diretto "interesse antropico" (in particolare quelle di riduzione del rischio idraulico e idromorfologico, ma anche le azioni volte ad ottenere acque di buona qualità per i diversi usi) e quelle che intendono migliorare gli ecosistemi naturali e, in particolare, quello fluviale.

I principi che stanno alla base della definizione delle linee d'azione per il fiume Reno, sono la necessità di riattivazione delle dinamiche naturali e la ricerca di linee d'azione multiobiettivo.

Alla luce di quanto emerso dalla caratterizzazione integrata e degli obiettivi che ne conseguono, possono ipotizzarsi alcune linee d'azione prioritarie per il fiume Reno, che vengono presentate di seguito suddivise in base all'obiettivo prevalente (natura, fruizione, ecc.), come riportato in Tabella 60; anche in questo caso, per l'obiettivo natura si riprende la struttura dell'albero dei valori dell'ecosistema fluviale.

Si sottolinea come molte delle linee d'azione possano servire anche per raggiungere altri obiettivi oltre a quelli principali dichiarati (ad esempio, migliorare il regime idrologico può servire anche per favorire la fruizione in termini di balneabilità e possibilità di pesca, ecc.).

La trattazione non intende essere esaustiva, ma vuole indicare la filosofia da seguire per cercare di sviluppare uno Schema Direttore quanto più possibile multiobiettivo; si riporta di seguito una descrizione sintetica delle linee d'azione più importanti e innovative ai fini del raggiungimento degli obiettivi dello SD.

OBIETTIVO GENERALE	ATTRIBUTI PRINCIPALI	ATTRIBUTI SECONDARI	LINEE D'AZIONE (e azioni corrispondenti)
<p>NATURA</p>	Qualità chimico-fisica	<p>Condizioni generali della qualità dell'acqua</p>	<p><u>Migliorare la qualità dell'acqua riducendo i carichi e aumentando la capacità di autodepurazione del territorio</u></p> <p>(b) Azioni contro l'inquinamento puntuale di origine civile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Miglioramento dell'efficacia depurativa degli impianti esistenti - Post-trattamento dei reflui di impianti esistenti, possibilmente mediante sistemi di fitodepurazione-zone umide - Interventi per ridurre il carico degli scolmatori delle reti miste e delle acque di prima pioggia, possibilmente mediante sistemi di fitodepurazione-zone umide - Aumento delle portate in alveo
	Qualità biologica	<p>Presenza di sostanze pericolose</p> <p>Macroinvertebrati</p>	<p>(b) Azioni contro l'inquinamento diffuso di origine agricola/zootecnica (comprese le aree agricole nella parte di bacino a monte del tratto dello SD)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasce Tamponate Boscate (FTB) - Buone pratiche agricole - Incremento dei controlli
	Qualità biologica	Macroinvertebrati	<p>si vedano le azioni per la qualità dell'acqua e la qualità idromorfologica</p>

	Fauna ittica	<p><u>Ripristinare la continuità longitudinale e favorire i processi per la creazione di habitat idonei</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - realizzazione di passaggi per pesci - eventuale rimozione di sbarramenti trasversali - si vedano le azioni per la qualità idromorfologica - interventi di gestione della fauna ittica, in particolare per il controllo delle specie alloctone - miglioramento del regime idrico (o almeno rispetto del DMV) 	
	Vegetazione terrestre	<p><u>Modificare la morfologia del corso d'acqua e forestare per migliorare lo stato della vegetazione terrestre</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - interventi puntuali di riforestazione/gestione (controllo di infestanti), sia in ambiti naturali che in ambito urbano (favorendo in quest'ultimo caso una fruizione "soft" e poco strutturata delle aree) (NOTA: si vedano le tavole delle diverse alternative per una ulteriore diversificazione in base all'intervento e la zona in cui applicarlo) - riconnesione al fiume della piana inondabile in modo da favorire il naturale sviluppo di vegetazione adatta alle nuove condizioni idriche (NOTA: come sopra) 	
	Regime idrologico	<p><u>Migliorare il regime idrologico, per coniugare le esigenze antropiche con quelle dell'ecosistema fluviale</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - politiche partecipate di gestione degli invasi di monte e dei prelievi ad uso irriguo ed industriale - buone pratiche negli usi irrigui e riconversione colturale per ridurre la domanda irrigua dei bacini serviti 	
	Qualità idromorfologica	<p><u>Riqualificare per migliorare stato morfologico e habitat (e per ridurre il rischio idromorfologico)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - aumento della dinamica morfologica dell'alveo - riqualificazione morfologico-idraulica delle golene 	
	Continuità fluviale		
	Mobilità laterale		
	Equilibrio morfologico		

		Condizioni morfologiche	<ul style="list-style-type: none"> - riqualificazione morfologico-idraulica della piana inondabile storica - connessione a nuova piana inondabile - connessione a zone umide presenti sulla piana inondabile - creazione di zone umide poste su piana inondabile
FRUIZIONE			<p><u>Migliorare lo stato dell'ecosistema fluviale per favorire la fruizione</u></p> <p>Si vedano le azioni per l'obiettivo natura, e in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - migliorare la qualità dell'acqua, non solo in termini ecologici ma anche considerando gli aspetti legati alla balneabilità (parametri microbiologici) - migliorare il regime idrologico (anche nell'ottica di ridurre i pericoli per la balneabilità legate alle variazioni troppo brusche del regime) <p><u>Linee d'azione specifiche per la fruizione</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - creazione di percorsi strutturati ciclo-pedonali posti ai margini delle aree inondabili - individuazione indicativa di un sistema di sentieri posti nei pressi dell'alveo, la cui localizzazione varia autonomamente in funzione dell'evoluzione del fiume nelle aree a questo deputate e dei nuovi percorsi individuati di volta in volta dai fruitori
RISCHIO IDRAULICO E IDROMORFOLOGICO			<p>Si vedano le azioni in <i>Qualità idromorfologica</i> che contribuiscono a questo obiettivo</p>
USI ECONOMICI-PRODUTTIVI			<p>Si vedano le azioni in <i>Regime idrologico</i></p>
RIDURRE I COSTI PER LA COLLETTIVITÀ			

9.1.1 Linea d'azione "migliorare la qualità dell'acqua riducendo i carichi e aumentando la capacità di autodepurazione del territorio"

(a) Azioni contro l'inquinamento puntuale di origine civile

9.1.1.1 Post-trattamento dei reflui di impianti esistenti mediante sistemi di fitodepurazione zone umide

L'applicazione di sistemi naturali costruiti (constructed wetlands) per il trattamento delle acque di scarico rappresenta ormai una scelta ampiamente diffusa nella maggior parte del mondo. Tali sistemi nel nostro paese sono comunemente chiamati di "fitodepurazione".

*Un sistema di **fitodepurazione** è in pratica un ecosistema umido artificiale, in cui le varie componenti (piante, animali, microrganismi, terreno, radiazioni solari) contribuiscono alla rimozione degli inquinanti presenti nelle acque di scarico.*

Esistono diverse tecniche di fitodepurazione (a flusso sommerso orizzontale, verticale e a flusso libero) ciascuna con sue specificità: la progettazione di un impianto, così come quella di un impianto di depurazione "tradizionale" è relativamente complessa e non può pertanto essere improvvisata.

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio (APAT) ha recentemente emanato delle *linee guida* che costituiscono il riferimento tecnico per la realizzazione di sistemi di fitodepurazione (<http://www.artecambiente.it/pdf/APAT.pdf>).

Gli impianti **SFS-h** (Sistemi a flusso sommerso orizzontale - Subsurface Flow System - horizontal) sono costituiti da una vasca impermeabilizzata riempita da un opportuno medium in cui vengono fatte crescere le piante, comunemente *Phragmites australis Trin. ex Steudel* (la cannuccia di palude).

Questi impianti devono il loro nome al percorso che compie l'acqua durante il trattamento: infatti, questa viene immessa ad un'estremità della vasca, scorre lentamente seguendo un percorso grossomodo orizzontale per poi raggiungere l'estremità opposta della vasca e abbandonare il sistema.

Durante il periodo di permanenza nell'impianto **il refluo non raggiunge mai la superficie**, restando mediamente 10-15 centimetri al di sotto della stessa.

Il refluo entra in contatto con microambienti differenti per contenuto di ossigeno, zone anaerobiche, zone anossiche e zone aerobiche, in prossimità delle radici delle piante, andando incontro ai vari fenomeni depurativi.

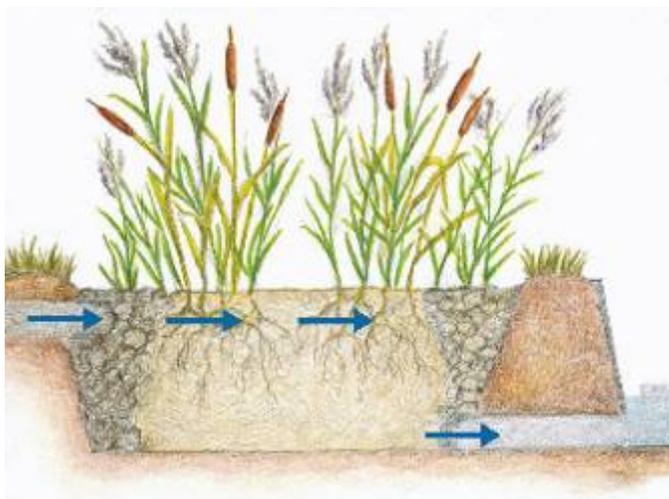


Figura 43 - Schema di un impianto SFS-h (Fonte: Iridra srl)

I sistemi **FWS** (Sistemi a flusso superficiale - Free Water Systems) consistono invece in vasche o canali, generalmente impermeabilizzati, dove **la superficie dell'acqua è esposta all'atmosfera** ed il suolo, costantemente sommerso, costituisce il supporto per le radici delle piante, siano esse sommerse o emergenti. In questi sistemi il flusso è orizzontale e il battente idraulico generalmente limitato a poche decine di centimetri. In questi sistemi i meccanismi di abbattimento riproducono esattamente tutti i fattori in gioco nel potere autodepurativo delle zone umide.



Figura 44 - Zona umida a valle di un impianto di depurazione (Toscana)

Una combinazione classica di queste due tipologie di sistemi è quella per cui l'acqua inquinata, proveniente da uno scarico non ancora depurato o da un depuratore, viene fatta passare attraverso una serie di vasche del tipo SFS-h e/o SFS-v (a flusso verticale), combinate tra loro a seconda delle finalità che si vogliono ottenere, e raggiunge infine la zona a flusso superficiale FWS, dove viene ulteriormente affinata prima di raggiungere il recettore finale dello scarico.

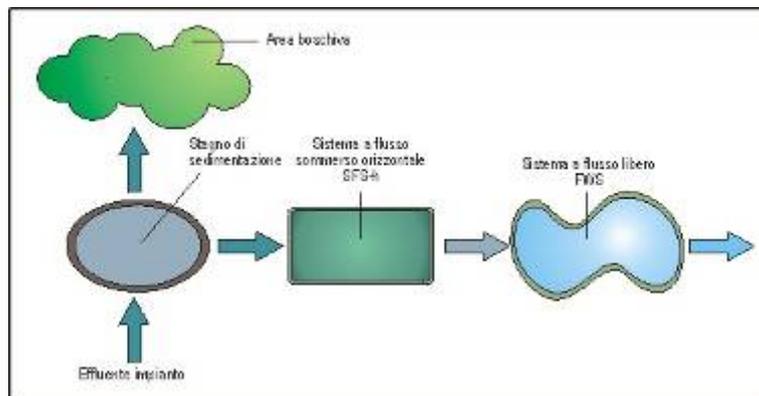


Figura 45 - Schema dell'impianto di affinamento di Jesi (Fonte: Iridra srl)



Figura 46 – Impianto di post-trattamento di Jesi (Fonte: Iridra srl)

La realizzazione di sistemi di fitodepurazione a valle degli impianti di depurazione convenzionali, permette di perseguire i seguenti obiettivi:

- affidabilità del trattamento depurativo, anche a fronte di considerevoli variazioni climatiche e del carico inquinante;
- riduzione dei macronutrienti azotati e fosfati;
- rimozione di sostanze pericolose quali ad esempio metalli pesanti e sostanze recalcitranti;
- livellamento degli eventi straordinari di inefficienze del trattamento depurativo esistente;
- minimizzazione degli impatti ambientali, sia per quanto riguarda il sistema di post-trattamento che gli scarichi emessi;
- realizzazione di un ecosistema umido con vantaggi a livello naturalistico, paesaggistico e didattico;
- possibilità di riuso delle acque trattate sia per utilizzo irriguo che industriale.

9.1.1.2 Interventi per ridurre il carico degli scolmatori delle reti miste e delle acque di prima pioggia

Gli impianti di fitodepurazione possono essere utilizzati anche per depurare le acque provenienti dagli scolmatori di piena e dai by-pass dei depuratori. Questi sistemi possono essere inseriti in aree periferiche e industriali contribuendo a riqualificare il paesaggio e migliorando la biodiversità.

Per gli schemi costruttivi si può far riferimento a quanto già presentato in relazione alla fitodepurazione applicata agli scarichi dei depuratori civili.

Nella figura seguente si presenta uno schema costruttivo realizzato *ad hoc* per trattare i reflui degli scolmatori di piena, che funziona sia come impianto a flusso orizzontale, durante i primi momenti di funzionamento, che a flusso verticale, sfruttando perciò le peculiarità di entrambi le tipologie costruttive, in modo da riuscire a trattare gli alti carichi in ingresso a tali impianti.

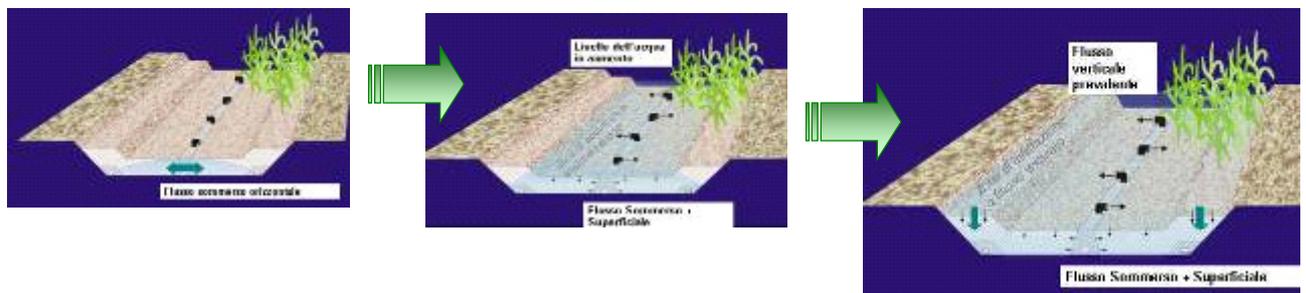


Figura 47 - Funzionamento di un sistema di fitodepurazione applicato agli scolmatori di piena (Fonte: Iridra s.r.l.)

Anche in questo caso, l'adozione di un sistema naturale piuttosto che la realizzazione di una semplice vasca di accumulo in cemento per contenere le acque di prima pioggia, apporta notevoli vantaggi ambientali e paesaggistici; si veda ad esempio in *Figura 48* un impianto realizzato in Toscana ed un altro in Germania, molto prossimo alle abitazioni e particolarmente apprezzato come polmone di biodiversità dai cittadini.



Figura 48 – A sinistra: impianto per il trattamento delle acque di prima pioggia in Toscana. A destra: impianto a flusso sommerso per il trattamento di scolmatori di reti miste (Germania)

(b) Azioni contro l'inquinamento diffuso di origine agricola/zootecnica

9.1.1.3 Fasce Tampone Boscate (FTB)

Cosa sono le Fasce Tampone

Le Fasce Tampone (FT) sono fasce di vegetazione erbacea, arborea ed arbustiva, generalmente, ma non necessariamente, poste lungo i corsi d'acqua del reticolo idrografico minore, in grado di agire come "filtri" per la riduzione di inquinanti che le attraversano, grazie a diversi processi:

- Assimilazione, trasformazione e immagazzinamento dei nutrienti presenti nel terreno;
- Ritenzione del sedimento e degli inquinanti ad esso adsorbiti;
- Azione di sostegno all'attività metabolica dei microrganismi presenti nel suolo

In generale le FTB sono in grado di svolgere la loro azione filtro su diverse tipologie di inquinanti:

Azoto. Sono efficaci nel ridurre i carichi di azoto nelle acque, ed in particolare in quelle presenti nella falda superficiale ipodermica.

La funzione svolta dalle fasce tampone nei confronti dell'azoto è duplice:

- ✓ una certa quantità di azoto viene assorbito attraverso gli apparati radicali e immagazzinato nella biomassa della pianta
- ✓ gli apparati radicali delle piante sostengono la comunità dei batteri denitrificanti

Fosforo. La riduzione del fosforo nelle acque è legata alla capacità delle fasce tampone di trattenere i solidi sospesi, su cui "viaggiano", adsorbiti, i sali di fosforo.

Trasporto solido. Il trasporto solido è un importante fattore di impatto, in particolare su alcuni corsi d'acqua come quelli di risorgiva, caratterizzati da acque molto limpide. La capacità delle fasce tampone di ridurre l'erosione del suolo e di conseguenza il trasporto solido è stata verificata in diversi casi. Le esperienze e gli studi realizzati hanno però messo in luce che, per garantire un'efficacia in questo senso, sono necessarie particolari attenzioni nella progettazione e nella gestione.

Pesticidi. Contribuiscono ad aumentare il tempo di permanenza delle acque prima che queste raggiungano il corpo idrico, favorendo così il processo dei composti di sintesi, in particolare quelli fosfo-organici che si decompongono piuttosto rapidamente.

Come funzionano le fasce tampone

Gran parte delle ricerche sui meccanismi di funzionamento delle fasce tampone hanno riguardato i due elementi più caratteristici dell'inquinamento diffuso: azoto e fosforo, dei quali si dà conto nei paragrafi che seguono.

Per quanto riguarda invece i solidi sospesi, i meccanismi di rimozione, sono relativamente semplici e ben conosciuti da tempo, si tratta sostanzialmente di meccanismi di filtrazione, adsorbimento e formazione di suolo.

Ovviamente molte variabili possono influenzare la capacità di rimozione di composti complessi quali gli antiparassitari e gli erbicidi, che di conseguenza mostrano rendimenti di rimozione molto diversi a seconda delle condizioni e dei composti considerati.

Schemi realizzativi

Le fasce tampone "classiche" sono fasce lineari poste al margine dei coltivi. Possono avere ampiezza molto variabile: da fasce erbacee o arbustive-arboree monofilare di 1-3 metri di ampiezza alle fasce

plurifilare, ai sistemi proposti da Lowrance et al (1995), strutturati in tre “sottofasce”: Fascia (1) zona adiacente al corso d’acqua formata da vegetazione naturale, (2) zona di vegetazione arborea a crescita controllata e (3) zona di vegetazione erbacea.

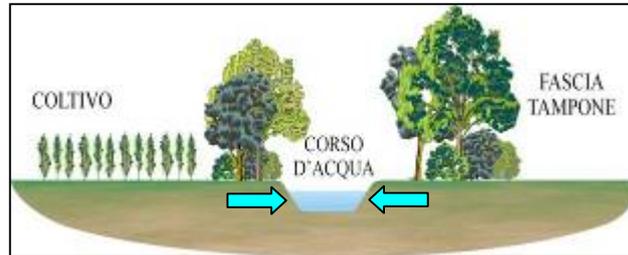


Figura 49 – FTB per il trattamento degli inquinanti veicolati tramite flusso sub-superficiale

Perché l’area tampone possa svolgere la funzione depurativa essa deve essere in grado di intercettare gli inquinanti: occorre quindi che sia attraversata da un flusso superficiale o sub-superficiale di acqua inquinata; l’azione di rimozione dell’azoto per assimilazione e denitrificazione avviene a livello della rizosfera, in uno strato attivo che interessa i primi metri al di sotto della superficie. La funzionalità del sistema dipende da diversi fattori: giocano un ruolo essenziale la permeabilità del suolo, la profondità della falda superficiale (e la relativa saturazione del suolo), il contenuto di carbonio, oltre che, ovviamente, la disponibilità di concentrazioni elevate di azoto nelle acque.

Per quanto riguarda i deflussi superficiali (da runoff) si è detto che la capacità di rimozione dipende dalla possibilità di intercettare i deflussi, evitando che si formino “canali preferenziali”. Per aumentare l’efficacia è possibile prevedere una struttura “composita” costituita da una fascia erbacea e da una siepe arboreo-arbustiva mono o bifilare.

Per migliorare l’effetto di rimozione degli inquinanti trasportati per via superficiale tramite runoff (su cui le fasce tampone sono scarsamente efficaci, in particolare per gli eventi meteorici intensi), è possibile prevedere una struttura più complessa, che preveda una sorta di canale di carico che corre tra il campo coltivato e la fascia tampone. Si costituisce così di fatto un sistema integrato di fitodepurazione-fascia tampone: il canale di carico (che viene rapidamente colonizzato da vegetazione acquatica) svolge la funzione di sedimentazione e fitodepurazione; l’acqua immagazzinata nel canale di carico filtra poi lentamente attraverso la fascia tampone per raggiungere il corpo idrico.

Tali sistemi possono quindi risultare utili non solo per trattare la frazione di sostanze azotate che giunge al corpo idrico per via superficiale, ma anche per il controllo dei composti del fosforo che si muovono appunto tramite runoff.

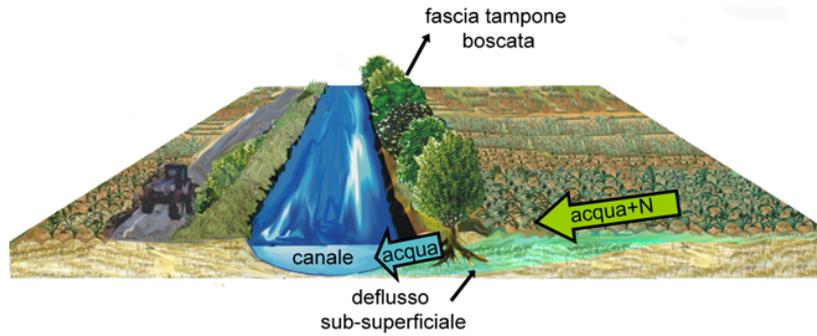


Figura 50 - schema progettuale di una FT per il trattamento dei carichi di N veicolati tramite deflusso sub-superficiale (Fonte: G.Conte, M.Monaci, B.Boz, D.Lenzi)

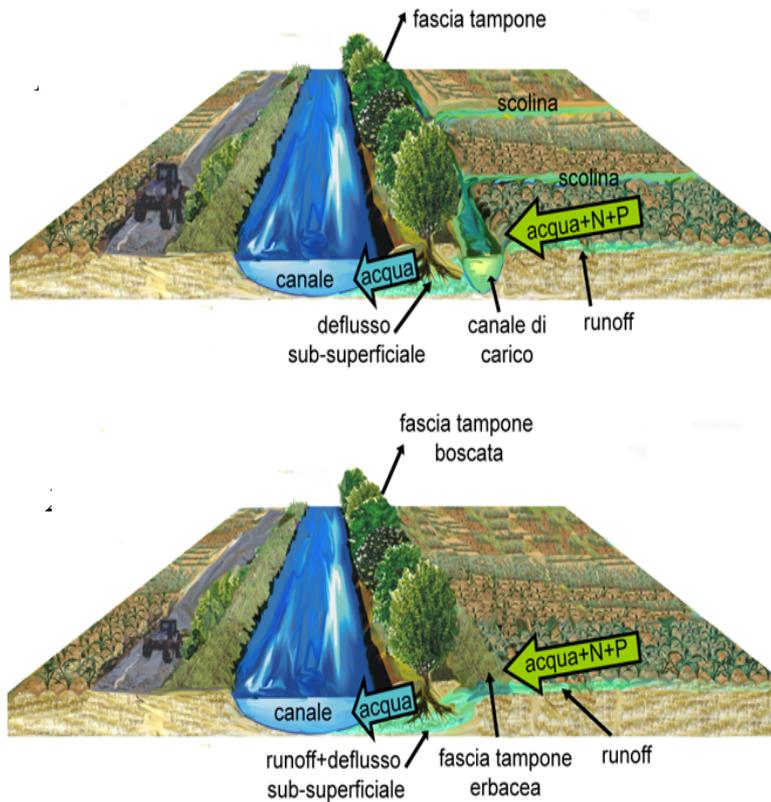


Figura 51 - schema progettuale con canale di carico (1) e con fascia erbacea (2) di una FT per il trattamento dei carichi di N e P veicolati tramite runoff (Fonte: G.Conte, M.Monaci, B.Boz, D.Lenzi)

Occorre però ricordare che, a tutt'oggi, non sono disponibili esperienze relative a fasce tampone così strutturate, per cui non è possibile fare previsioni quantitative sul miglioramento dell'efficacia di rimozione. Inoltre, bisogna tenere conto che un sistema di fascia tampone di questo tipo richiede un impegno maggiore, sia in termini di territorio occupato, che di lavoro necessario per la sistemazione del suolo. Risulta quindi una soluzione difficilmente praticabile su aree private, in mancanza di adeguati incentivi.

9.1.2 Linea d'azione "ripristinare la continuità longitudinale e favorire i processi per la creazione di habitat idonei"

9.1.2.1 Realizzazione di scale di risalita per pesci

I passaggi artificiali per pesci, sono opere di ingegneria idraulica destinate a consentire le migrazioni dell'ittiofauna, restituendo il "continuum" longitudinale al corso dei fiumi là ove interrotti da sbarramenti trasversali.

Visto il costo di questi interventi e il numero molto elevato di interruzioni presenti nel tratto di studio è importante giungere ad un ordine di priorità per la realizzazione delle opere.

Esistono in letteratura degli indici di uso pratico (vedi ad esempio Pini Prato, 2001). per la valutazione di priorità di intervento per singoli interventi alternativi o a livello di bacino.

Tali indici prendono in considerazione i seguenti fattori:

- a) lunghezza dei tratti di corso d'acqua da raccordare
- b) altezza degli sbarramenti esistenti
- c) presenza di specie ittiche e relative caratteristiche biologiche

Una volta stabilito un ordine prioritario di interventi è necessario procedere alla progettazione dell'opera.

Particolare attenzione deve essere posta nei riguardi della progettazione del passaggio, per evitare i frequenti malfunzionamenti; un approccio metodologico corretto si basa sostanzialmente sui seguenti passaggi chiave:

- indagine specifica sulla popolazione ittica, individuazione della/e specie da favorire (target), valutazioni sulle relative capacità natatorie ed individuazione del relativo periodo migratorio e riproduttivo;
- esame delle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua, prestando particolare attenzione all'analisi delle variazioni di portata e di livello a monte e valle dello sbarramento;
- scelta della tipologia di passaggio adatta per il contesto fluviale e biologico in esame;
- dimensionamento e progettazione del passaggio per pesci

Esistono molti tipi di passaggi artificiali per pesci; è possibile tuttavia raggrupparli convenzionalmente in 3 gruppi tipologici:

- passaggi "tecnici" (a bacini successivi, a fenditure verticali, a rallentatori -detti anche passaggi Denil);
- passaggi "close to nature" (rampe in pietrame che occupano parzialmente o totalmente la larghezza dell'alveo, by-pass) (si veda l'esempio di Figura 52);
- passaggi "speciali" (ascensori e chiuse per pesci, passaggi per anguille, passaggi attraverso tubazioni stradali).



Figura 52 - Passaggio artificiale “close to nature” per Salmonidi, sottotipologia rampa parziale, con l’utilizzo di massi e ciottoli reperiti in alveo, intasati di calcestruzzo; torrente Lima (PT). (Foto: E. Pini Prato)

9.1.3 Linea d'azione “*modificare la morfologia del corso d'acqua e forestare per migliorare lo stato della vegetazione terrestre*”

9.1.3.1 Interventi puntuali di riforestazione/gestione, sia in ambiti naturali che in ambito urbano

(a) Rigenerazione di un bosco ripario

Per la permanenza, lo sviluppo e la capacità di rigenerazione di un bosco ripario (o igrofilo) è essenziale che la piana sia periodicamente “disturbata” dalle piene, rinnovando gli apporti di acqua, sedimenti e sostanza organica. Pertanto, spesso, per favorire la rivegetazione delle fasce fluviali non si procede direttamente alla forestazione, ma piuttosto a creare le condizioni favorevoli alla rigenerazione spontanea di un bosco igrofilo ripario.

L'azione di rigenerazione si attua attraverso interventi di vario tipo che mirino a garantire le seguenti condizioni:

- garantire periodici allagamenti dell'area e mantenere per un certo periodo una lama d'acqua;
- favorire l'alternanza di periodi di sommersione ed emersione dell'area inondabile (fondamentale nella distribuzione dei semi e nell'attecchimento delle pianticelle);
- mantenere la presenza di siti aperti, poiché molte specie pioniere non tollerano la competizione (ombreggiamento);
- favorire l'esposizione a correnti di piena capaci di rimodellare il substrato, creando così un mosaico di condizioni pedologiche e quindi una grande varietà di opportunità per la rigenerazione;
- garantire la presenza di un “serbatoio di semi” lungo il corso d'acqua, quale un bosco igrofilo a valle o, ancora meglio, a monte.
- nelle aree infine, in cui la piana inondabile deve essere creata ex novo (restituendo al fiume terreno destinato ad altro uso) o necessita di interventi di escavazione per essere riconnessa al corso d'acqua, è necessario non livellare il terreno, ma piuttosto conferirgli rugosità, mediante la formazione di avvallamenti e rilievi.

(b) Imboschimenti naturalistici delle fasce riparie

Si tratta di impianti (prevalentemente arboreo/arbustivi) nelle fasce riparie, realizzati con il fine di:

- miglioramento naturalistico;
- recupero della funzionalità delle fasce fluviali;
- miglioramento paesaggistico/fruitivo.

Poiché l'obiettivo prevalente è il “miglioramento naturalistico” e il “recupero della funzionalità” della fascia riparia, i criteri progettuali base a cui ci si ispira sono essenzialmente:

- utilizzare specie autoctone e di pregio naturalistico privilegiando ove disponibili ecotipi locali;
- ricreare il più possibile la naturale successione vegetazionale;
- favorire la massima continuità vegetazionale;
- favorire, ove possibile e compatibilmente con la predisposizione dell'area e con le tipologie vegetazionali di riferimento, la massima diversità e complessità strutturale.

Qualora si voglia affiancare al “miglioramento naturalistico” la massimizzazione di una determinata “funzione della vegetazione” (ad esempio effetto tampone o corridoio ecologico), si andranno ad aggiungere altre valutazioni rispetto ai criteri generali sopra riportati (ad esempio inserimento di fasce erbacee per il controllo del runoff, la scelta di specie idonee ad una determinata specie animale, ecc..).

Tra gli imboschimenti naturalistici sono inclusi anche interventi su formazioni lineari quali:

- impianti di s...
- presenza spora
- impianto di
- arbustivi a con

salice e frassino) con
 m dalla sponda;
 con presenza di salici
 (10 m).

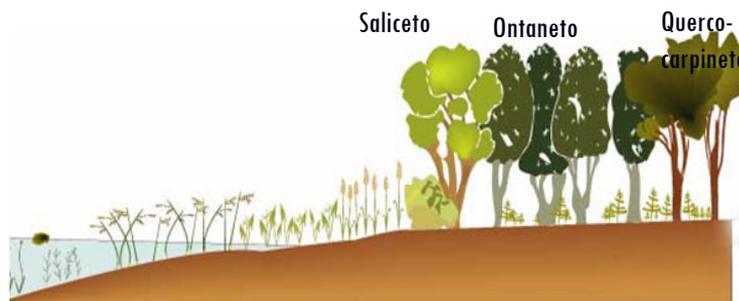


Figura 53 – Esempi di schemi progettuali

(c) Riqualificazione copertura forestale esistente

Dal punto di vista vegetazionale e floristico la situazione esistente lungo il tratto di Reno studiato è rappresentativa delle problematiche presenti in aree antropizzate: accanto a formazioni vegetazionali in buone condizioni, rappresentate essenzialmente da vegetazione ripariale, troviamo aree marginali abbandonate dall'agricoltura e soggette a colonizzazione da parte di specie esotiche o infestanti (robinia essenzialmente), lembi di boschi di latifoglie mesofite, boscaglie ripariali perturbate e impoverite da manutenzioni idrauliche e ingressioni di infestanti, alberate, filari e altre formazioni fortemente impoverite dalla semplificazione dei paesaggi agricoli.

In tali contesti siamo in presenza di potenzialità del territorio, cioè esiste la possibilità di elevare la qualità delle cenosi vegetazionali presenti con azioni antropiche orientate e mirate: si deve perciò prestare attenzione a salvaguardare le zone nelle quali le fitocenosi appaiono prossime allo stato di naturalità, ma sono possibili anche azioni di forte impatto (ad esempio tagli a raso con decapezzamenti per le infestanti, movimenti terra, ecc.) nelle zone dove è preponderante la presenza di vegetazione infestante.

Risulta di primaria importanza concepire una strategia di riqualificazione che non si limiti alla ricostruzione di un singolo elemento della successione vegetazionale, ma che piuttosto punti a garantire la presenza di tutte le diverse fasi in modo da garantirne una relativa dinamica.

Sono quindi da differenziare le azioni di intervento volte al miglioramento ed alla riqualificazione a seconda se previste a carico della vegetazione riparia o di quella planiziale.

Per la vegetazione ripariale igrofila è importante garantire la potenziale disponibilità dell'habitat (tramite dissodamenti, eliminazione infestanti concorrenti, modificazioni morfologiche del suolo) piuttosto che procedere a semina o piantagione diretta. Infatti, piante come ad esempio i salici od i pioppi, hanno una grande capacità di diffusione, arrivando a colonizzare greti e suoli vergini a distanze ampie.

In linea generale, le specie ripariali, eliofile a rapida crescita si spostano sino a grande distanza sfruttando il vento per i semi e pure capacità di propagazione agamica (da rami o tronchi fluitati dalla corrente), insediandosi su suoli grezzi, privi di copertura vegetale, soleggiati.

Su questo tipo di cenosi gli interventi da prevedersi dovranno quindi tendere a:

- valorizzare e conservare i boschi igrofili e la vegetazione ripariale, con il controllo e la riduzione della presenza di eventuali specie infestanti. Dove possibile saranno da preferirsi azioni di intervento a minor impatto come ad esempio il ricorso a tagli selettivi ripetuti per due o più stagioni con lo scopo di depotenziare e ridurre il vigore vegetativo delle infestanti, lasciando gli interventi più radicali (taglio raso e decapeamento) ai soli casi in cui i popolamenti si presentino fortemente infestati;
- limitare, compatibilmente con le esigenze idrauliche, i tagli di coltivazione e di manutenzione visto che presenza di esemplari deperienti, morti in piedi o dominati non inficia, ma anzi incrementa, la valenza naturalistica di tali formazioni;
- privilegiare, nella scelta delle tecniche di intervento in ambito fluviale, il ricorso all'ingegneria naturalistica, le cui tecniche prevedono sempre l'utilizzo di materiale vivo, spesso da talea, che costituiranno sul breve periodo formazioni riparie a salicacee (pioppi e salici).

Per la vegetazione planiziale si deve considerare che presenta specie che possono avere capacità di allontanamento, e quindi capacità di diffusione, dalla pianta madre assai limitate: le querce, per esempio, si diffondono per semplice effetto della gravità che dissemina le ghiande in prossimità della pianta madre (o per diffusione zoocora quando talpe e altri animali traslocano le ghiande all'interno delle loro tane poi dimenticandosene). In linea generale le specie di pregio, disperdono con difficoltà il seme (nucule, o comunque frutti pesanti sia pur alati come le samare dei frassini) progredendo lentamente nella colonizzazione, in quanto richiedono suoli evoluti, ricchi di sostanza organica, freschi, come si ritrovano in prossimità del bosco.

Conseguentemente per la vegetazione arborea ed arbustiva propria delle formazioni planiziali la priorità è essenzialmente quella di garantire una permeabilità diffusa (reticolare), sfruttando zone marginali e aree di incolto non più utilizzate dall'agricoltura per costruire robusti nuclei di propagazione (riforestando, reintroducendo specie oggi assenti, creando nuove siepi plurispecifiche) e potenziando il sistema reticolare di siepi e filari che si spingono entro i coltivi, al fine di consentire una potenziale autodisseminazione futura delle specie di pregio nelle aree incolte, rinaturalizzate o marginali che esistono sul fondo valle.

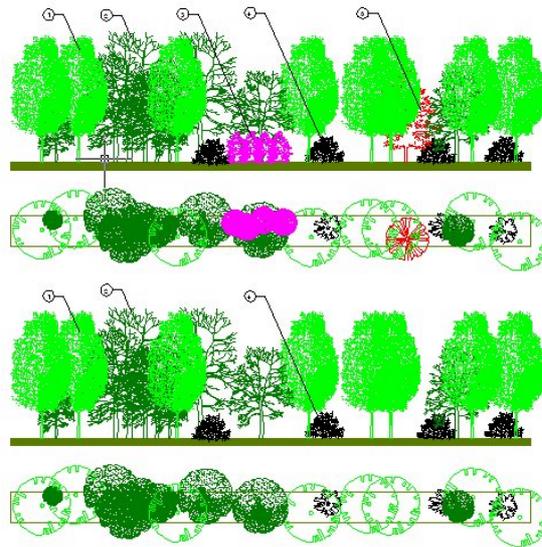


Figura 54 – Eliminazione delle specie infestanti. In rosso: robinie o altre infestanti arboree . In magenta: budleja o altre infestanti arbustive (Fonte: Studio Associato Elementi - “Interventi di riqualificazione del Parco della Bosca” lungo il fiume Adda)

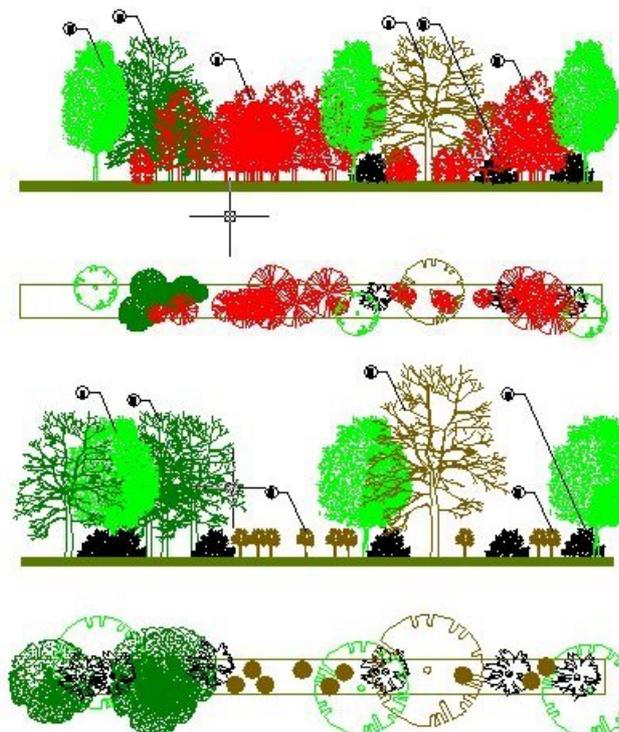


Figura 55 - Eliminazione delle specie infestanti. In rosso: robinie o altre infestanti arboree . In magenta: budleja o altre infestanti arbustive (Fonte: Studio Associato Elementi - “Interventi di riqualificazione del Parco della Bosca” lungo il fiume Adda)

9.1.4 Linea d'azione “migliorare il regime idrologico, per coniugare le esigenze antropiche con quelle dell'ecosistema fluviale”

In questa linea d'azione ricadono tutti quegli interventi che mirano a modificare l'attuale regime idrico nell'alveo del Reno, allo scopo di riavvicinarlo al regime di riferimento, ovvero a quello che si avrebbe in assenza di alterazioni antropiche. I possibili interventi sono sostanzialmente di due diverse tipologie: da un lato quelli finalizzati alla riduzione dei prelievi idrici (in termini complessivi o relativi ad alcuni periodi critici), dall'altro quelli che mirano ad intervenire sulla regolazione delle portate, ovvero sulla gestione dei serbatoi.

Il primo gruppo a sua volta contiene azioni significativamente diverse tra loro:

- azioni che hanno lo scopo di adeguare gli effettivi prelievi alle concessioni, quindi obbligo di strumenti di misura e incremento dei controlli (nel tratto in esame è ad esempio il caso della derivazione del Canale del Maglio); in alcuni casi vi è inoltre la necessità di adattare strutturalmente le opere di presa, per garantire l'effettivo prelievo della quantità concessa;
- revisione delle concessioni, da affiancare a misure (tecniche, finanziarie, amministrative) per la riduzione della domanda (con strumenti e "spazio di azione" diversi a seconda che si tratti di usi irrigui, industriali, o idropotabili), sempre supportate da un'analisi quantitativa della domanda stessa: non sono infatti infrequenti i casi in cui l'attuale domanda effettiva è sensibilmente inferiore alla concessione e in cui pertanto è possibile ridurre quest'ultima senza che la soddisfazione della domanda idrica degli utenti debba essere modificata; significative in questo senso sono le analisi effettuate nell'ambito dello *Studio per la determinazione del DMV sperimentale nel bacino idrografico del Fiume Reno* relative ai prelievi irrigui.

Nel secondo gruppo le azioni da sviluppare nella pratica, che comunque influiscono sulle modalità di gestione di invasi e serbatoi, possono risultare significativamente diverse a seconda dell'aspetto del regime a cui si riferiscono, che si tratti ad esempio, di limitare l'hydropeaking giornaliero, oppure di rivedere la modulazione stagionale delle portate, o la gestione degli invasi durante gli eventi di piena.

Va sottolineato che, se si escludono i citati interventi "a costo zero" -di riduzione di concessioni oggi sovradimensionate-, ogni intervento di riallocazione delle risorse idriche, che generalmente avviene tra diversi usi conflittuali, dovrebbe essere affrontato il più possibile a scala di bacino e tramite un processo partecipato, valutando esplicitamente e in modo trasparente gli effetti sui diversi attori in gioco (fiume incluso) per tutte le alternative prese in considerazione, facendo riferimento a scenari pertinenti (in termini di cambiamento climatico, costo dell'energia, evoluzione dei prezzi agricoli, ecc.). Si tratta di fatto di estendere l'approccio multi-criterio del presente lavoro agli interventi di revisione degli usi dell'acqua.

Il primo passo è ovviamente quello di integrare e approfondire la conoscenza del sistema (ovvero delle portate derivate, rilasciate e in alveo), almeno colmando le lacune più evidenti, in modo da raggiungere un livello sufficiente per supportare le decisioni da prendere (si veda Par.6.1.5).

Tra le più interessanti esperienze italiane in tal senso si citano il Progetto Verbano (Soncini Sessa, 2004) e il recente progetto TwoLe (www.twole.info), in cui sono stati sviluppati un software e una metodologia, inclusi indicatori di valutazione e modelli causa-effetto, a supporto della pianificazione e gestione a scala di bacino, focalizzati in particolare sulla gestione delle portate in alveo.

Tra le azioni già ora messe in campo dalla Provincia di Bologna per affrontare la criticità del regime idrico, si cita la progettazione e realizzazione del “Rimodellamento di una zona di ex-cava per il sostegno

del regime idrico e la riqualificazione ambientale di un tratto del fiume Reno a monte della Chiusa di Casalecchio, in Località Valle del Reno/Laghi del Maglio, in Comune di Sasso Marconi”.

Con questo invaso, che sarà denominato Invaso del Maglio (e alla cui progettazione ha dato un supporto tecnico specialistico anche il CIRF), si intende invasare acqua durante la stagione invernale per rilasciarla in alveo a compensare il deficit di portata rispetto al DMV.

Entrando nello specifico di altre possibili azioni da mettere in atto sul fiume Reno, è d’obbligo citare l’azione prioritaria che occorrerebbe per affrontare le sofferenze del Reno a valle della Chiusa di Casalecchio, che consiste in una più corretta modulazione dei prelievi da parte del Consorzio di gestione della Chiusa, così da poter rispettare il DMV come da normativa vigente (si vedano le considerazioni espresse al Par. 6.1.5); i contributi rilasciati dal costruendo invaso potranno apportare un contributo che si affianca all’azione prioritaria citata.

Inoltre, contemporaneamente al rinnovo della concessione di derivazione del Canale del Maglio (che sarà discussa nel breve periodo), andranno ridiscussi i termini del suo funzionamento, al fine di adeguare (ridurre) la portata massima derivabile a quella che è l’attuale e reale esigenza di utilizzo, ristrutturando l’opera di presa al fine di dotarla di organi di manovra che consentano di regolare la portata effettivamente derivata, attrezzandola con strumenti di misura che consentano di monitorare costantemente la portata in alveo, quella derivata e, conseguentemente, il rispetto del DMV (si vedano le considerazioni espresse al Par. 6.1.5).

9.1.5 Linee d'azione "Riqualificare per migliorare stato morfologico e habitat (e per ridurre il rischio idromorfologico)"

Questa linea d'azione mira a migliorare direttamente lo stato ecologico del corso d'acqua recuperando una condizione morfologica più naturale; lo fa, tuttavia, anche indirettamente, in quanto tenta di recuperare le dinamiche geomorfologiche naturali, fondamentali nel processo di creazione e mantenimento di habitat.

In relazione a questa linea d'azione sarà di primaria importanza mettere in luce eventuali sinergie con l'obiettivo di riduzione del rischio idraulico e idromorfologico, ovvero azioni che, migliorando l'ecosistema, contribuiscano ad esempio ad aumentare l'area a disposizione per l'espansione/laminazione delle piene o a ripristinare eventuali squilibri nel bilancio dei sedimenti a scala di bacino.

La linea d'azione qui illustrata intende mettere in pratica uno dei pilastri della filosofia della riqualificazione fluviale (si veda a tale proposito il Manuale del CIRF citato in bibliografia): si ritiene infatti che in molti casi sia possibile e preferibile restituire al corso d'acqua almeno parte della sua dinamica naturale morfologica ed idraulica, al fine di ottenere benefici in termini di rischio idraulico e di gestione del dissesto morfologico, piuttosto che proseguire nella logica di sottrazione di spazio al fiume e di artificializzazione dell'alveo. In sostanza, si ritiene che spesso permettere al fiume di divagare nell'ambito di una fascia di mobilità funzionale sia più conveniente, anche dal punto di vista economico, che continuare ad intervenire con opere che bloccano questa dinamica, anche in siti, ad esempio molte aree agricole, dove il valore soggetto a possibile danno può essere inferiore al costo dell'intervento stesso; allo stesso modo, aumentare quanto possibile gli spazi per esondare e laminare le piene è in genere una politica di lungo termine più conveniente che costringere i corsi d'acqua entro argini sempre più alti e continui lungo il percorso.

Le linee d'azione specifiche che dettagliano la linea d'azione generale, sono riferite a differenti porzioni del fiume, come indicato nella seguente tabella; possono poi essere realizzate mediante numerose azioni (anche comuni a più di un ambito fluviale), di alcune delle quali si presenta una breve descrizione.

Si sottolinea che tutti gli interventi proposti di seguito dovranno essere realizzati con progressione (come insegna l'esperienza della riqualificazione del fiume Drava, in Austria, più volte citata nel seguito), al fine di non innescare dinamiche incontrollate e non desiderate.

Che si decida di lasciar evolvere spontaneamente il fiume verso la propria condizione di equilibrio, o ancora più che si decida di intervenire attivamente per favorire questo processo di ri-equilibrio, risulta necessario aumentare la conoscenza dei processi morfologici in atto sul Reno, sviluppando un'appropriata analisi morfologica che, sulla base di indagini di campo e simulazioni numeriche, permetta di riconoscere le caratteristiche della morfologia d'equilibrio (tipo di morfologia -braided o wandering- larghezza e profondità medie della sezione, pendenza e sinuosità dell'alveo) e confermare quanto ipotizzato nel presente studio nella fase di caratterizzazione.

Tabella 61 – Prima colonna: linee d'azione relative alla linea d'azione generale "Riqualificare per migliorare stato morfologico e habitat (e per ridurre il rischio idromorfologico)". Seconda colonna: porzioni del corso d'acqua in cui si applicano le linee d'azione. Terza colonna: azioni che possono mettere in pratica le linee d'azione

Linee d'azione	Ambito fluviale di applicazione	Possibili azioni per l'implementazione delle linee d'azione
<i>Aumento della dinamica morfologica dell'<u>alveo</u></i>	Aree zonizzate dal PTCP come ALVEO ATTIVO	- Ampliamento di sezione tramite ricalibratura del canale - Eliminazione di difese spondali - Creazione di canali secondari
<i>Riqualificazione morfologico-idraulica delle <u>golene</u></i>	Aree zonizzate dal PTCP come ALVEO ATTIVO ma dotate di una dinamica idraulica-geomorfologica-ecologica riconducibile ad una golena	<u>(a) Intervento diretto per creare la morfologia voluta:</u> - Abbassamento localizzato della golena e riconnessione con l'alveo attivo - Creazione di canali secondari - Diversificazione morfologica <u>(b) Intervento indiretto per favorire la creazione naturale della morfologia e dei processi</u>
<i>Riqualificazione morfologico-idraulica della <u>piana inondabile storica</u></i>	Aree interessate da dinamiche del fiume a partire dal 1884, ad esclusione dell'alveo attivo così come indicato dal PTCP	- Creazione di canali secondari - Abbassamento della piana - Eliminazione di argini o setti - Diversificazione morfologica
<i>Connessione a nuova <u>piana inondabile</u></i>	Aree mai interessate dalle dinamiche del fiume a partire dal 1884	- Abbassamento della nuova piana inondabile
<i>Connessione a zone <u>umide poste su piana inondabile storica</u></i>	Aree interessate dalle dinamiche del fiume a partire dal 1884	- Creazione di canali di connessione - Eliminazione di argini o setti
<i>Creazione di zone <u>umide su piana inondabile storica</u></i>	Aree interessate dalle dinamiche del fiume a partire dal 1884	

9.1.5.1 *Aumento della dinamica morfologica dell'alveo*

Le forme di fondo e planimetriche dei corsi d'acqua, la loro evoluzione temporale –con i connessi fenomeni di erosione delle sponde– sono manifestazioni intrinseche del corso d'acqua e non sono di per sé espressione di instabilità.

La presenza delle forme di fondo è causa della variabilità della velocità, del tirante e della tessitura dei sedimenti d'alveo, tutti fattori fondamentali per assicurare la presenza dell'ampio ventaglio di organismi acquatici tipico dei corsi d'acqua. Parallelamente l'evoluzione planimetrica dell'alveo presiede alla formazione e al mantenimento del tipico mosaico dell'ambiente ripariale e golenale, costituito da formazioni vegetali a diversi gradi di maturazione della successione ecologica, da quelle pioniere che si trovano sulle barre e lungo le sponde del canale attivo, a quelle più mature di bosco planiziale umido nei punti da più lungo tempo non interessati dalla dinamica fluviale.

Le modificazioni intervenute nell'uso del suolo a scala di bacino, e le escavazioni in alveo dei passati decenni hanno pesantemente impattato sul Reno, determinandone una significativa incisione (riducendo ciò che era piana alluvionale ad un terrazzo), restringimento dell'alveo e modifica della morfologia dell'alveo da braided a monocorsuale in molti tratti priva anche delle tipiche forme di fondo (barre alternate).

In vari tratti il Reno sta manifestando una tendenza ad evolvere verso una nuova condizione di equilibrio, con ampliamento della sezione, comparsa delle forme di fondo, e manifestazione di una morfologia di tipo transizionale con possibilità che a regime evolva verso una di tipo braided. Questa tendenza va considerata come positiva e da assecondare ma in alcuni tratti stenta a prendere piede, forse per una eccessiva incisione dell'alveo e la contemporanea presenza di vegetazione ripariale sulle sponde che ne rallenta l'erosione e il conseguente ampliamento dell'alveo.

Per accelerare questa evoluzione dell'alveo verso una nuova condizione di equilibrio dinamico, con tutti i benefici ambientali conseguenti, soprattutto nei tratti in cui questa non si è ancora innescata, si possono prevedere diversi tipi di intervento, come la rimozione delle difese spondali, l'ampliamento della sezione mediante ricalibratura del canale tramite scavo ed asportazione di sedimenti, l'apertura di rami secondari, che possono servire per aumentare l'allagabilità di aree depresse discoste dall'alveo (al fine di creare boschi ripariali) e per innescare fenomeni di erosione ed ampliamento della sezione, ecc. .

- Ampliamento di sezione tramite ricalibratura del canale

L'ampliamento della sezione mediante ricalibratura del canale con scavo ed asportazione di sedimenti permette un parziale recupero dell'incisione, legata soprattutto all'aumento di sinuosità dell'alveo e quindi alla riduzione della sua pendenza (Figura 56 e Figura 57).

Almeno due sono i motivi che indirizzano verso questo processo di ri-aggradamento dell'alveo:

- ripristinare la connessione idraulica tra l'alveo e le aree circostanti affinché recuperino il loro carattere originale di piana inondabile (che nei climi temperati viene allagata con tempi di ritorno di 2-3 anni), con benefici sia di carattere ecologico che idraulico (aumento capacità di laminazione);
- elevare il piano di falda (nel tratto in esame il Reno drena la falda) aumentando conseguentemente la riserva idrica



Figura 56 – Ampliamento dell'alveo mediante ricalibratura del canale – Fiume Drava (Austria)

- Eliminazione di difese spondali

L'intervento consiste nell'eliminazione delle difese spondali, ottenuta mediante rimozione diretta oppure tramite abbandono della loro manutenzione, così da indurre la rimozione da parte dello stesso fiume; nel caso di presenza di vegetazione spondale in tratti in cui si ritiene utile favorire l'evoluzione planimetrica dell'alveo, si può prevedere la rimozione della vegetazione che naturalmente si è sviluppata sulle sponde (compresa l'eradicazione delle ceppaie) per favorirne l'erosione.

L'azione della corrente sulle sponde non più protette favorisce la riattivazione delle dinamiche geomorfologiche (erosione e deposizione, divagazione laterale, ecc.) e la creazione di forme fluviali tipiche di un corso d'acqua in buono stato geomorfologico, nonché di habitat diversificati (si veda Figura 57).

Le sponde costituiscono inoltre un'eccezionale riserva di sedimenti e i processi di arretramento delle stesse (erosione), favorendo l'alimentazione di sedimenti, sono da considerarsi positivi per il riequilibrio di alvei incisi o in incisione.

Si vedano come esempio le immagini seguenti, tratte dal caso del fiume Drava, in Austria, dove la rimozione delle difese spondali è stata dettata dalla necessità di aumentare il trasporto solido per evitare la destabilizzazione delle opere presenti in alveo (ponti, strade, ecc.).

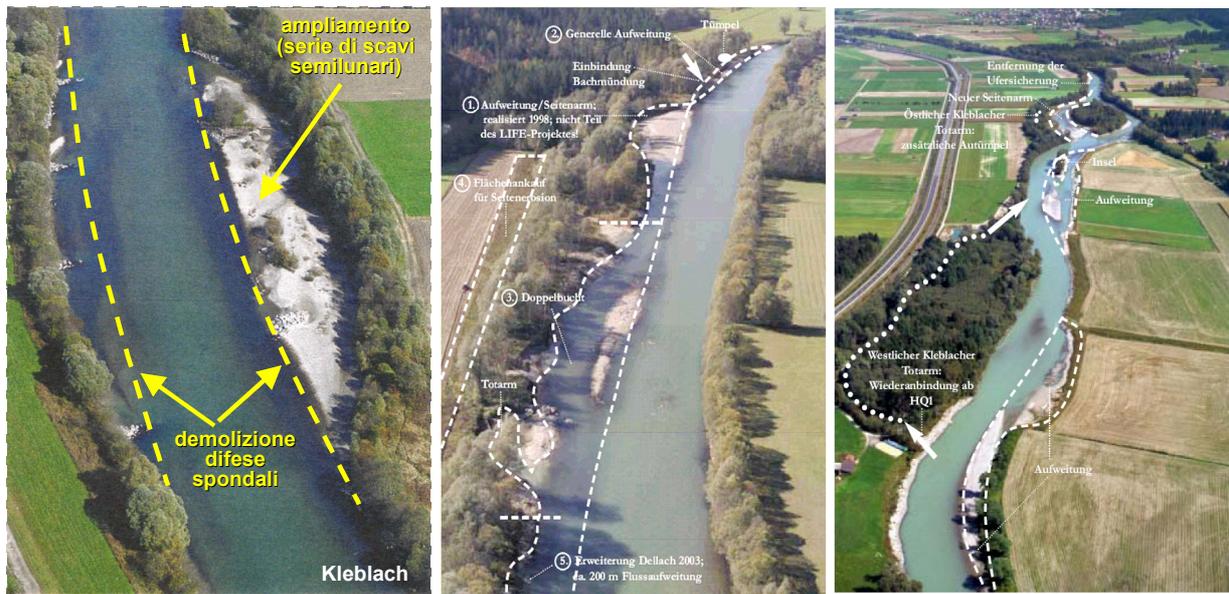


Figura 57 - Nella Drava (Austria), a causa del confinamento tra difese spondali in massi, l'alveo ha subito una progressiva incisione che, scalzando le difese stesse, comportava continui costi di manutenzione, non sostenibili a lungo termine. Sono state così gradualmente smantellate le difese spondali e ampliato l'alveo, in modo da rallentare la corrente e indurre la sedimentazione, contrastando così l'incisione.

Tale azione è stata intrapresa a livello internazionale non solo per motivi geomorfologici o ecologici, ma anche per favorire la fruizione del fiume, trasformandolo da corso d'acqua banalizzato e disconnesso dal paesaggio circostante a fiume dall'aspetto e dalle dinamiche più naturali, maggiormente apprezzato dai suoi fruitori. Un esempio particolarmente significativo è quello del fiume Isar che scorre a Monaco di Baviera (Figura 58 e Figura 58), quindi in ambito urbano, per il quale la rimozione delle difese spondali e la riattivazione delle dinamiche morfologiche ha permesso di incrementare notevolmente la godibilità del parco fluviale urbano, oltre che a ristabilire condizioni più naturali nel fiume.



Figura 58 - Fiume Isar a Monaco di Baviera: viene ridato spazio al fiume e favorita la formazione di un tracciato più diversificato e fruibile arretrando le difese. Si noti la neo-formazione di barre interne al meandro.



Restoration of rivers and floodplains in Bavaria

31



Fig. 3: Isar after restoration in the city of Munich

Figura 59 - Fiume Isar a Monaco di Baviera prima e dopo l'intervento: aumentano la godibilità del fiume e l'apprezzamento da parte dei cittadini

- Creazione di canali secondari

Si veda il seguente Par. 9.1.5.2.

9.1.5.2 *Riqualificazione morfologico-idraulica delle golene*

Come ricordato in Tabella 61, la linea d'azione considerata si riferisce alle aree classificate dal PTCP come alveo attivo, che sono pertanto inondate abbastanza di frequente, ma dotate di una dinamica idraulica-geomorfologica-ecologica riconducibile ad una golena.

La linea d'azione si pone come obiettivo lo sviluppo di nuove dinamiche evolutive nelle golene del fiume Reno; a seconda dei casi, queste potranno essere sede del nuovo alveo a canali intrecciati (per il tratto a monte della chiusa di Casalecchio) o *wandering* (nel tratto cittadino del fiume Reno), tipologie assunte nel presente studio come stato di riferimento tipologico verso cui tendere, oppure di aree ribassate inondabili con una certa frequenza occupate, ad esempio, da un bosco umido allagabile, da zone umide perenni o temporanee, ecc. .

Tali strutture e tali processi possono essere realizzati mediante intervento diretto, così da creare la morfologia voluta, oppure favorendo la loro creazione naturale, mediante opportuni interventi di input delle dinamiche naturali.

Non risulta però possibile definire a priori quale strada intraprendere, né le azioni specifiche da realizzare, scelta che potrà essere effettuata solo in funzione dei risultati di apposite indagini geomorfologiche, topografiche, idrologiche ed idrauliche.

(a) Intervento diretto per creare la morfologia voluta

- *Abbassamento localizzato della golena e riconnessione con l'alveo attivo*

L'azione consiste nello scavo di parte della golena così da creare localizzate bassure allagabili con maggior frequenza rispetto alla situazione di partenza, che potranno essere colonizzate dalla flora adatta alle diverse condizioni che potrebbero instaurarsi, tipiche ad esempio delle zone umide permanenti (i cui livelli oscillano in funzione della frequenza delle piene), degli specchi d'acqua soggetti a periodiche siccità, dei boschi umidi allagabili, ecc. .



Figura 60 – Diversificazione morfologica di una golena mediante scavo di una zona umida laterale

- Creazione di canali secondari

Alcune delle golene del Reno sono ora interessate dai soli fenomeni di inondazione, senza che questi diano vita ad un'evoluzione morfologica della piana inondabile; è allora possibile ipotizzare la creazione diretta di uno o più canali secondari del fiume, attivabili da piene con tempi di ritorno differenziati, così da favorire il formarsi di una tipologia nuovamente a canali intrecciati o wandering a seconda del tratto di fiume in studio.

L'intervento può avere lo scopo di aumentare l'allagabilità di aree depresse discoste dall'alveo (al fine di creare boschi ripariali) e di innescare fenomeni di erosione ed ampliamento della sezione.

Si vedano a tal proposito gli interventi mostrati in Figura 61 ed in Figura 62, relativi rispettivamente al fiume Obere Mur e al fiume Drava in Austria.



Ubersicht des aktivierten Seitengerinnes (Mai 2006)

Figura 61 – Creazione di un canale secondario nel fiume Obere Mur in Austria



Figura 62 - Creazione di un canale secondario nel fiume Drava in Austria

- *Diversificazione morfologica*

Nel caso in cui la golena sia connessa al corso d'acqua ma banalizzata dal punto di vista ecologico, può rendersi necessario realizzare alcune azioni di diversificazione morfologica, al fine di favorire lo sviluppo di processi evolutivi e la creazione di habitat.

Il riferimento ideale a cui tendere è rappresentato in Figura 63.

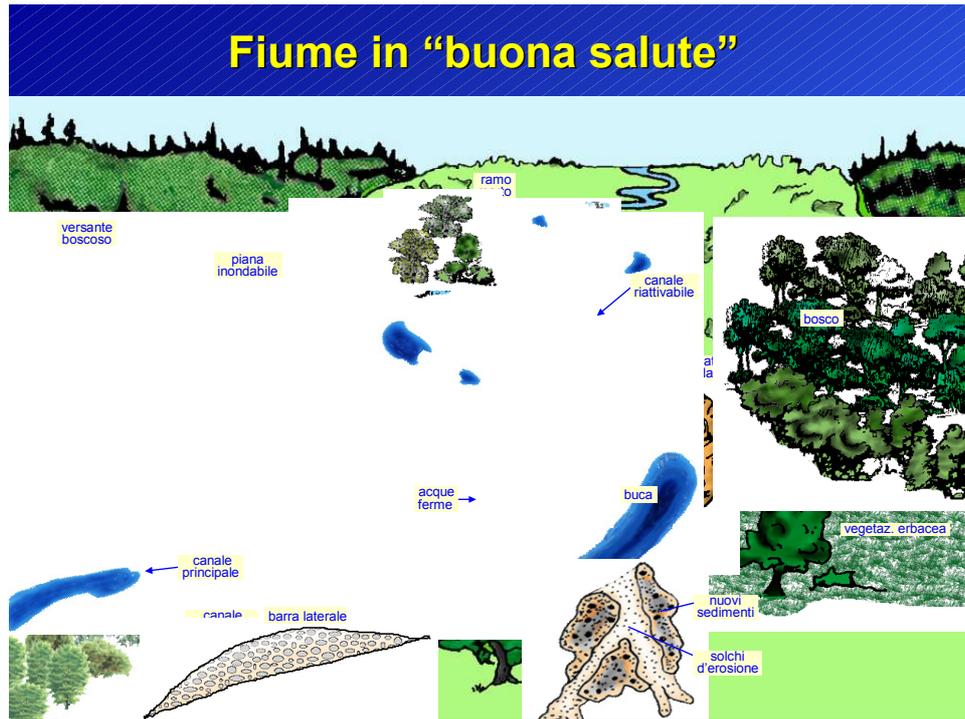


Figura 63 – Esempio di piana (o golena) diversificata a livello morfologico ed ecologico

Un esempio di intervento è rappresentato concettualmente nella figura seguente: l'area in sinistra idrografica è interessata da un bosco frammisto a prati e attraversato da un piccolo canale alimentato direttamente dal fiume.

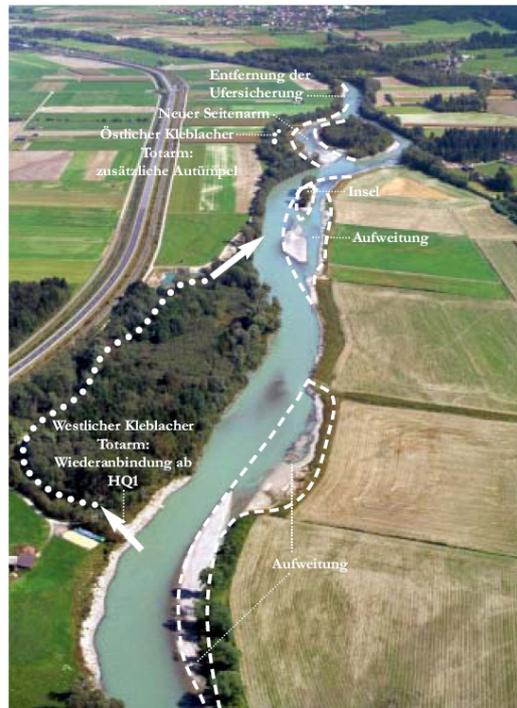


Figura 64 – Diversificazione morfologica delle aree limitrofe al corso d'acqua. Fiume Drava (Austria)

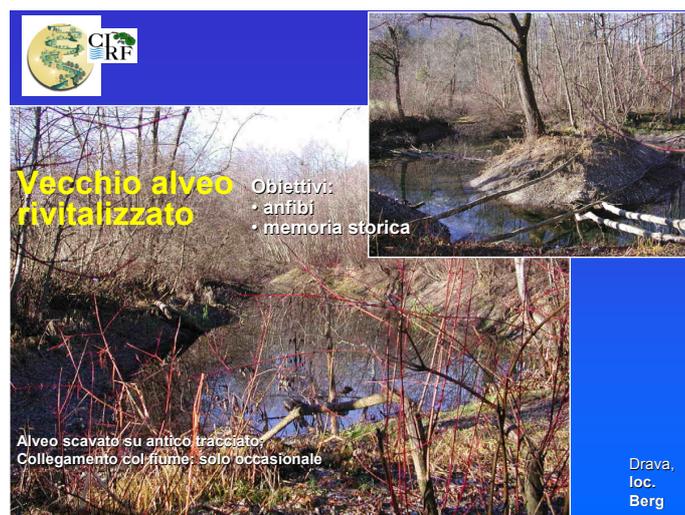


Figura 65 – Rivitalizzazione delle golene – Esempio concettuale: Fiume Drava - Austria

9.1.5.3 *Riqualificazione morfologico-idraulica della piana inondabile storica*

Le aree potenzialmente interessate dalla presente linea d'azione (si veda Tabella 61) sono state utilizzate storicamente dal fiume (ad esclusione dell'alveo attivo, interessato da altre linee d'azione); possono quindi presentarsi due casi principali:

- aree inondabili con tempi di ritorno superiori ai 5-10 anni (corrispondenti alla definizione di alveo attivo)
- aree non più inondabili, nemmeno da piene con tempi di ritorno di 200 anni a monte della Chiesa di Casalecchio e di 100 anni a valle (come modellizzato dall'Autorità di Bacino del fiume Reno)

Nel primo caso la riqualificazione della piana può consistere in una "semplice" diversificazione morfologica, oppure nell'abbassamento del piano campagna per favorire un'inondazione più frequente e l'avvio di dinamiche morfologiche; nel secondo caso l'azione prevede una riconnessione al fiume delle aree storicamente occupate, così da ottenere un aumento dei volumi invasabili in caso di piena, oltre ai vantaggi ambientali dovuti alla riqualificazione del sito.

In entrambi i casi si può ottenere un aumento delle superfici inondabili ed un rallentamento della corrente, che possono apportare benefici in termini di rischio idraulico, seppur per il momento non quantificabili, a valle dell'intervento, grazie all'aumento della capacità di laminazione delle piene.

A causa dell'incisione subita dal fiume Reno, molte delle aree perifluviali che inizialmente avevano un carattere di piana inondabile sono diventati dei terrazzi, ovvero si è ridotta considerevolmente la frequenza delle loro inondazioni e si è abbassato il piano di falda. Conseguentemente si è ridotta in modo drastico l'estensione delle corrispondenti formazioni forestali (in cui, ad esempio, è elevata la presenza di ontano), che sopravvivono in corrispondenza di alcune aree di cava abbandonate.

Per recuperare dal punto di vista ecologico tali aree di piana inondabile non è sufficiente realizzare un loro rimboschimento con le essenze caratteristiche, ma devono essere ripristinate anche le caratteristiche idrologiche della piana (profondità della falda e frequenza allagamenti) mediante le azioni proposte di seguito.

- Creazione di canali secondari

Si veda il Par.9.1.5.3.

- Abbassamento della piana

Nei casi in cui la piana inondabile storica del Reno sia disconnessa dal fiume, è possibile ipotizzare un intervento di abbassamento della golena mediante scavo e asportazione del materiale (vendibile parzialmente per pagare l'intervento, ma utile soprattutto come fonte di sedimenti da reimmettere in alveo per riequilibrare la situazione di incisione del fiume).

L'azione prevede la creazione di una nuova piana inondabile mediante abbassamento delle aree limitrofe all'alveo (si veda la figura seguente).

L'intervento punta a raggiungere diversi obiettivi, in particolare:

- creazione di nuove condizioni di equilibrio geomorfologico, eliminando le situazioni di eccessiva incisione/sedimentazione

- riattivazione della dinamica geomorfologica e conseguente creazione naturale di nuovi habitat
- aumento di sezione negli alvei incisi, così da permettere il rallentamento delle acque e la sedimentazione, in modo che si inverta la tendenza all'incisione e si formi di nuovo un materasso ghiaioso ove questo sia stato completamente eliminato
- riequilibrio sedimentologico, grazie all'immissione di (parte) dei sedimenti scavati per creare la nuova piana inondabile nei casi di alvei fortemente incisi

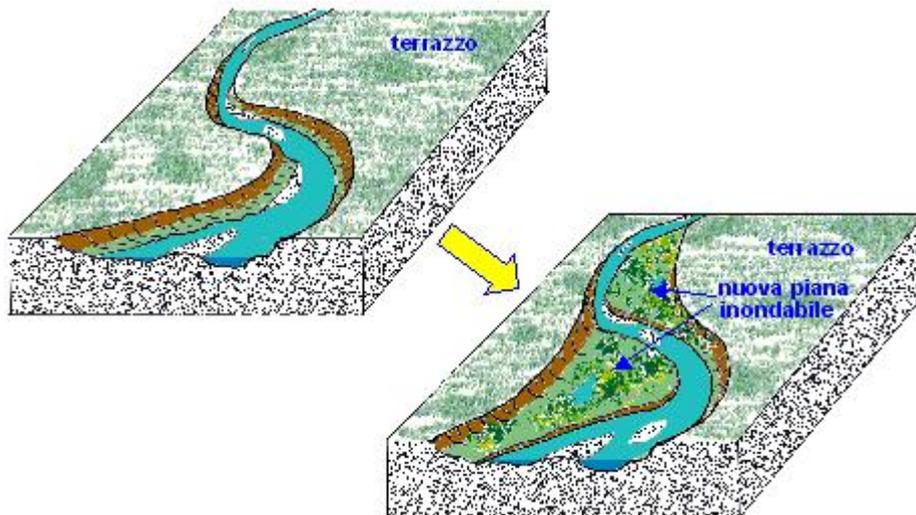


Figura 66 – Creazione di una nuova piana inondabile mediante scavo dei terrazzi ora disconnessi

Un metodo di progettazione applicabile è quello dell'alveo a due stadi (Figura 67), il quale consiste nel creare (o ricreare) una sezione composta da un alveo a due (o più) livelli (si veda la figura): un primo stadio (livello inferiore) per accogliere le portate abituali (di magra e di morbida) e le piene più frequenti (con tempo di ritorno 2-3 anni) ed un secondo stadio adiacente (livello superiore) destinato ad accogliere le piene maggiori. In pratica si cerca di ricreare una porzione di pianura inondabile (floodplain) adiacente all'alveo di primo stadio (bankfull channel).

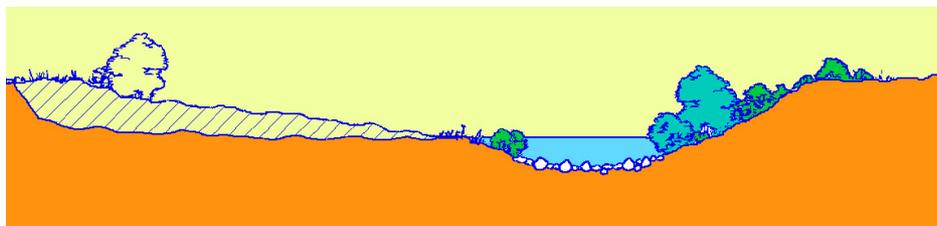


Figura 67 - Concetto di progettazione di un alveo a due stadi (two stage channel design), mediante scavo di terreni spondali (area in tratteggio) e lasciando il più possibile indisturbato l'alveo attuale. La quota della nuova piana inondabile così realizzata va progettata al livello dell'alveo a piene ripe; l'alveo di primo stadio (quello attuale, a quota inferiore) è destinato a contenere la portata dominante, mentre il (nuovo) alveo di secondo stadio va dimensionato per la portata di piena scelta dal progetto.

- Eliminazione di argini o setti

Lungo il tratto di Reno in studio non sono presenti argini veri e propri, quanto piuttosto alcuni setti in terra che funzionano però come dei veri e propri argini, isolando la piana dall'alveo attivo, in tutto (ovvero anche nel caso di piene duecentennali) o in parte (permettendo inondazioni solo per tempi di ritorno superiori ai 25-30 anni).

In questo caso è possibile aumentare il grado di connessione eliminando il setto, così da rendere inondabili con maggior frequenza le suddette aree.

In alcuni casi la connessione potrebbe portare alla creazione di boschi allagabili o zone umide, oppure all'interessamento dell'area dalle dinamiche morfologiche.

- Diversificazione morfologica

Si veda il Par. 9.1.5.2.

9.1.5.4 *Connessione a nuova piana inondabile*

- Abbassamento della nuova piana inondabile

In alcuni casi è possibile aumentare lo spazio disponibile per il fiume andando a connettere aree che sin dalle carte del 1884 non risultano essere state interessate dal corso d'acqua; tale azione risulta particolarmente indicata nei casi in cui siano state sottratte altre aree un tempo appartenenti al Reno e non vi sia la possibilità di recuperarle.

Le azioni adottabili sono le stesse del Par. 9.1.5.4 relativamente all'abbassamento della piana.

9.1.5.5 *Connessione a zone umide presenti sulla piana inondabile*

- Creazione di canali di connessione

Le zone umide presenti nella piana ma isolate dal corso d'acqua, possono essere riconnesse allo stesso mediante la creazione di canali di connessione, come rappresentato nella figura seguente.

Tale azione richiede un attento studio degli effetti ecologici e geomorfologici, nonché di quelli sulle acque di falda che eventualmente affiorano in superficie nella zona umida.



Übersicht der fertig gestellten Maßnahme St.Peterer-Au
(nach Hochwasserereignis, Mai 2006)



Umsetzungsmaßnahme St. Peterer-Au

Figura 68 - Creazione di canali di connessione a zone umide presenti nella piana inondabile – Fiume Obere Mur - Austria

- Eliminazione di argini o setti

Si veda il Par. 9.1.5.3.

9.1.5.6 Creazione di zone umide sulla piana inondabile

Si veda il Par. 9.1.5.2., Figura 60.

10 Strumenti di pianificazione in atto

Si riportano di seguito gli estratti delle tavole relative ai principali strumenti di pianificazione in atto sul fiume Reno: PTCP, PAI, Rete Natura 2000; per quanto riguarda i PSC, si rimanda al paragrafo successivo (si veda l'alternativa ALT 1).

10.1 PTCP – Vincolo idrogeologico

Legenda

-  Perimetro dei bacini montani (artt.6.9 e 6.10)
-  Limiti delle Unità Idromorfologiche Elementari (U.I.E.)
Bacino del fiume Reno (art.6.1)
-  Limiti delle Unità Idromorfologiche Elementari (U.I.E.)
Bacino del fiume Po (art.6.1)
-  Aree dei terrazzi e dei conoidi ad alta o elevata vulnerabilità dell'acquifero
(Zona di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei) (artt.5.3 e 5.4)
-  Sorgenti (art.5.3)
-  Pozzi idropotabili (art.5.3)
-  Perimetrazione degli abitati da consolidare o trasferire (art.6.12)

Aree sottoposte a perimetrazione e zonizzazione:

-  **n.** Aree a rischio di frana e n. di scheda (art.6.2)
-  **A n.** Ulteriori U.I.E. e n. di scheda (art.6.2)
-  **n. P** Aree del bacino del fiume Po e n. di scheda (art.6.2)

Zonizzazione delle aree perimetrate:

-  zona 1 - area in dissesto (artt.6.3, 6.6 e 6.7)
-  zona 2 - area di possibile evoluzione del dissesto (artt.6.4, 6.6 e 6.7)
-  zona 3 - area di possibile influenza del dissesto (artt.6.4, 6.6 e 6.7)
-  zona 4 - area da sottoporre a verifica (artt.6.5, 6.6 e 6.7)
-  zona 5 - area di influenza sull'evoluzione del dissesto (artt.6.6 e 6.7)

Rischio da frana:

-  U.I.E. a rischio molto elevato - R4 (art.6.8)
-  U.I.E. a rischio elevato - R3 (art.6.8)
-  U.I.E. a rischio medio - R2 (art.6.8)
-  U.I.E. a rischio moderato - R1 (art.6.8)

Attitudini alle trasformazioni edilizie e urbanistiche:

-  U.I.E. non idonee ad usi urbanistici (art.6.9)
-  U.I.E. da sottoporre a verifica (art.6.9)
-  U.I.E. idonee o con scarse limitazioni ad usi urbanistici (art.6.9)

Elementi a rischio (artt. 6.2 e 6.8)

-  Centri e nuclei abitati, insediamenti industriali e artigianali, allevamenti e trasformazione di prodotti agricoli, previsioni urbanistiche, cimiteri, beni architettonici, autostrade, strade statali e strategiche, ferrovie, acquedotti, gasdotti, rete fognaria, depuratori, discariche

 Confine provinciale

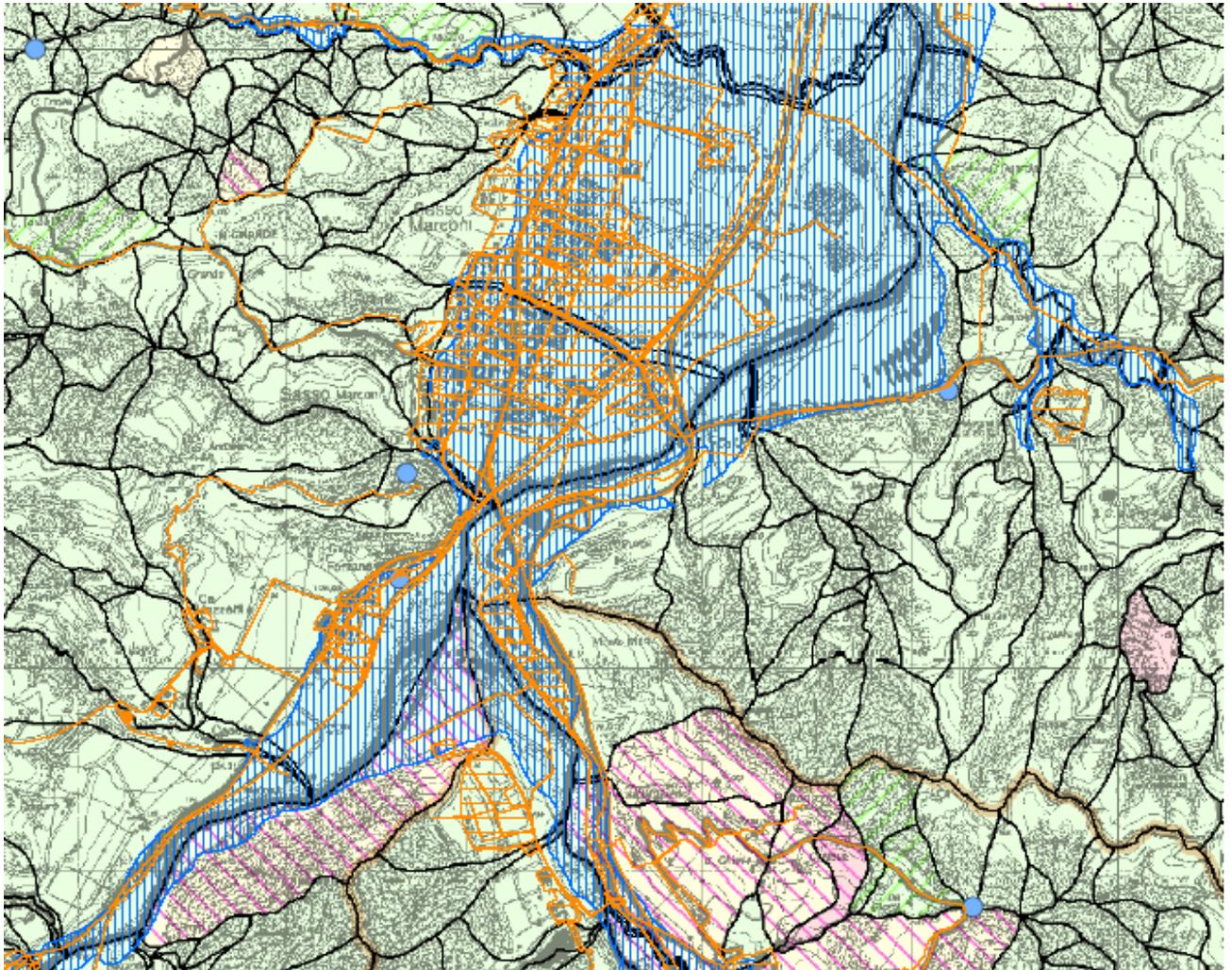


Figura 69 - Quadro 1

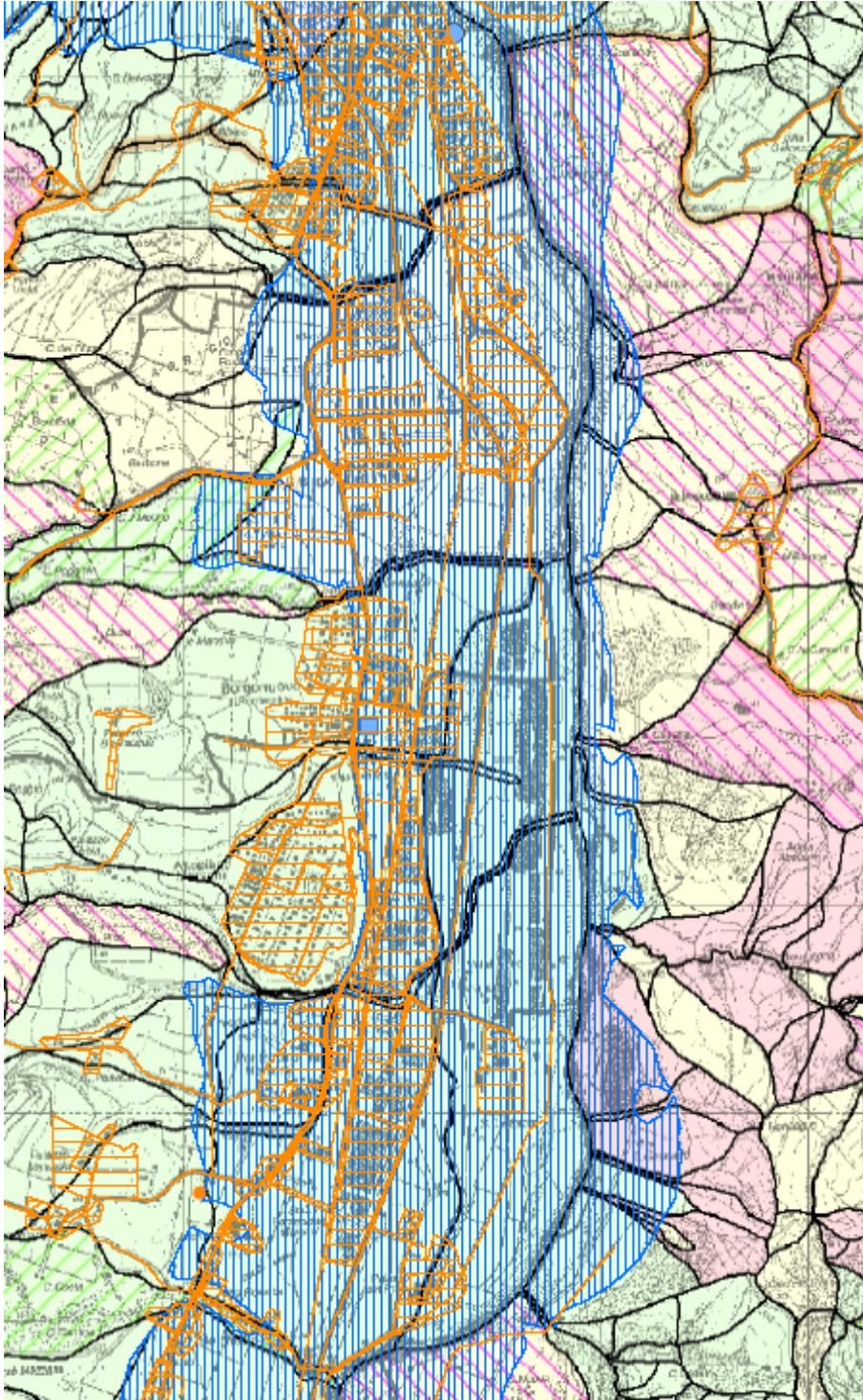


Figura 70 - Quadro 2

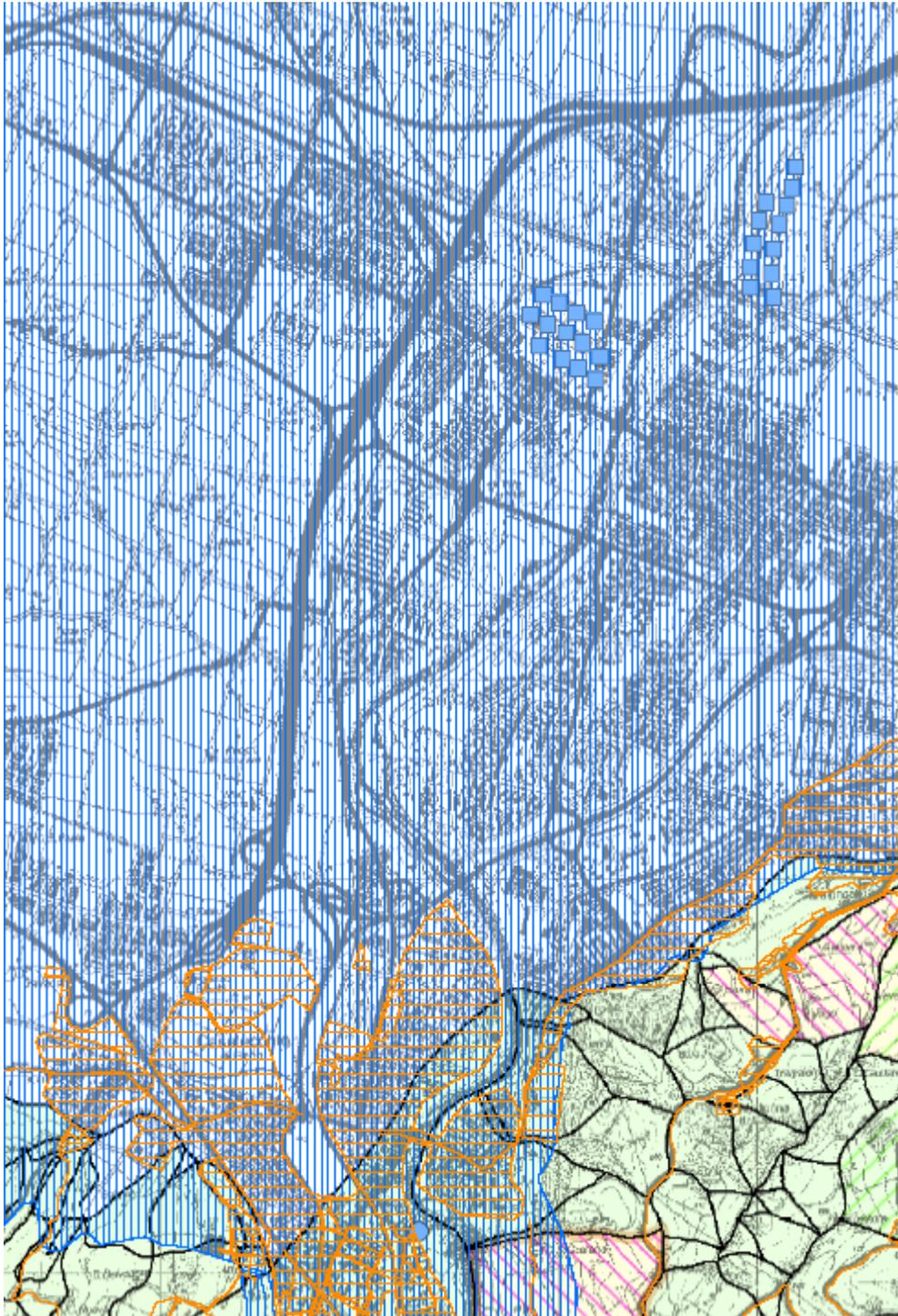


Figura 71 - Quadro 3

10.2 PTCP – Reti ecologiche

Legenda

Rete ecologica di livello provinciale

-  Nodi ecologici semplici (art. 3.5)
-  Nodi ecologici complessi (art. 3.5)
-  Zone di rispetto dei nodi ecologici complessi (art. 3.5)
-  Corridoi ecologici (art. 3.5)
-  Connettivo ecologico diffuso (art. 3.5)
-  Connettivo ecologico di particolare interesse naturalistico e paesaggistico (art. 3.5)
-  Connettivo ecologico diffuso periurbano (art. 3.5)
-  Aree per interventi idraulici strutturali con potenzialità di valorizzazione ecologica (art. 4.6)
-  Direzioni di collegamento ecologico (art. 3.5)
-  Area di potenziamento della rete ecologica (art. 3.5)
-  Varchi ecologici (art. 3.5)

Progetto di tutela, recupero e valorizzazione delle aste fluviali (art. 4.7)

-  A Fiume Reno dalla confluenza del Setta alla cassa di Campotto - Valle Santa
-  B Fiume Reno e Torrente Silla fra Ponte della Venturina, Silla e la confluenza del Setta
-  C Torrente Savena da Pianoro alla confluenza con l'Idice
-  D Torrente Idice dal Parco dei Gessi a Budrio
-  E Torrente Sillaro nel tratto del comune di Castel S. Pietro
-  F Torrente Santerno da Castel del Rio a valle di Imola
-  G Torrente Sellustra
-  H Torrente Samoggia

Interferenze tra rete ecologica ed assetto insediativo del PTCP (art. 3.5)

-  Interferenze con aree urbanizzate e aree pianificate
-  Interferenze con poli funzionali
-  Interferenze con principali ambiti produttivi e insediamenti dismessi o di possibile dismissione
-  Interferenze con ambiti produttivi di rilievo sovracomunale suscettibili di sviluppo
-  Interferenze con ambiti produttivi di rilievo sovracomunale consolidati
-  Interferenze con infrastrutture ferroviarie esistenti e di progetto
-  Interferenze con infrastrutture viarie esistenti
-  Interferenze con infrastrutture viarie di progetto

Elementi per le politiche attive del territorio rurale di pianura

-  Ambiti agricoli a prevalente rilievo paesaggistico (di pianura) (art. 11.8)

Elementi di base

-  Sistema insediativo (Tit. 9 e 10)
-  Ferrovie (art. 12.4)
-  Autostrade di progetto: corridoio per il nuovo passante nord (artt. 12.9 e 12.11)
-  Confini provinciali
-  Confini comunali
-  Fiumi principali extraprovinciali
-  Strade PTCP (artt. 12.8, 12.9, 12.10 e 12.11)
-  Autostrade
-  Tangenziale
-  "Grande rete" della viabilità di interesse nazionale/regionale
-  Rete di base di interesse regionale
-  Viabilità extraurbana secondaria di rilievo provinciale e interprovinciale
-  Viabilità extraurbana secondaria di rilievo intercomunale
-  Principali strade urbane da qualificare
-  Principale viabilità urbana di penetrazione e distribuzione
-  Viabilità locale (art. 12.8)

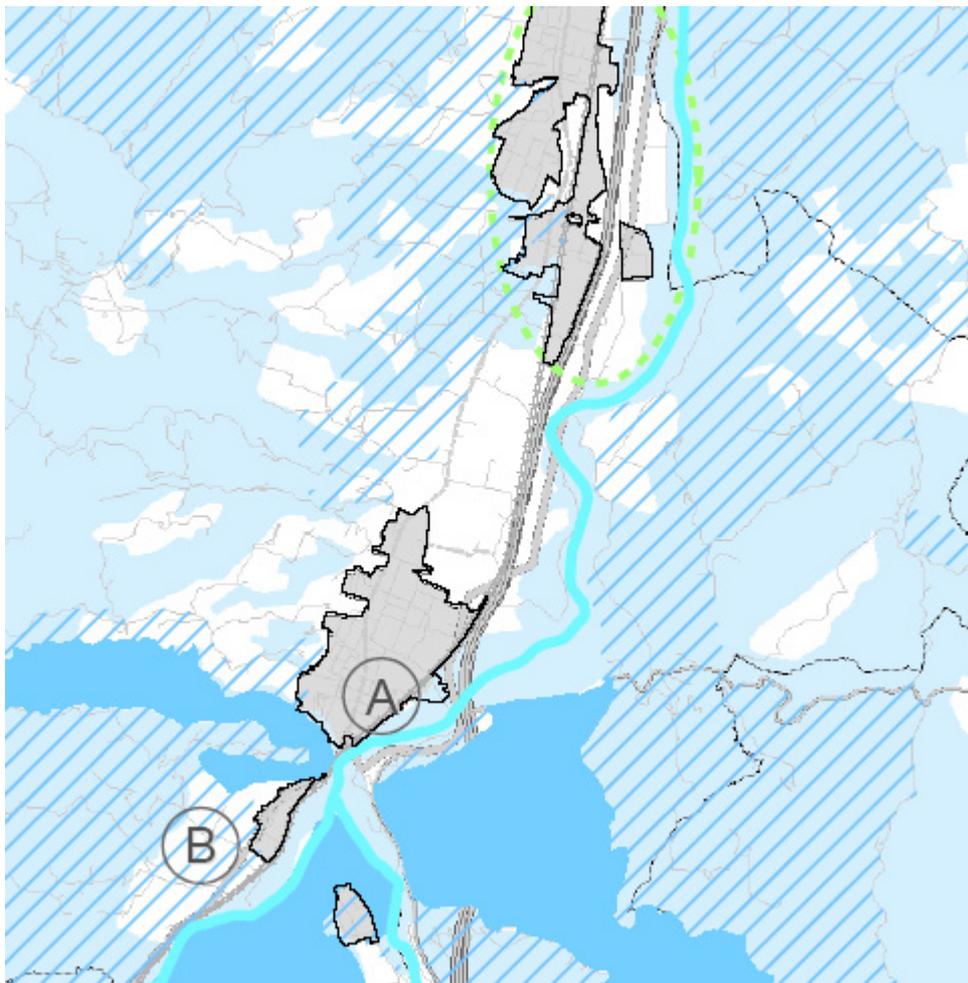


Figura 72 - Quadro 1

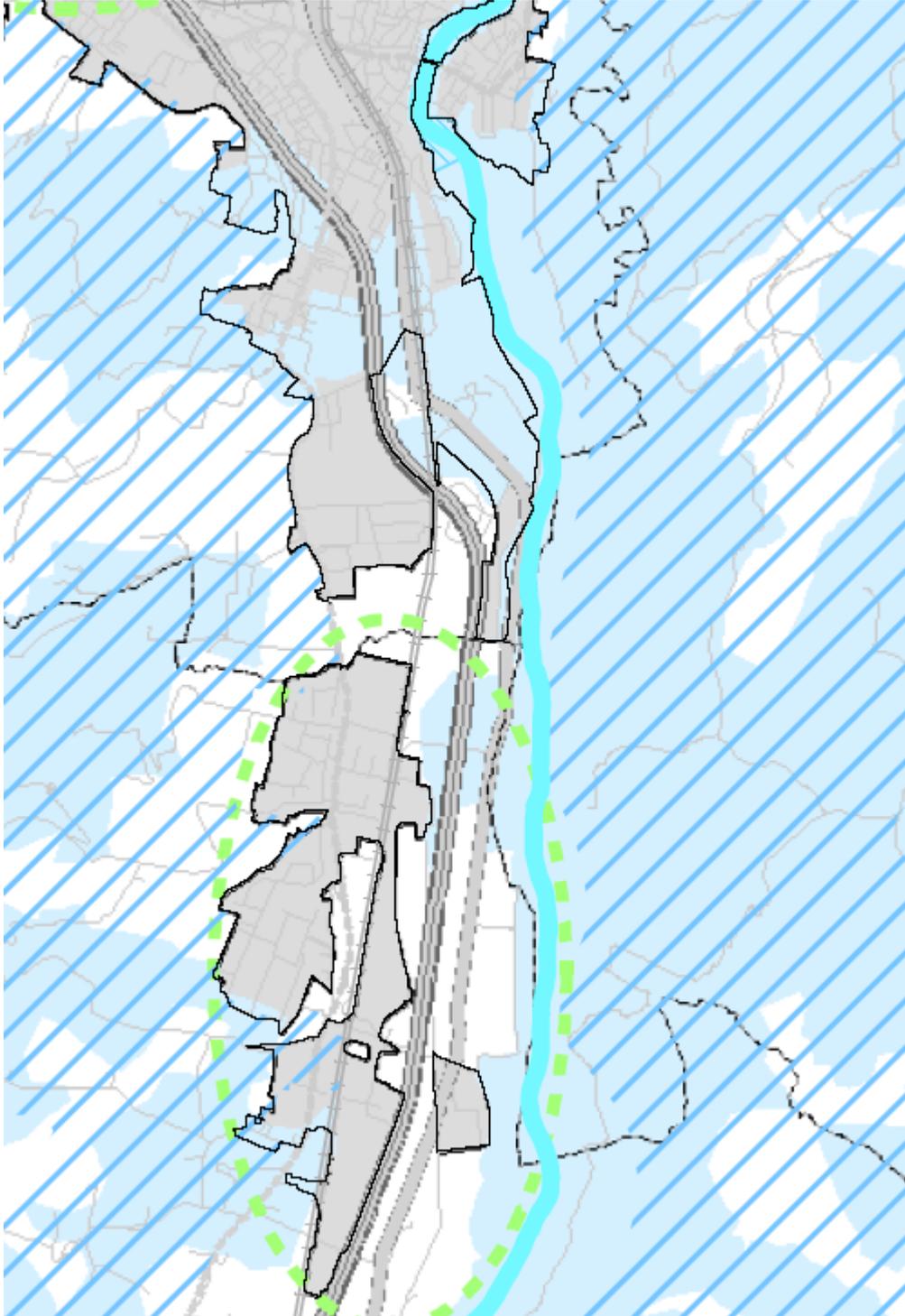


Figura 73 - Quadro 2

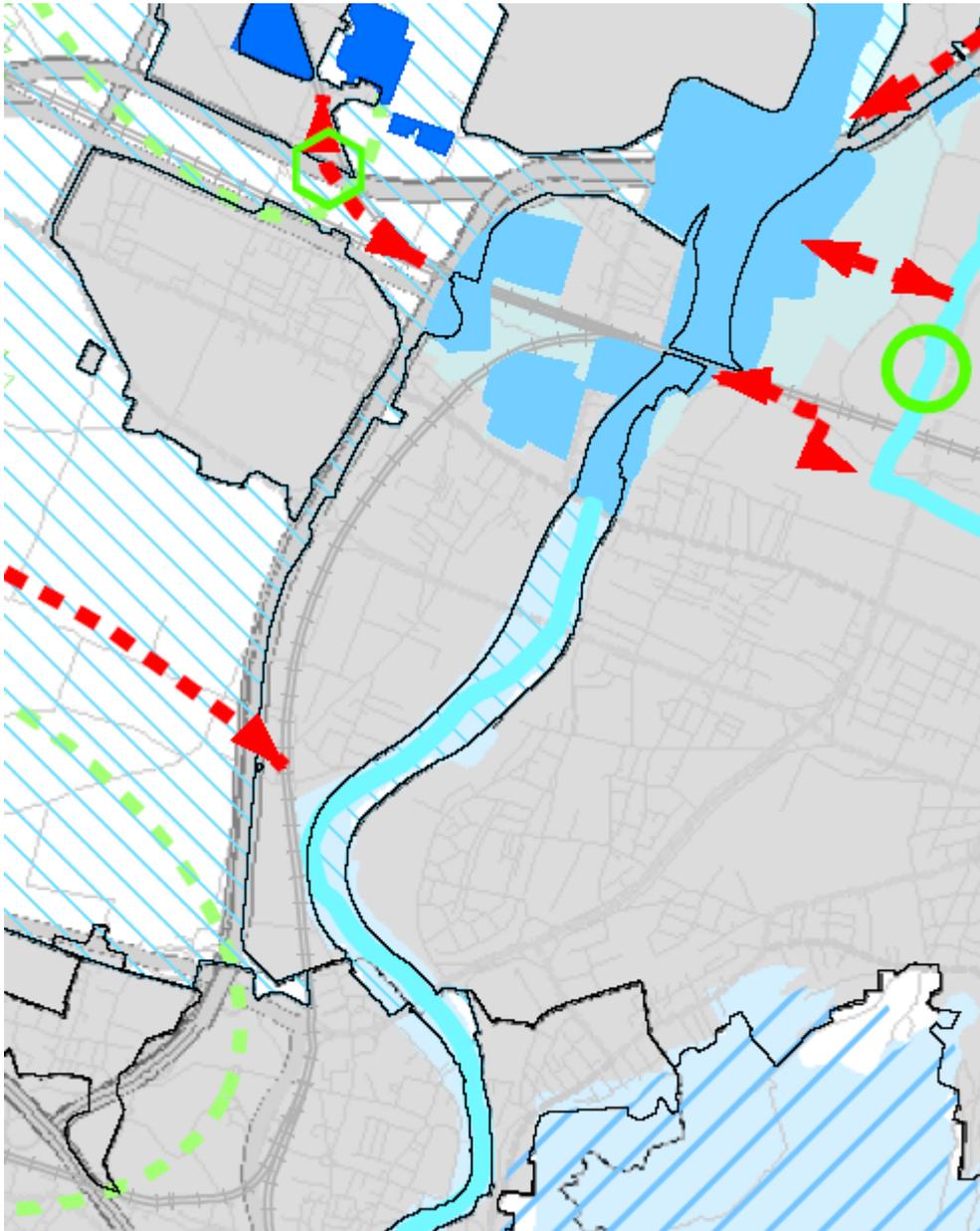


Figura 74 - Quadro 3

10.3 PTCP – Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storico-culturali

Legenda

Sistema idrografico	
	Alvei attivi e invasi dei bacini idrici (art. 4.2)
	Reticolo idrografico principale (art. 4.2)
	Reticolo idrografico secondario (art. 4.2)
	Reticolo idrografico minore (art. 4.2)
	Canali di bonifica (art. 4.2)
	Canale Emiliano - Romagna (art. 4.2)
	Fasce di tutela fluviale (art. 4.3)
	Fasce di pertinenza fluviale (art. 4.4)
	Aree ad alta probabilità di inondazione (art. 4.5)
Aree per la realizzazione di interventi idraulici strutturali (art. 4.6):	
	area di intervento
	area di localizzazione dell'intervento
	area di potenziale localizzazione di intervento
	Aree a rischio di inondazione in caso di eventi di pioggia con tempo di ritorno di 200 anni (art. 4.11)
Sistema provinciale delle aree protette	
	Parchi regionali (art. 3.8)
	Parchi attuati dalla Provincia di Bologna (art. 3.8)
	Riserve naturali regionali (art. 3.8)
	Aree di riequilibrio ecologico (art. 3.8)
Sistema Rete Natura 2000	
	Zone di Protezione Speciale (ZPS) (art. 3.7)
	Siti di Importanza Comunitaria proposti (pSIC) (art. 3.7)
Altri sistemi zone ed elementi naturali e paesaggistici	
	Sistema collinare (artt. 3.2, 7.1 e 10.8)
	Sistema di crinale (artt. 3.2 e 7.1)
	Sistema delle aree forestali (art. 7.2)
	Zone di particolare interesse paesaggistico - ambientale (art. 7.3)
Zone di particolare interesse naturalistico e paesaggistico della pianura (art. 7.4):	
	zone di rispetto dei nodi ecologici
	nodi ecologici complessi
	Zone di tutela naturalistica (art. 7.5)
	Zone umide (artt. 3.5 e 3.6)
	Crinalli significativi (art. 7.6)
	Calanchi significativi (art. 7.6)
	Dossi (art. 7.6)
Risorse storiche e archeologiche	
	Complessi archeologici (art. 8.2a)
	Aree di accertata e rilevante consistenza archeologica (art. 8.2b)
	Aree di concentrazione di materiali archeologici (art. 8.2c)
	Zone di tutela della struttura centuriata (art. 8.2d1)
	Zone di tutela di elementi della centuriazione (art. 8.2d2)
	Fascia di rispetto archeologico della via Emilia (art. 8.2e)
	Centri storici (art. 8.3)
	Centri storici in relazione fra loro (art. 8.3)
	Aree interessate da partecipanze e consorzi utilisti (art. 8.4)
	Aree interessate da bonifiche storiche di pianura (art. 8.4)
	Viabilità storica (prima individuazione) (art. 8.5)
	Principali canali storici (art. 8.5)
	Principali complessi architettonici storici non urbani (art. 8.5)

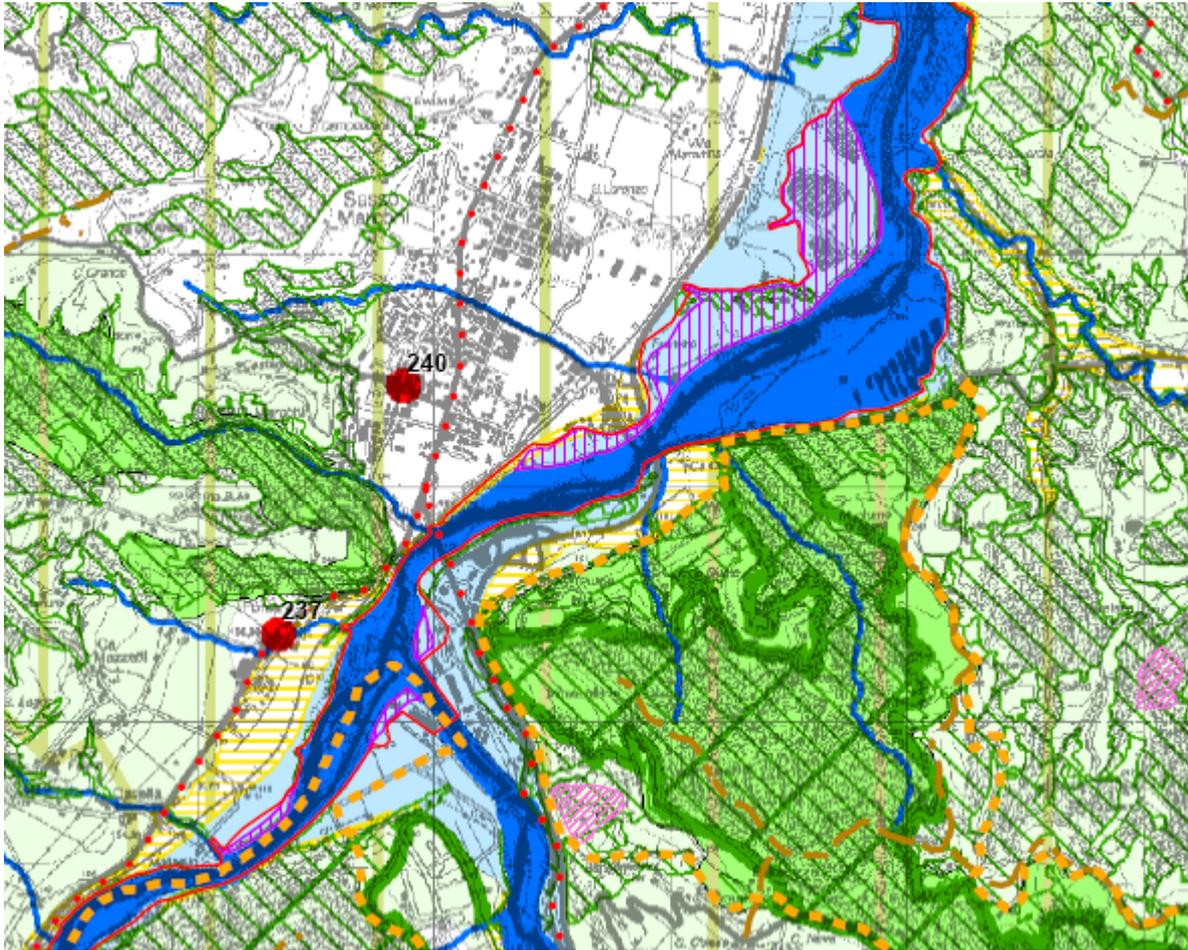


Figura 75 - Quadro 1

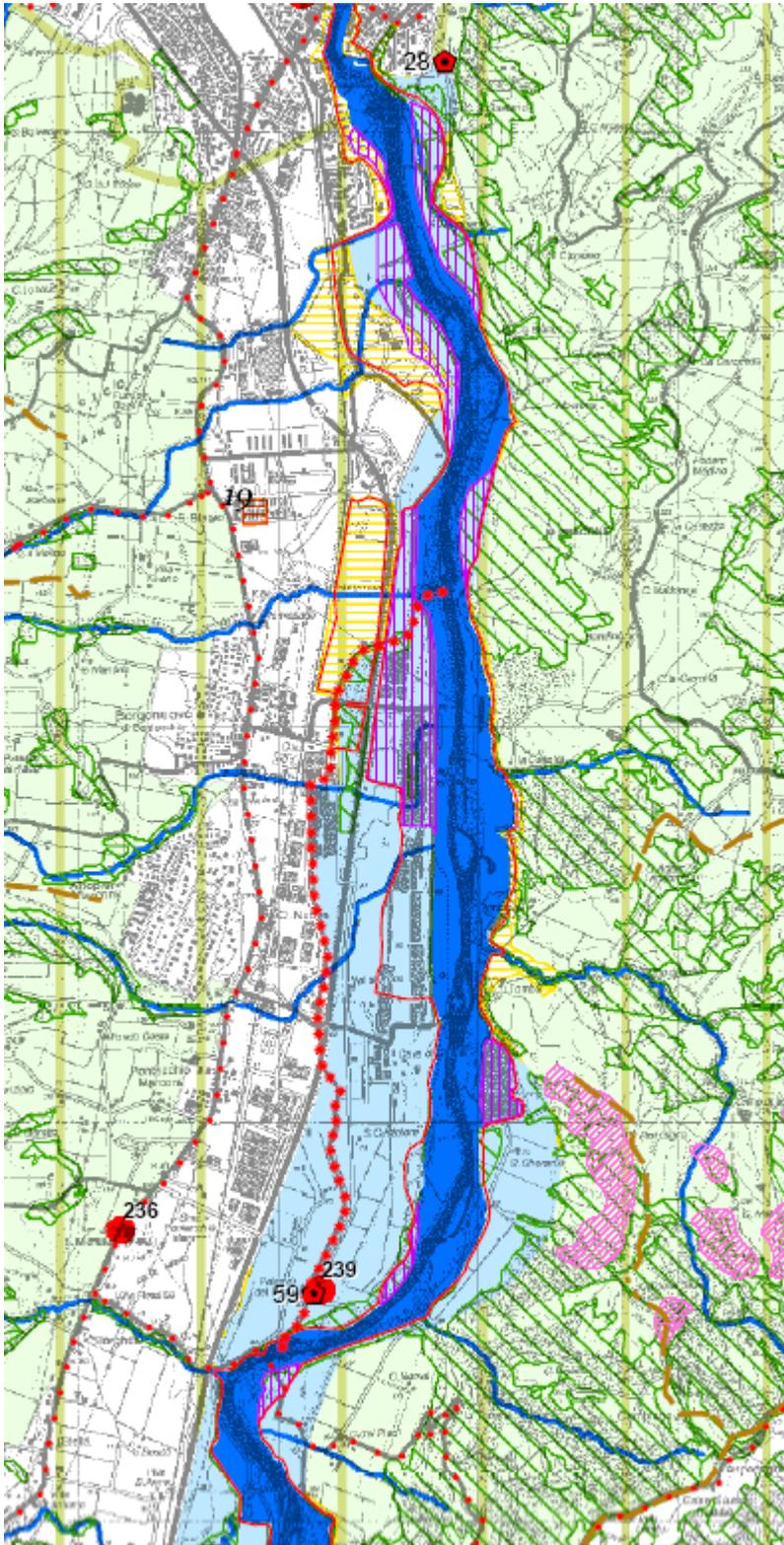


Figura 76 - Quadro 2

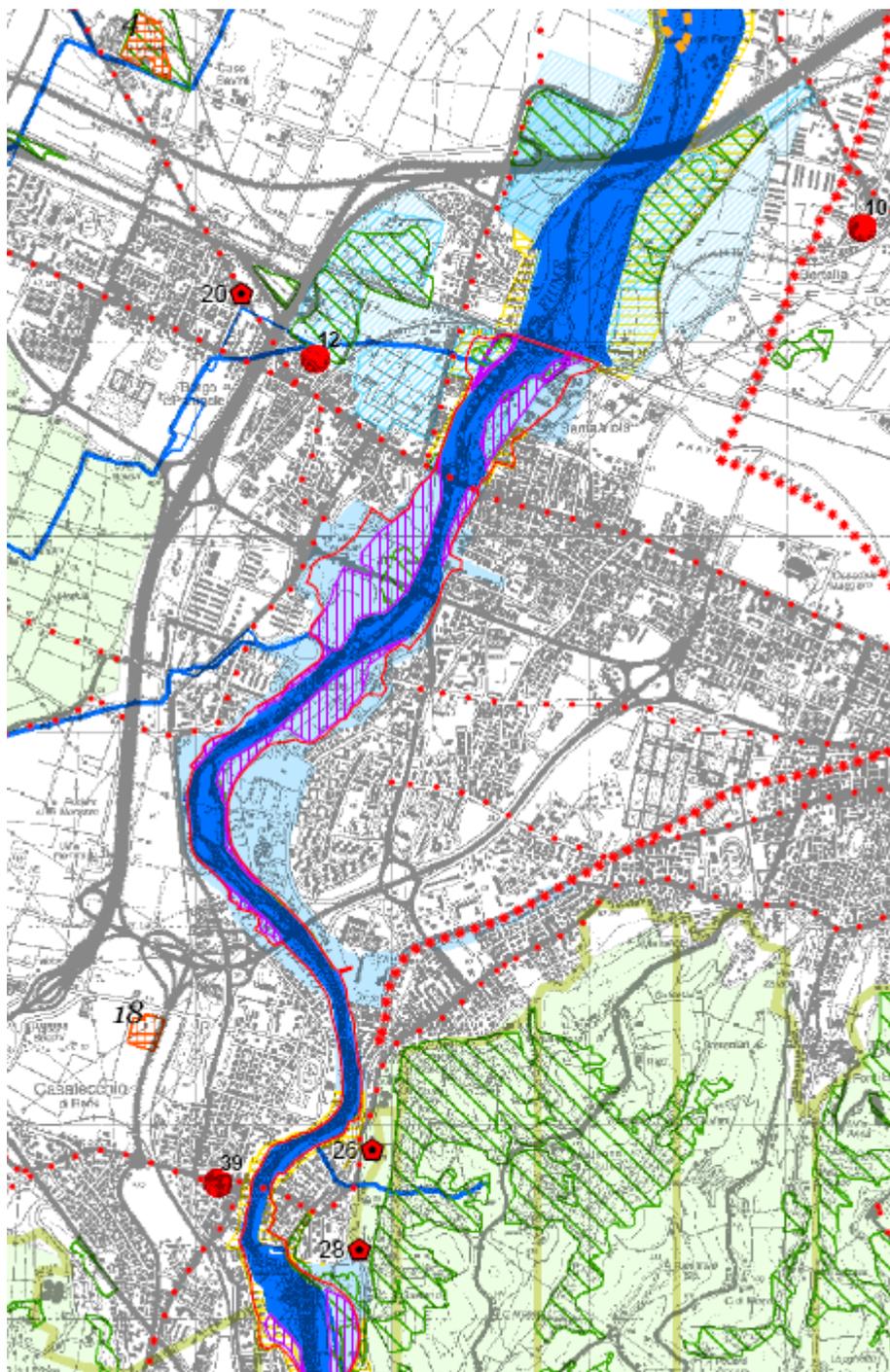


Figura 77 - Quadro 3

10.4 PAI – Zonizzazione

LEGENDA

(riferimento agli articoli delle norme di piano)

	<i>Asse del reticolo idrografico principale non zonizzato (art. 15)</i>
	<i>Asse del reticolo idrografico secondario non zonizzato (art. 15)</i>
	<i>Alveo attivo zonizzato del reticolo idrografico principale e secondario (art. 15)</i>
	<i>Aree ad alta probabilità di inondazione (art. 16)</i>
	<i>Fasce di pertinenza fluviale (art.18)</i>
	<i>(Il simbolo "PF.M" indica le fasce di pertinenza fluviale generalmente localizzate in zone montane o pedecollinari, quello "PF.V" indica le fasce di pertinenza fluviale generalmente localizzate in zone di pianura.</i>
	
	<i>Il simbolo "PF.V.RU" indica le fasce di pertinenza fluviale da considerare come aree di ristrutturazione urbana.</i>
	<i>I simboli "PF.M.Li" e "PF.V.Li" indicano le fasce di pertinenza fluviale da considerare anche come aree di localizzazione interventi).</i>
	<i>Aree di potenziale localizzazione interventi per realizzazione "casse di espansione" (art. 17)</i>
	<i>Aree di localizzazione interventi per realizzazione "casse espansione" (art. 17)</i>
	<i>Aree di intervento per realizzazione "casse di espansione" (art. 17)</i>
	<i>Confine regionale</i>

La cartografia di base è derivata dalle carte tecniche regionali (C.T.R.) della Regione Emilia-Romagna in scala 1:5.000 (elementi 220161, 220162, 220163 e 220164).

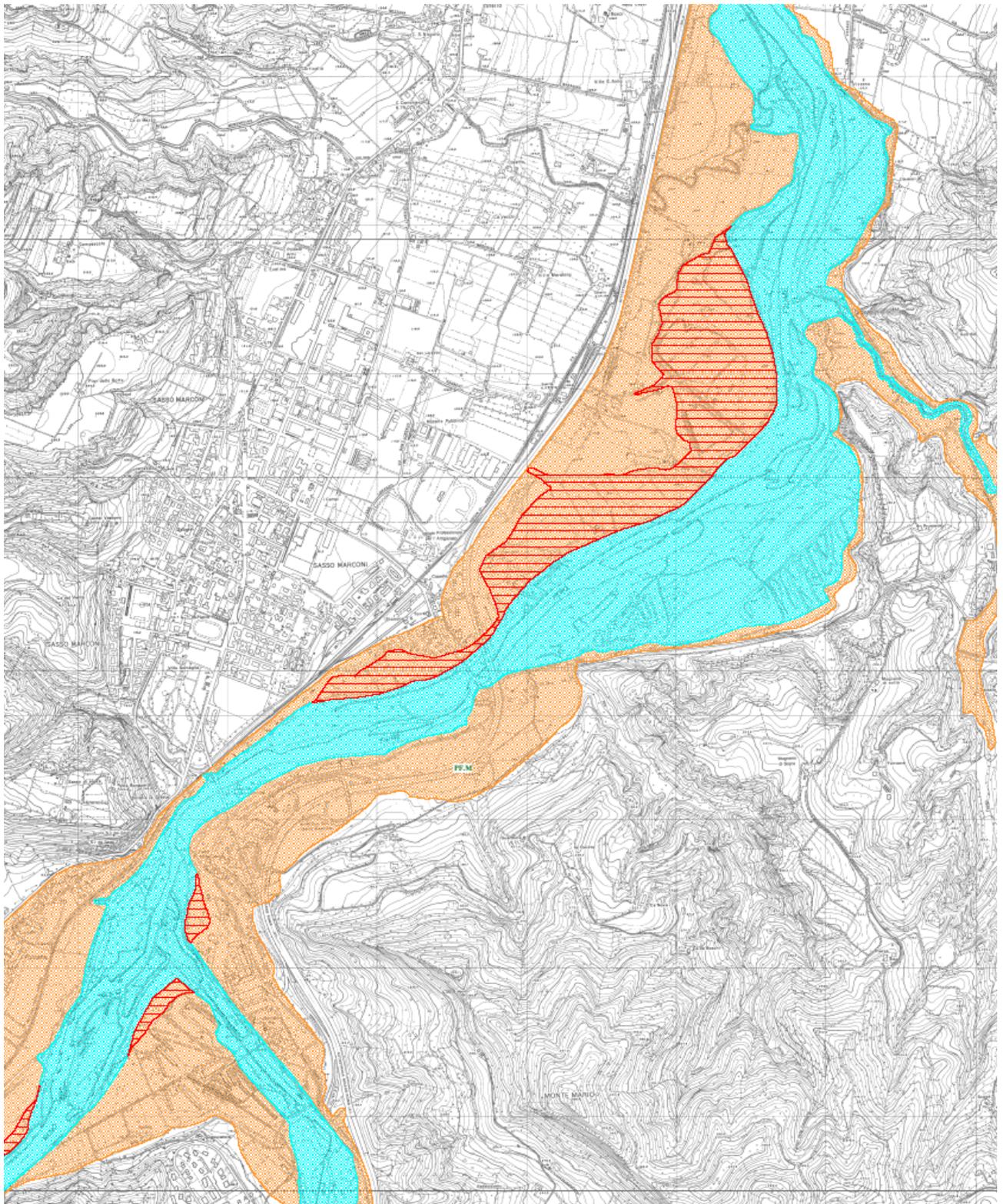
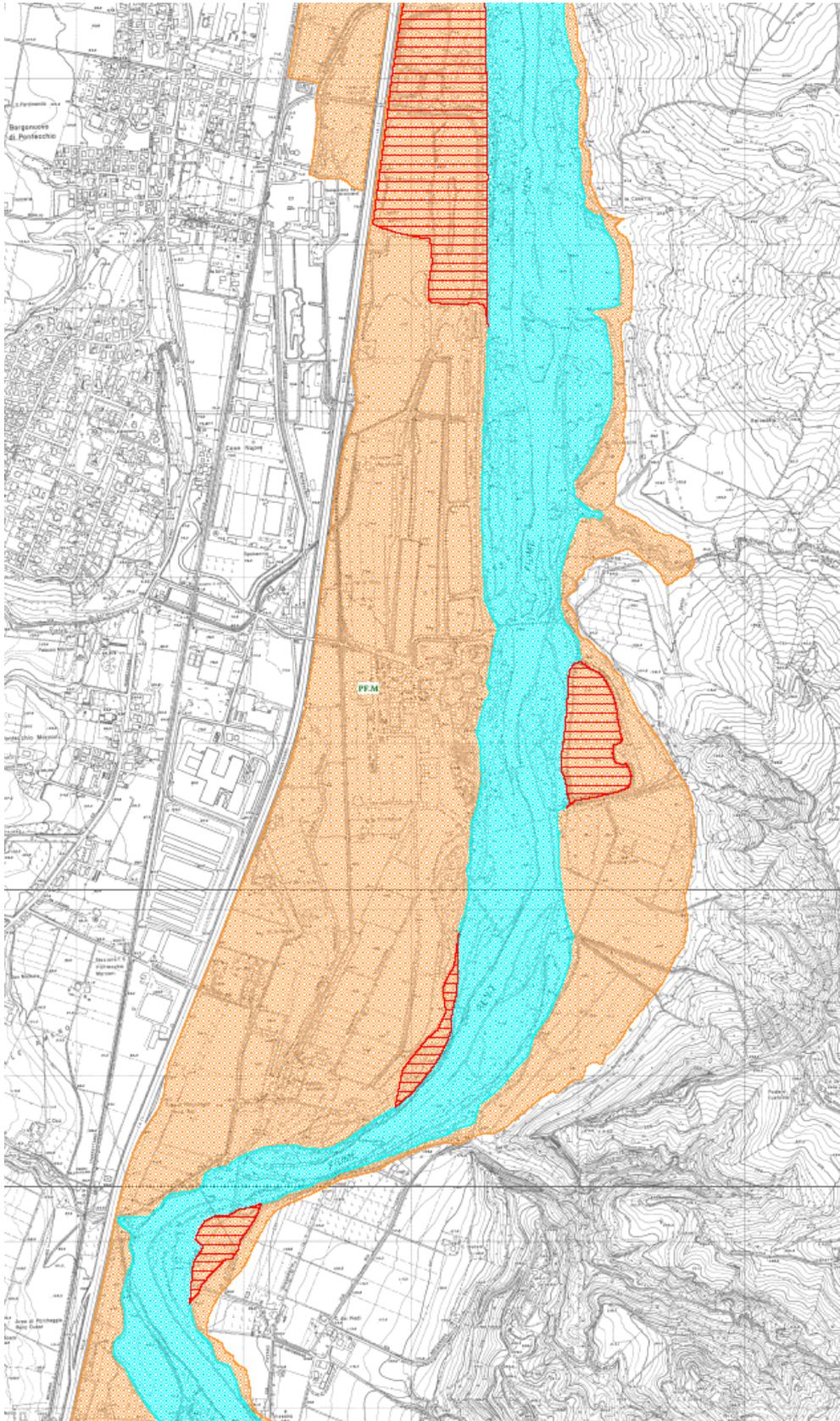


Figura 78 - Quadro 1



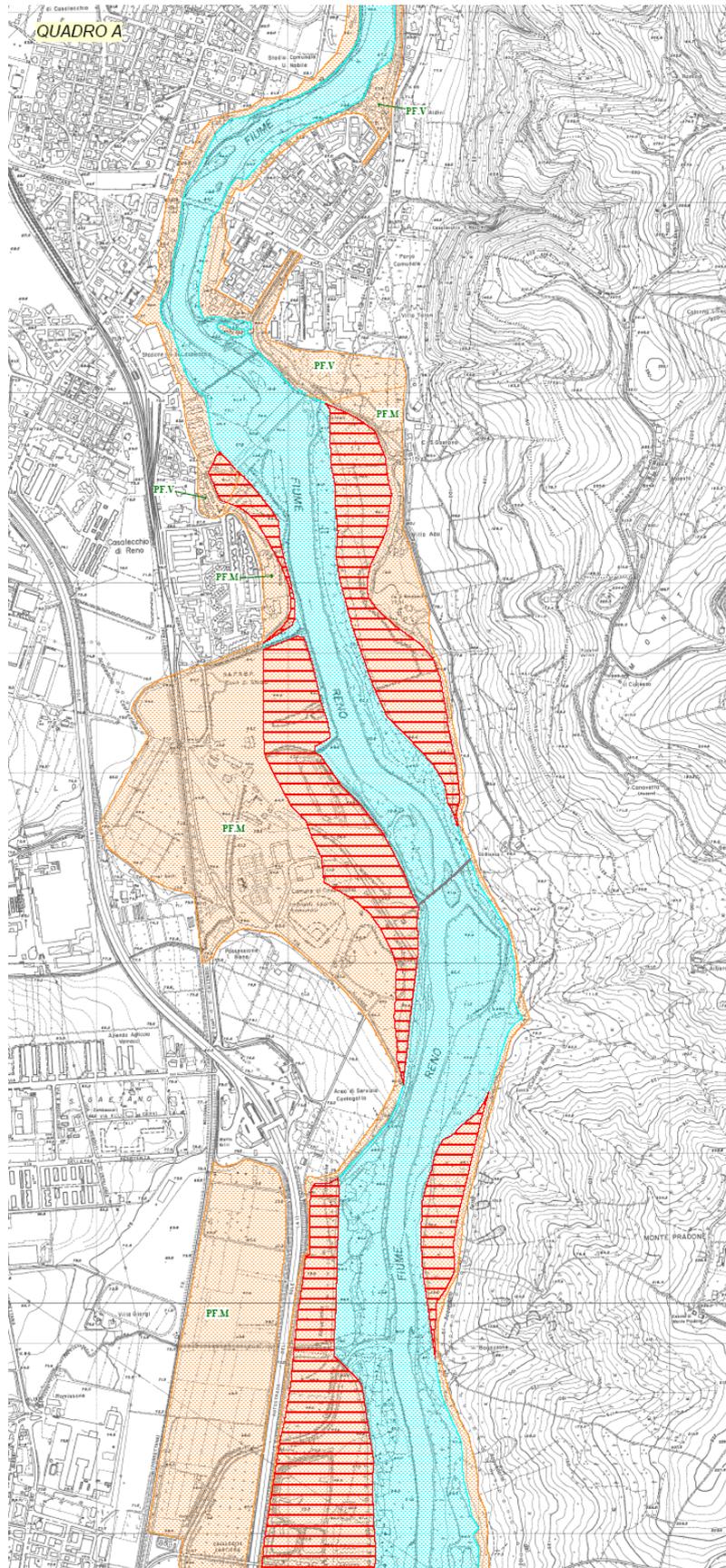


Figura 79 - Quadro 2

10.5 Rete Natura 2000 – Zone SIC

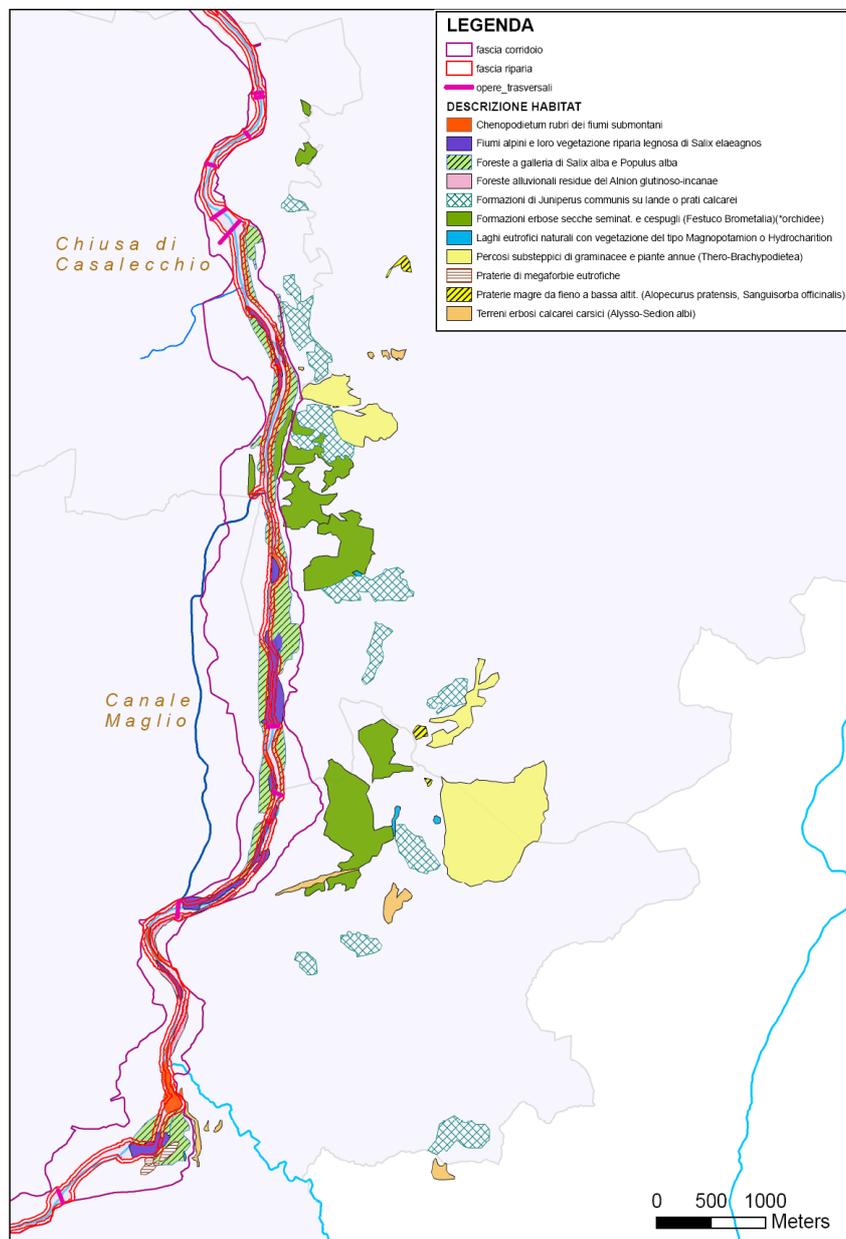


Figura 81 - Mappa degli habitat vegetazionali di pregio presenti nell'area SIC-ZPS Boschi di San Luca.

11 Identificazione di alternative di Piano

Sulla base dei problemi evidenziati dalla caratterizzazione integrata e dall'analisi problemi/opportunità e degli obiettivi che ne conseguono, sono state individuate alternative base di assetto del fiume, che cercano di soddisfare a diversi livelli la necessità di una sua riqualificazione ecologica con gli interessi di tipo antropico; si è a tal fine partiti dalle principali idee progettuali e pianificatorie esistenti sul corso d'acqua per poi ipotizzarne di nuove, seguendo il già citato approccio della Riqualificazione Fluviale e delle linee d'azione che ne conseguono, così da individuare l'alternativa che meglio soddisfa tutti gli obiettivi, che diviene così la prima ipotesi di SD da portare al vaglio di Enti e portatori di interesse nell'ambito di un processo partecipato.

Le ALTERNATIVE ipotizzate sono costituite da un insieme di LINEE D'AZIONE, descritte in via generale al Capitolo 9, applicate a determinate porzioni di territorio e che si traducono graficamente in una ZONIZZAZIONE dello stesso; non sono invece state localizzate e dimensionate azioni specifiche, per le quali sono necessarie apposite indagini (geomorfologiche, topografiche, idrologiche, idrauliche, ecc.), possibili solo in una fase 2 del lavoro, che esula dal presente studio.

Al Par. 14.2, solo per quanto riguarda l'alternativa prescelta in via preliminare come SD, si è però provveduto a fornire un elenco indicativo di possibili azioni che potrebbero attuare questa alternativa, elenco che deve essere considerato non tanto come una progettazione di tipo preliminare, che individua con un certo margine di precisione gli interventi da realizzare, quanto piuttosto come un supporto alla comprensione di come potrebbero essere modificati gli ambiti fluviali dall'applicazione dello SD.

Le alternative prese in considerazione sono:

- ALT 0 - STATO ATTUALE
Descritta dalla caratterizzazione integrata
- ALT 1 – PIANIFICAZIONE ESISTENTE
Assetto fisico-geomorfologico invariato rispetto allo stato attuale e azioni dedotte facendo sintesi dei principali Piani-Studi-Progetti esistenti
- ALT 2 - PIANIFICAZIONE ESISTENTE e AZIONI PUNTUALI NON GEOMORFOLOGICHE DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE
Come ALT 1, integrata da nuove proposte di azioni relative a vegetazione, fauna ittica, qualità dell'acqua e regime idrologico
- ALT 3 – RIQUALIFICAZIONE GEOMORFOLOGICA
Modifica all'assetto fisico del fiume per ricreare le dinamiche morfologiche e tendere verso lo stato di riferimento, corrispondente ad una tipologia di fiume a *canali intrecciati* dalla confluenza del Torrente Setta sino alla Chiusa di Casalecchio e ad una tipologia *wandering* (di transizione tra meandriforme e canali intrecciati) dalla Chiusa fino al ponte dell'autostrada A14. Si prevedono inoltre azioni aggiuntive relative a vegetazione, fauna ittica, qualità dell'acqua e regime idrologico.
- ALT 4 – RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA
Stessa finalità e approccio di ALT 3, cercando un compromesso possibile tra necessità antropiche e necessità del fiume.

Nei paragrafi seguenti si descrivono sinteticamente le alternative ipotizzate, in particolare:

- Alternativa ALT 0: si rimanda ai risultati della caratterizzazione integrata.
- Alternative ALT 1 e ALT 2 sono sinteticamente descritte da:
 - Tavola **LINEE D'AZIONE** relativa agli obiettivi *Qualità biologica* (Vegetazione, Fauna Ittica, Macroinvertebrati), *chimico-fisica* (Condizioni generali qualità dell'acqua), *Regime idrologico* e *Fruizione*
- Alternative ALT 3 e ALT 4 sono descritte da:
 - Tavola **LINEE D'AZIONE ASSETTO FISICO** relative agli obiettivi *Qualità idromorfologica*, *Rischio idraulico*, *Usi economico-produttivi*, *Fruizione*
 - Tavola **LINEE D'AZIONE QUANTITÀ, QUALITÀ BIOLOGICA e CHIMICO-FISICA** relative agli obiettivi *Qualità biologica* (*Vegetazione, Fauna Ittica, Macroinvertebrati*) e *chimico-fisica* (*Condizioni generali qualità dell'acqua*) e *Regime idrologico*

Per una visione di miglior qualità delle figure si vedano le tavole pdf allegate.

11.1 ALT 1 - PIANIFICAZIONE ESISTENTE

Questa prima alternativa mette a sistema le azioni più significative previste dai principali Piani-Studi-Progetti esistenti, i quali prevedono generalmente un assetto fisico-geomorfologico invariato rispetto allo stato attuale e azioni perlopiù legate al miglioramento vegetazionale e fruitivo, mediante azioni di riforestazione o gestione di quella esistente, creazione di percorsi ciclo-pedonali prossimi all'alveo e quanto più possibile continui da monte a valle, aree attrezzate per la fruizione, ecc. .

L'alternativa assume inoltre come parte integrante delle azioni il progetto in corso di realizzazione di un bacino per il sostegno del regime idrico in località Valle del Reno/Laghi del Maglio, in Comune di Sasso Marconi.

I documenti considerati nella presente analisi sono:

- PSC (Piano Strutturale Comunale) di Sasso Marconi, Casalecchio di Reno e Bologna (in itinere)
- PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) della Provincia di Bologna
- “Progetti paesaggistici di restauro e valorizzazione ambientale – Interventi non causa effetto” commissionato da *Concessioni e costruzioni Autostrade s.p.a.* nell'ambito dell'adeguamento dell'attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello nel tratto ricadente entro il territorio della Regione Emilia Romagna
- “Master Plan degli interventi non causa effetto di valorizzazione della Valle del Setta a seguito dei lavori della variante di valico” (Documentazione non completa, con semplice indicazione delle aree interessate, reperita nel PSC di Sasso Marconi)
- “Studio progettuale per la definizione di un circuito di valorizzazione ambientale e turistico-ricreativa lungo il Fiume Reno tra Bologna e Sasso Marconi” – Centro Studi OIKOS – Commissionato dal Consorzio della Chiusa di Casalecchio e del Canale del Reno
- Proposta di metodologia per la caratterizzazione del “grado di efficacia” delle fasce riparie: applicazione ad un tratto pedecollinare del fiume Reno - ⁵⁵C. Cavazza, ⁵⁶L. Canciani, ⁵⁷M. Rigotti, ⁵⁸S. Correggiari, ⁶¹D. Ravanelli
- “Rimodellamento di una zona di ex-cava per il sostegno del regime idrico e la riqualificazione ambientale di un tratto del Fiume Reno a monte della chiusa di Casalecchio, in località Valle del Reno/Laghi del Maglio, in Comune di Sasso Marconi – Provincia di Bologna – Settore Ambiente

Nelle figure seguenti si riporta una sintesi delle principali azioni previste da alcuni dei documenti analizzati.

ALT 1 è descritta in Figura 86, dove si sintetizzano in un'unica tavola le linee d'azione principali seguite dai singoli lavori.

⁵⁵ Servizio Tecnico Bacino Reno, Regione Emilia-Romagna

⁵⁶ Autorità di Bacino del Reno

⁵⁷ Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Università di Bologna

⁵⁸ Consulente del Servizio Tecnico Bacino Reno. Ringraziamo il Dott. Lorenzo Olmi e Lavinia Selli, tirocinanti dell'STBR per la passione e l'impegno dedicati al progetto.

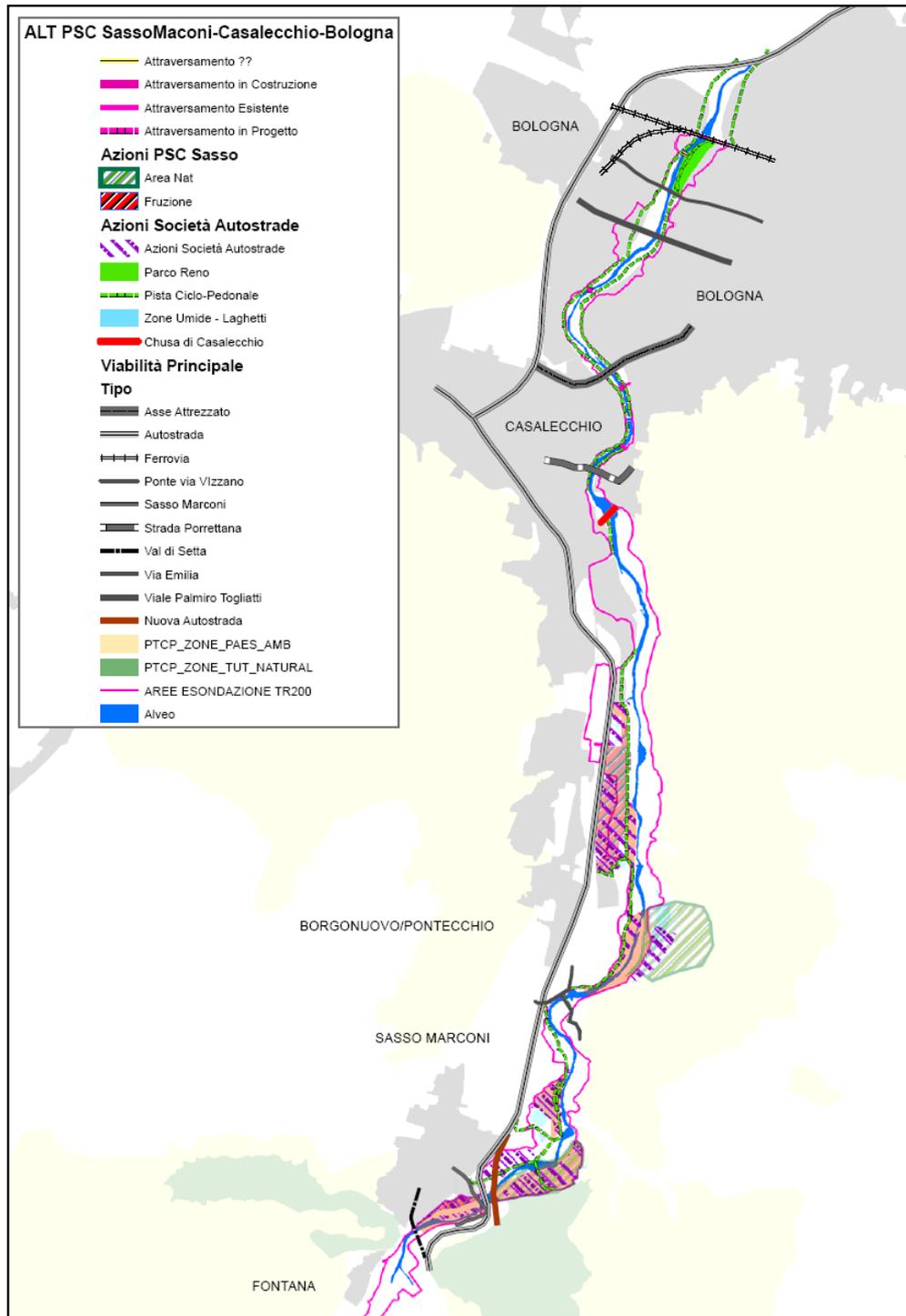


Figura 82 - PSC (Piano Strutturale Comunale) di Sasso Marconi, Casalecchio di Reno e Bologna (in itinere)

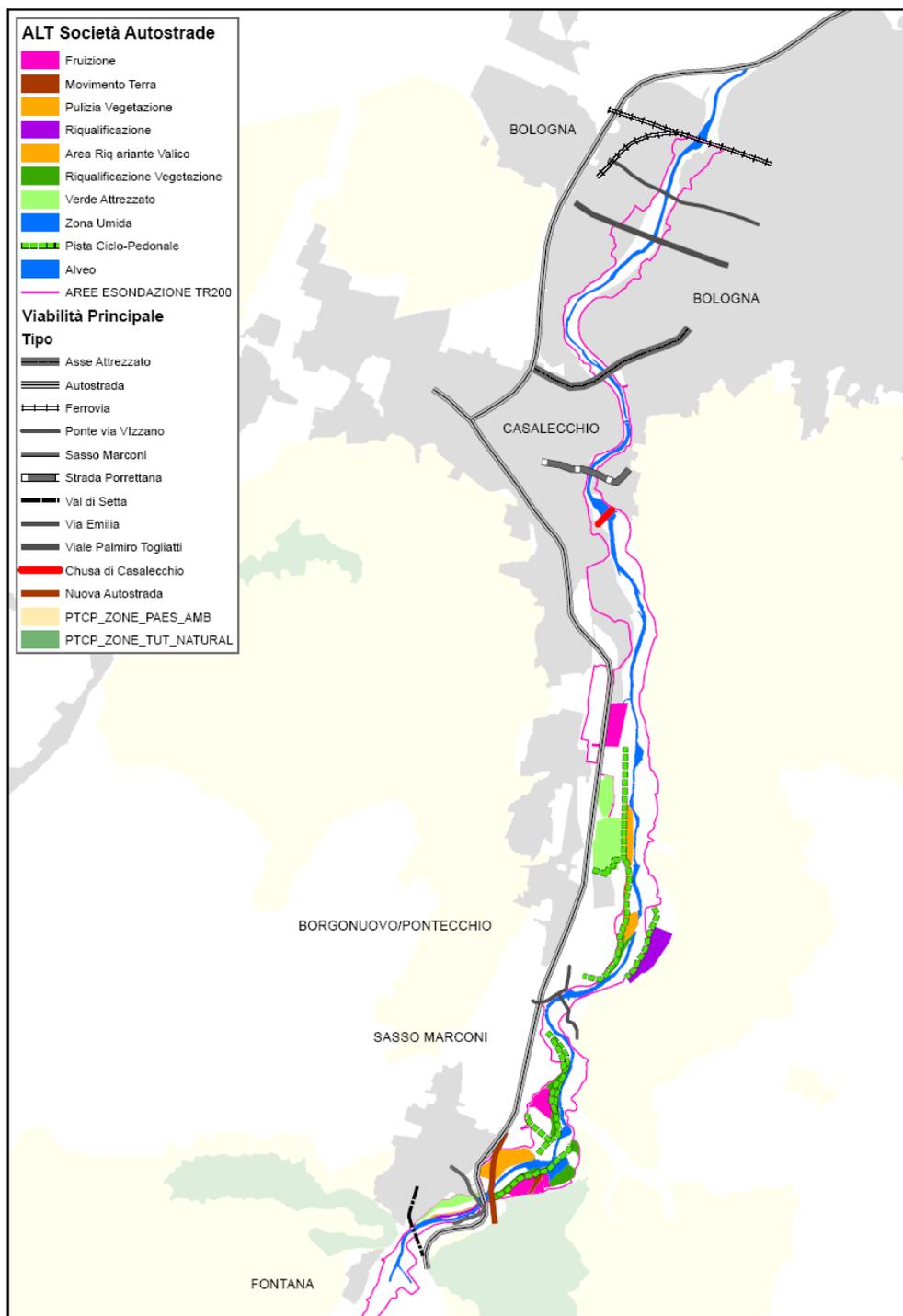


Figura 83 - “Progetti paesaggistici di restauro e valorizzazione ambientale – Interventi non causa effetto” commissionato da Concessioni e costruzioni Autostrade s.p.a. nell’ambito dell’adeguamento dell’attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello nel tratto ricadente entro il territorio della Regione Emilia Romagna

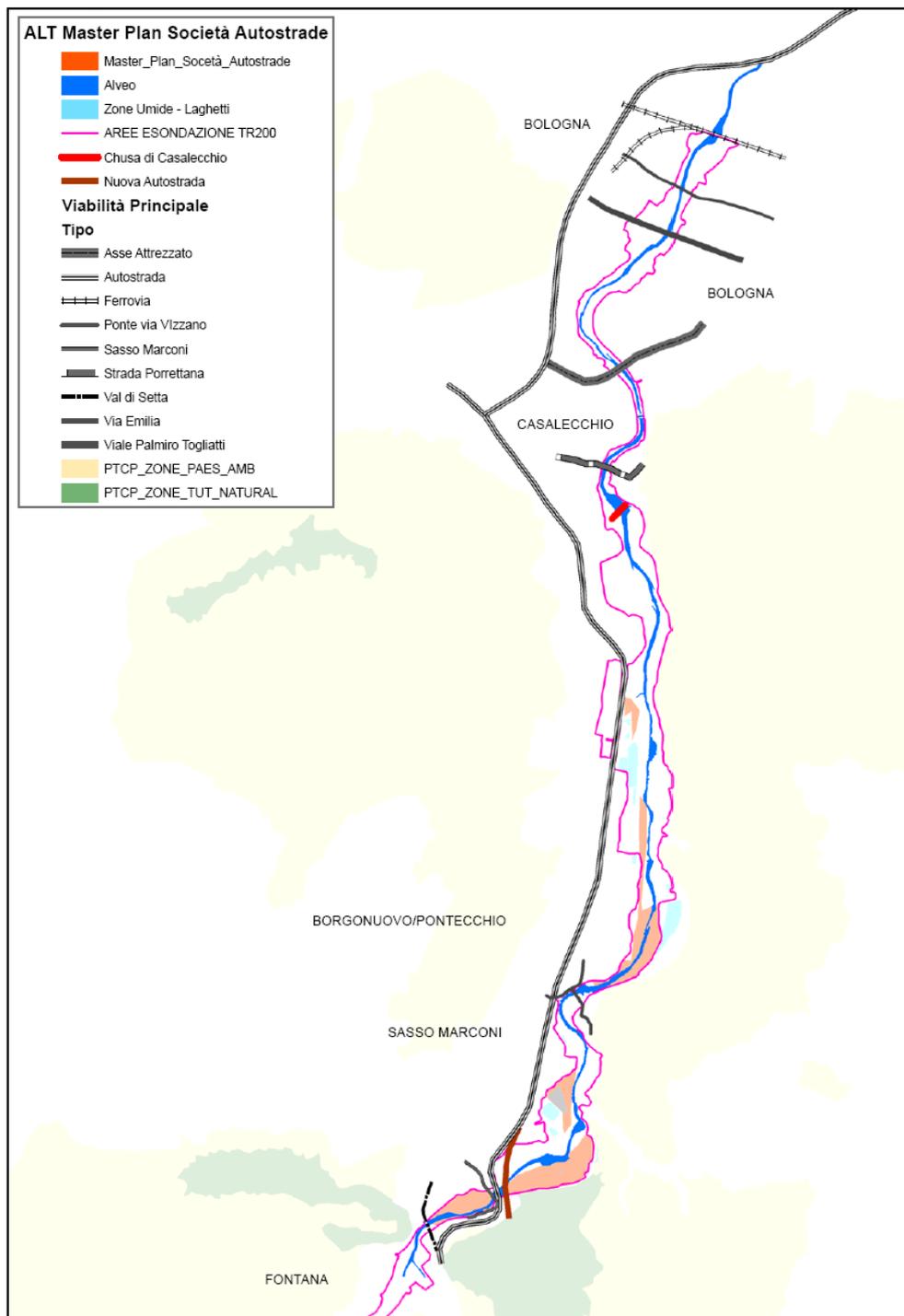


Figura 84 - “Master Plan degli interventi non causa effetto di valorizzazione della Valle del Setta a seguito dei lavori della variante di valico” (Documentazione non completa, con semplice indicazione delle aree interessate, reperita nel PSC di Sasso Marconi)

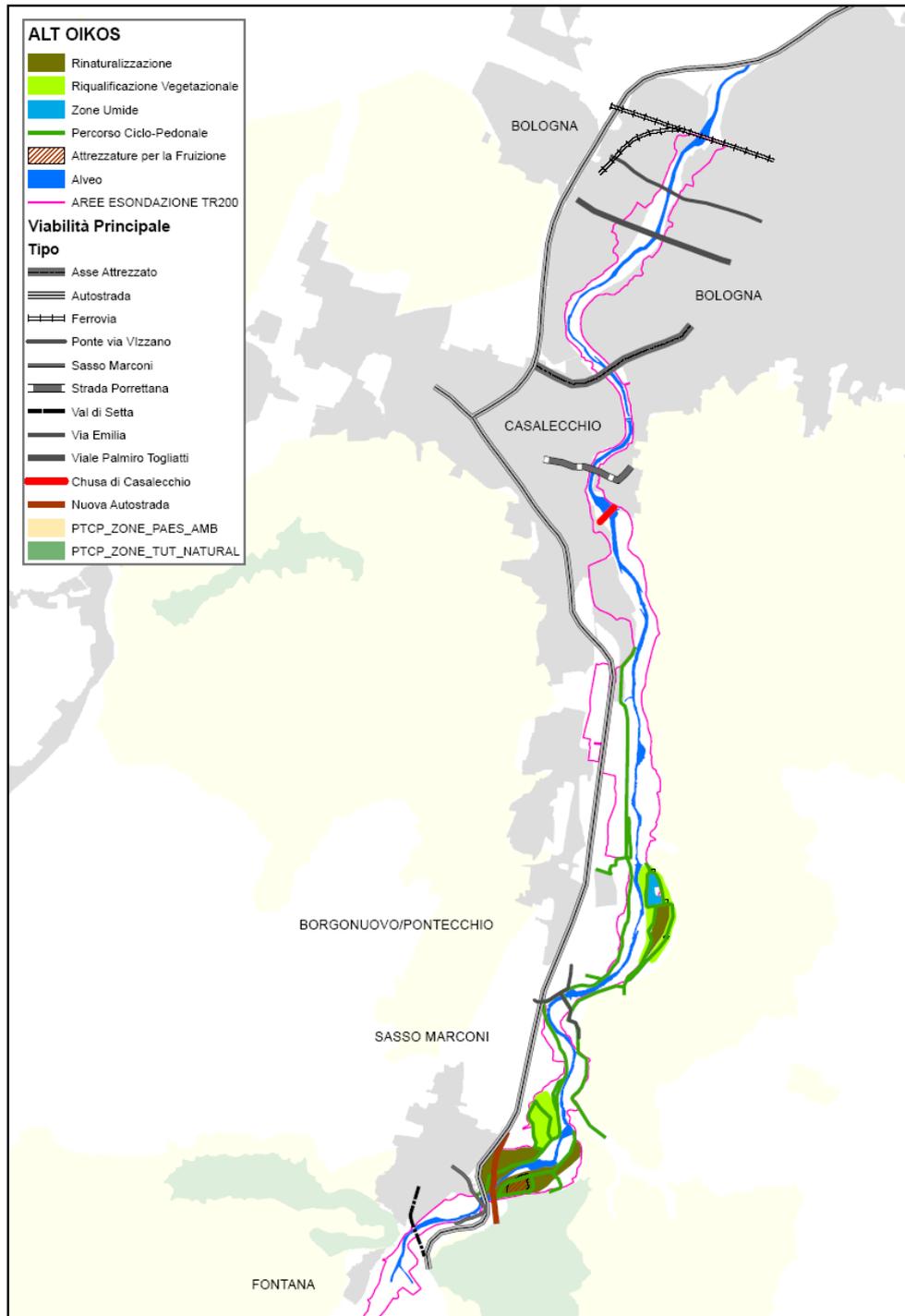


Figura 85 - “Studio progettuale per la definizione di un circuito di valorizzazione ambientale e turistico-ricreativa lungo il Fiume Reno tra Bologna e Sasso Marconi” – Centro Studi OIKOS – Commissionato dal Consorzio della Chiusa di Casalecchio e del Canale del Reno

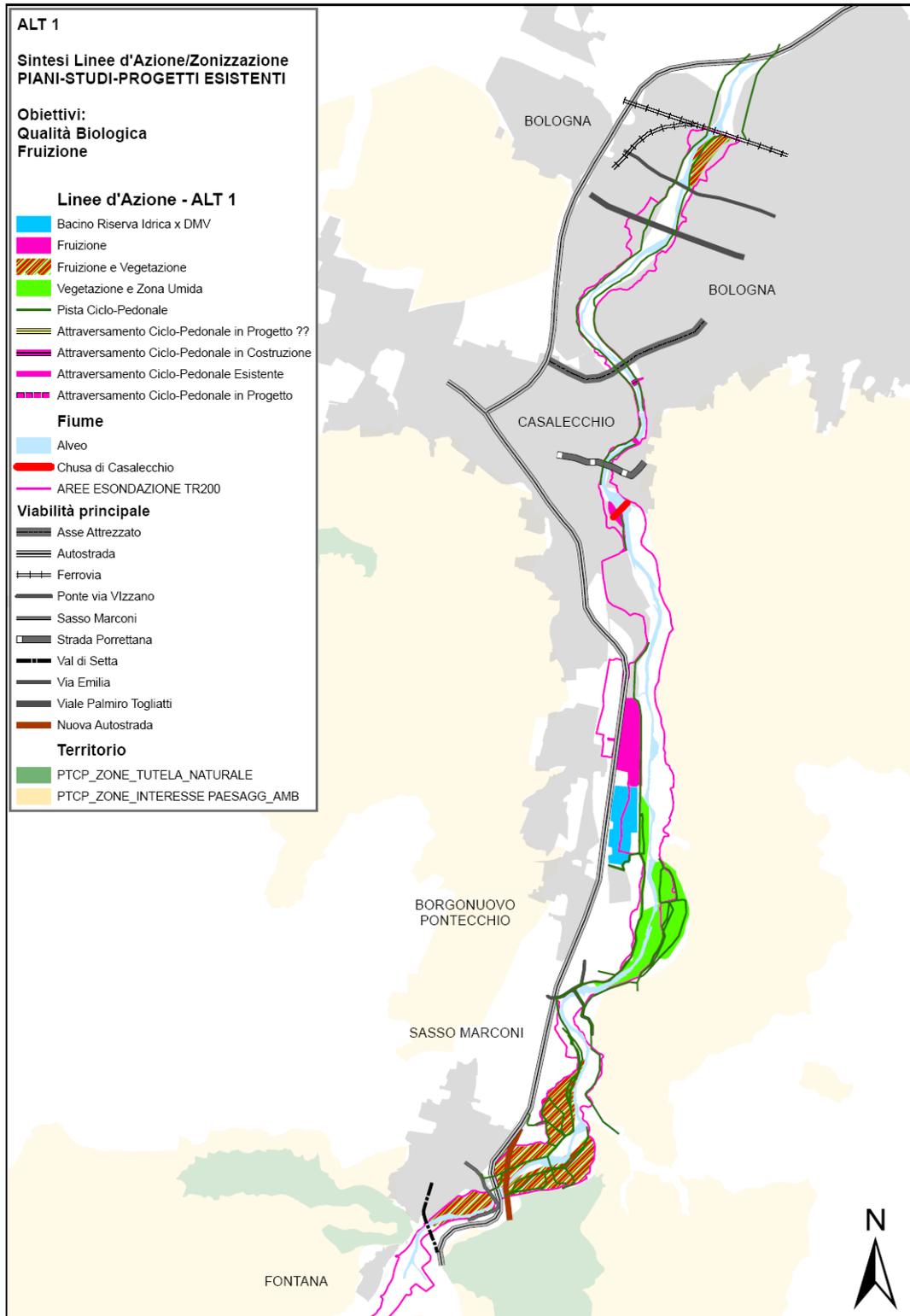


Figura 86 – ALT 1 - PIANIFICAZIONE ESISTENTE (Tavola SD_1 - ALT 1 - Sintesi LINEE AZIONE.pdf)

11.2 ALT 2 - PIANIFICAZIONE ESISTENTE e AZIONI PUNTUALI NON GEOMORFOLOGICHE DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE

L'alternativa in oggetto integra la pianificazione e la progettualità esistente, sintetizzata in ALT 1, con nuove proposte che scaturiscono direttamente dai risultati della caratterizzazione integrata.

Anche in questo caso, l'assetto del fiume rimane invariato (meandriforme, inciso in molti tratti) e non si prevedono modifiche strutturali di tipo geomorfologico.

Le nuove azioni riguardano i seguenti aspetti (per una descrizione delle azioni riportate in figura si veda il Capitolo 9):

- vegetazione: la caratterizzazione effettuata utilizzando come base la carta dell'uso del suolo, ha integrato le analisi sullo stato della fascia riparia citate in ALT 1 e ha messo in evidenza siti ulteriori che necessitano di una riqualificazione di tipo vegetazionale, in particolare per la vegetazione di corridoio. In ambito urbano si prevede una fascia riparia dotata di una buona continuità e la realizzazione di una forestazione "a macchie" nelle aree retrostanti per favorire la fruizione di un ambiente dall'aspetto e dal funzionamento più naturale.
- fauna ittica: le linee d'azione riguardano principalmente la riduzione delle discontinuità longitudinali, il controllo delle specie alloctone, il miglioramento della qualità dell'acqua e del regime idrico
- qualità dell'acqua: si vedano le linee d'azione presentate al Par. 9.1.1 e relative ai siti indicati nella figura seguente
- regime idrico: si vedano le linee d'azione presentate al Par. 9.1.4 e relative ai siti indicati nella figura seguente

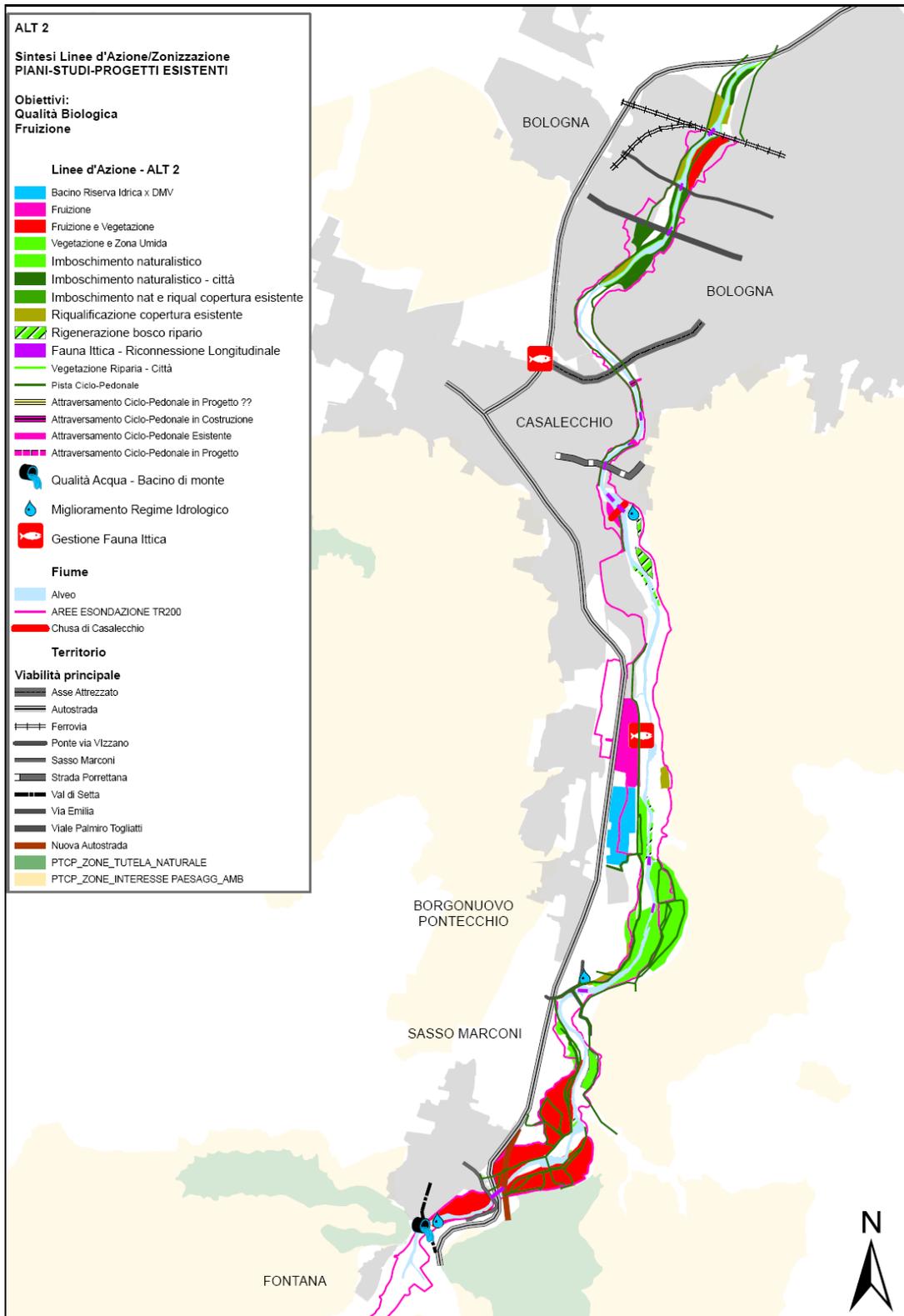


Figura 87 – ALT 2 - PIANIFICAZIONE ESISTENTE e AZIONI PUNTUALI NON GEOMORFOLOGICHE DI RIQUALIFICAZIONE FLUVIALE (Tavola SD_2 - ALT 2 - Sintesi LINEE AZIONE.pdf)

11.3 ALT 3 - RIQUALIFICAZIONE GEOMORFOLOGICA

L'alternativa 3 fa propri totalmente i risultati della caratterizzazione integrata, in particolare per gli aspetti geomorfologici, e prova a porre rimedio alla situazione di notevole allontanamento del fiume dal suo stato di riferimento.

Si prevede quindi di modificare l'assetto fisico del fiume per ricreare le dinamiche morfologiche e tendere verso lo stato di riferimento, corrispondente ad una tipologia di fiume a *canali intrecciati* dalla confluenza del Torrente Setta sino alla Chiesa di Casalecchio e ad una tipologia *wandering* (*di transizione* tra meandriforme e canali intrecciati) dalla Chiesa fino al ponte dell'autostrada A14.

Si prevedono inoltre le stesse azioni relative a fauna ittica, qualità dell'acqua e regime idrologico ipotizzate in ALT 2, evitando però di cercare alcun compromesso con le necessità antropiche, ma dando la precedenza alle esigenze di miglioramento dello stato dell'ecosistema fluviale.

Per quanto riguarda la vegetazione, gli interventi sono molto più limitati rispetto ad ALT 1, in quanto si prevede la restituzione alle dinamiche morfologiche del fiume di molte aree, nelle quali gli interventi di forestazione potrebbero essere resi inutili dall'evoluzione del fiume, che tenderà invece a ricreare autonomamente le successioni vegetali.

Questa alternativa non ricerca il compromesso con le esigenze di tipo antropico e si interessa solamente del miglioramento dello stato ecologico del fiume.

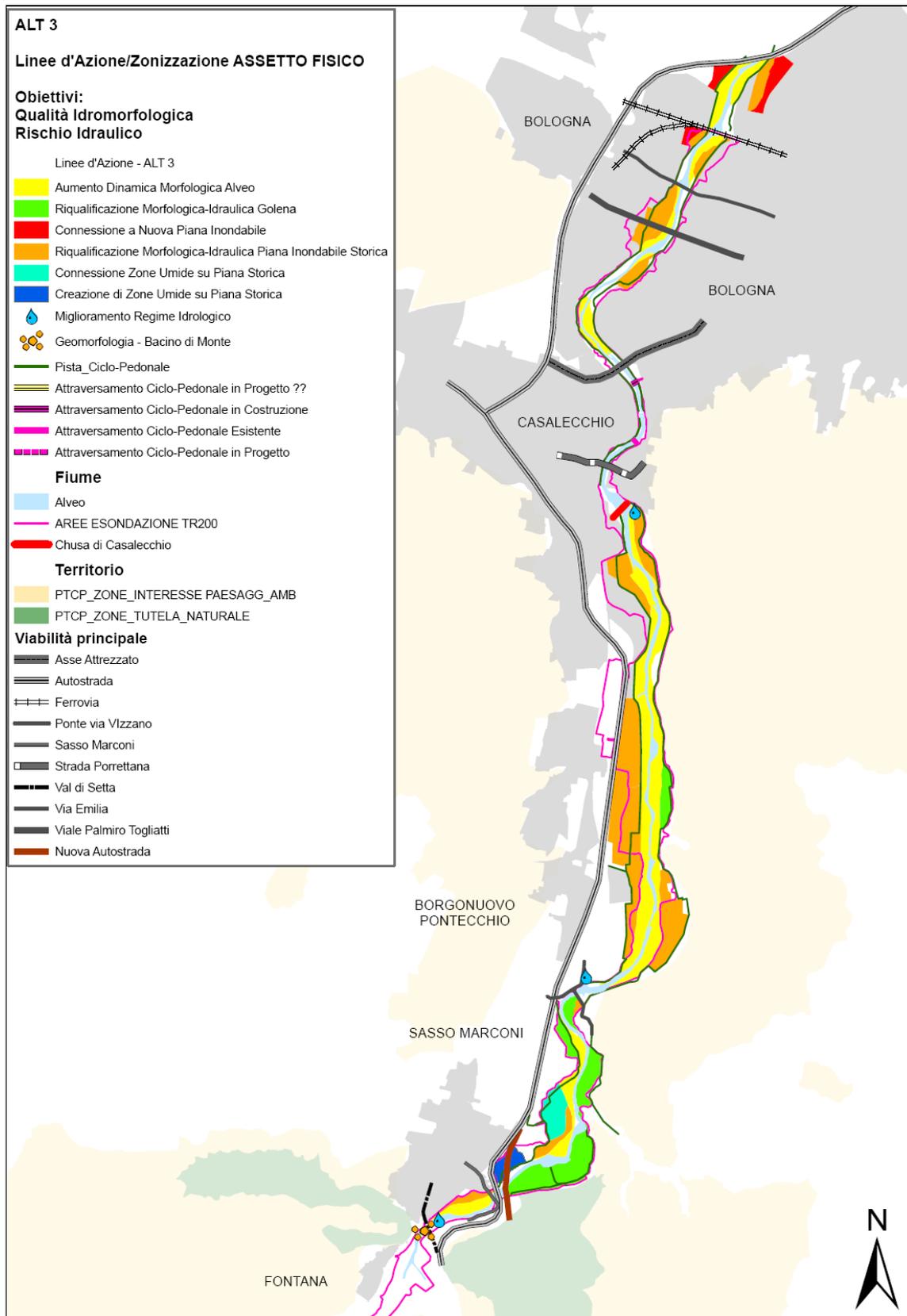


Figura 88 – ALT 3 - RIQUALIFICAZIONE GEOMORFOLOGICA – Linee d'azione assetta fisico (Tavola SD_3a - ALT 3 - Sintesi LINEE AZIONE ASSETTO FISICO.pdf)

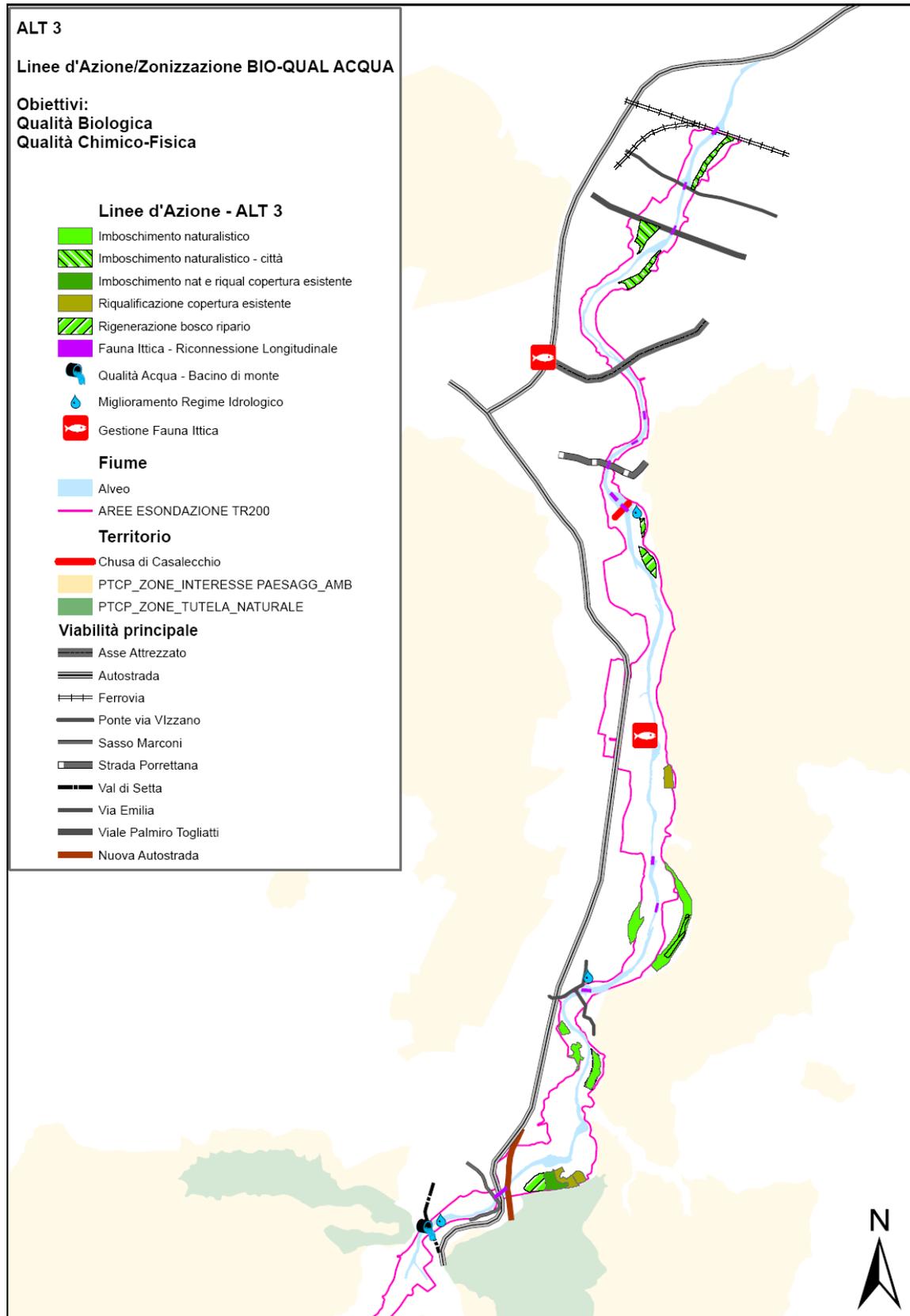


Figura 89 – ALT 3 - RIQUALIFICAZIONE GEOMORFOLOGICA – Linee d'azione qualità biologica e chimico-fisica (Tavola SD_3b - ALT 3 - Sintesi LINEE AZIONE BIO-QUAL ACQUA.pdf)

11.4 ALT 4 – RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA

L'alternativa ALT 4 ha le stesse finalità di ALT 3, ma si è ricercato un compromesso possibile tra necessità antropiche e necessità del fiume.

Come per ALT 3, l'alternativa 4 fa propri i risultati della caratterizzazione integrata, in particolare per gli aspetti geomorfologici, e prova a porre rimedio alla situazione di notevole allontanamento del fiume dal suo stato di riferimento, rinunciando però a parte delle aree che potrebbero essere restituite al fiume, per soddisfare obiettivi di tipo antropico.

Come filosofia generale si prevede di modificare l'assetto fisico del fiume per ricreare le dinamiche morfologiche e tendere verso lo stato di riferimento, corrispondente ad una tipologia di fiume a *canali intrecciati* dalla confluenza del Torrente Setta sino alla Chiusa di Casalecchio e ad una tipologia *wandering* (di transizione tra meandriforme e canali intrecciati) dalla Chiusa fino al ponte dell'autostrada A14.

Per una descrizione dettagliata di questa alternativa si rimanda al Par. 14.1.

Nota: Interazioni con lo “Studio sulla ricarica artificiale delle falde in Emilia Romagna” (ARPA IA)

Considerato che lo studio in oggetto non è ancora ultimato e che non sono al momento disponibili tavole di dettaglio degli interventi, si è deciso di non effettuare considerazioni in merito alla compatibilità degli interventi proposti da ARPA rispetto a quelli previsti nello SD e di rimandare alla fase 2 di applicazione dello SD tali valutazioni; si riportano comunque di seguito le considerazioni consegnate da ARPA IA, di cui si dovrà tenere conto nella fase di applicazione dello SD.

<<

Il Piano Regionale di Tutela delle Acque, adottato con D.C.R. 633 del 22/12/2004 ha evidenziato la necessità di avviare progetti pilota riguardanti alcune tematiche tra le quali quella della ricarica artificiale delle falde. È in questo contesto che si colloca lo “Studio sulla ricarica artificiale delle falde in Emilia-Romagna” in fase di realizzazione da parte di Arpa Struttura Tematica di Ingegneria Ambientale, su incarico del Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua della Regione Emilia-Romagna.

Sulla base dell'attuale stato di avanzamento dello studio in corso, si segnala:

- *come elemento di attenzione e di integrazione dello Schema Direttore la possibilità di realizzazione di interventi di ricarica artificiale delle falde sotterranee. A tal riguardo l'area apicale della conoide del F. Reno nel tratto fra Casalecchio di Reno e Casteldebole risulta ottimale per effettuare tali tipi di interventi, che possono consistere in risistemazioni d'alveo o in bacini in cui immettere acqua. Infatti, tale zona è quella di ricarica naturale delle falde, poiché il sottosuolo è costituito dalle cosiddette ghiaie amalgamate a cui corrisponde un acquifero freatico di tipo monostrato;*
- *che anche a valle di Casteldebole sono fattibili interventi di ricarica artificiale, anche se da un punto di vista idrogeologico gli acquiferi iniziano a differenziarsi e perciò gli effetti della ricarica artificiale sono maggiori nell'acquifero più superficiale freatico rispetto agli acquiferi più profondi in pressione.*
- *il problema dell'intasamento, da parte dei sedimenti più fini, degli interstizi delle ghiaie del letto fluviale del Reno proprio nel tratto dove il Fiume non scorre più sul substrato roccioso, ma sulle ghiaie e dove la conoide inizia ad aprirsi. Questo problema comporta una riduzione della capacità di infiltrazione e quindi della ricarica naturale del fiume verso le falde acquifere. In merito a tale punto, eventuali interventi di ricarica artificiale potrebbero quindi anche consistere nella pulizia periodica del letto fluviale, al fine di consentire al Fiume una rinaturalizzazione della ricarica delle falde acquifere.*

>>

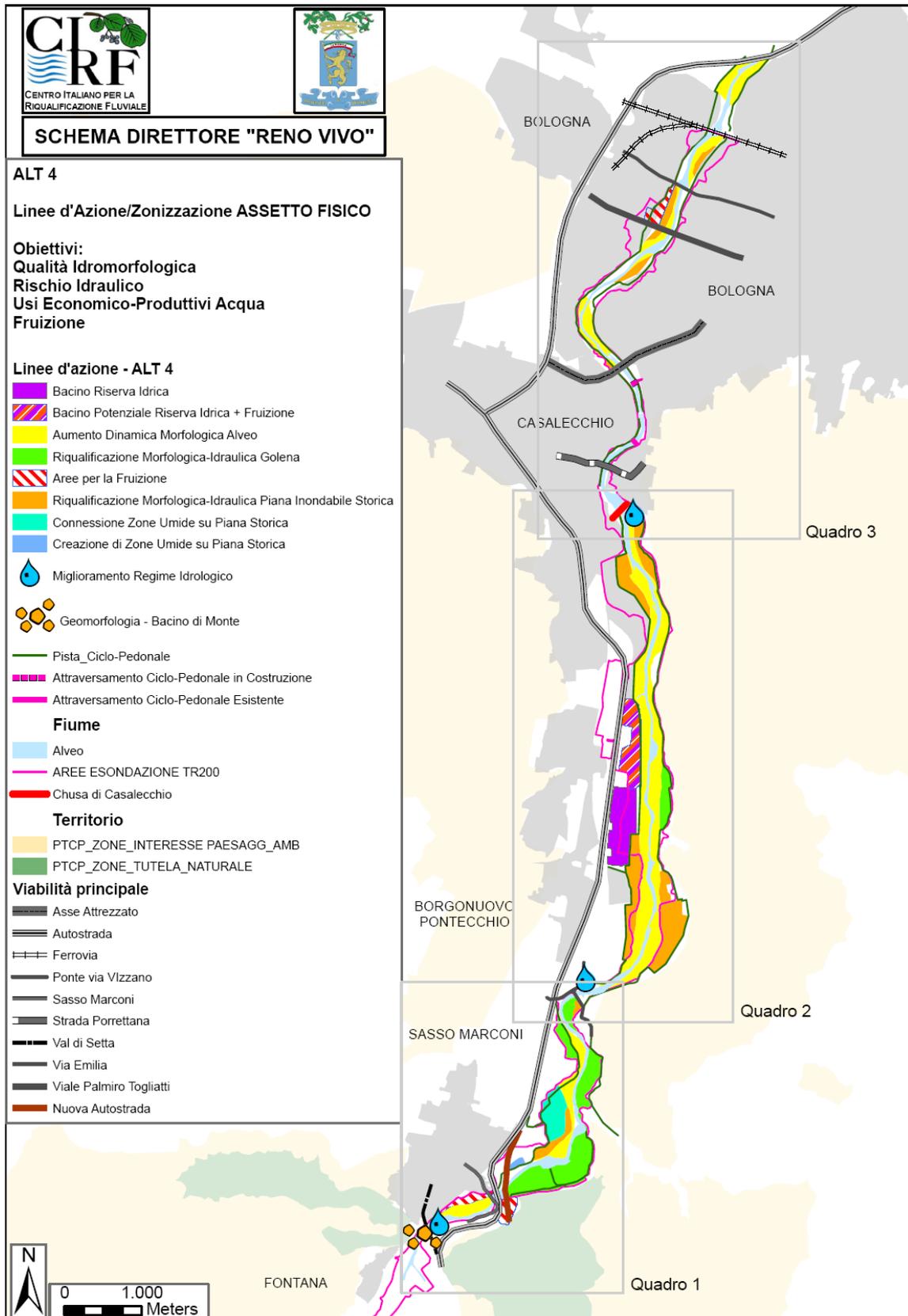


Figura 90 - RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA – Linee d'azione assetta fisico (Tavola SD_4a - ALT 4 - Sintesi LINEE AZIONE ASSETTO FISICO.pdf)

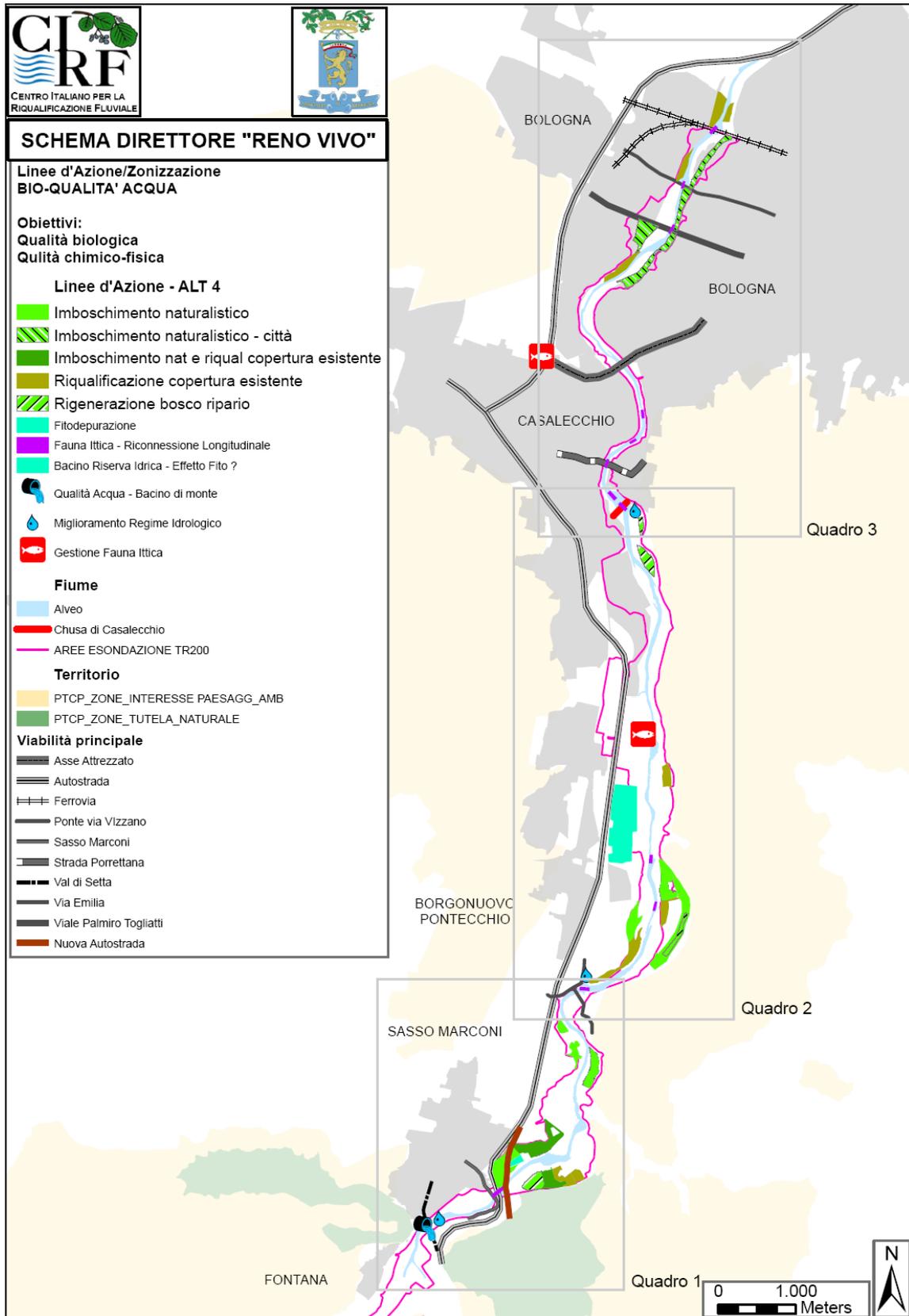


Figura 91 - RIQUALIFICAZIONE INTEGRATA – Linee d’azione qualità biologica e chimico-fisica (Tavola SD_4b - ALT 4 - Sintesi LINEE AZIONE BIO-QUAL ACQUA.pdf)

12 Definizione dello schema concettuale per la valutazione multicriterio delle alternative

12.1 Matrice di valutazione concettuale per il supporto alla pianificazione in ambito fluviale

Come ricordato al Cap.7, scopo dello Schema Direttore è quello di raggiungere una serie di obiettivi di tipo ambientale (definiti nel Par.2 e dettagliati nel successivo Par.8)⁵⁹, cercando un compromesso accettabile con quelli di tipo antropico e, ogni volta che è possibile, sforzandosi di individuare opportune sinergie.

Questi *obiettivi* sono però *spesso in conflitto*, per cui occorre adottare un approccio di tipo partecipato per cercare di conciliarli, supportato da una valutazione multicriterio delle alternative individuate, eseguibile tramite l'utilizzo di una matrice di valutazione.

Il passo fondamentale per poter eseguire un confronto tra alternative è stabilire i criteri di valutazione (o obiettivi) che la matrice utilizza per confrontare tali alternative.

Nel presente lavoro si utilizzerà una matrice di valutazione semplificata, presentata al Par.12.2, che deriva da una matrice più complessa utile per la pianificazione a scala di bacino.

I criteri di valutazione utilizzati da quest'ultima matrice hanno una diretta corrispondenza con gli obiettivi di un Piano di Bacino (PDB), e devono infatti verificare come tali obiettivi sono stati raggiunti dalle diverse alternative ipotizzate.

Si presenta pertanto di seguito un elenco degli obiettivi di un ipotetico PDB, parte dei quali saranno adottati come criteri di valutazione nel presente lavoro.

Per una descrizione dettagliata degli obiettivi si veda in Appendice, Capitolo.20.

⁵⁹ Gli obiettivi qui ipotizzati dovranno essere condivisi nell'ambito di un apposito processo partecipato e potranno per questo essere modificati o integrati.

Tabella 62 – Albero (dei valori) degli obiettivi del PDB – 1 di 3

OBIETTIVO GENERALE	OBIETTIVO SPECIFICO	OGGETTO	ATTRIBUTO livello 1	ATTRIBUTO livello 2	ATTRIBUTO livello 3
Creare le BASI PER L'ESISTENZA UMANA e lo SVILUPPO ECONOMICO: Permettere-sostenere le attività antropiche produttivo-insediative	SICUREZZA : diminuire il rischio da inondazioni e dissesto idro-geologico	<i>Territorio; beni esposti</i>	Inondazioni: diminuire il rischio sui beni esposti causato dalle inondazioni	Rischio totale	Pericolosità
					Valore beni esposti
			Dissesto idromorfologico diminuire il rischio sui beni esposti causato dall'incisione/sedimentazione in alveo e dall'erosione spondale	Rischio totale	Pericolosità
					Valore beni esposti
			Frane: diminuire il rischio sui beni esposti causato dalle dinamiche evolutive dei versanti	Rischio totale	Pericolosità
					Valore beni esposti
			Subsidenza: contenere i fenomeni di subsidenza dei suoli e di risalita delle acque marine lungo i fiumi e nelle falde idriche		
Stabilità infrastrutture: garantire che le opere presenti nel bacino idrografico (strade, ferrovie, ponti, opere idrauliche "necessarie", ecc.) mantengano la loro funzionalità nel tempo					
APPROVVIGIONAMENTO IDRICO e SMALTIMENTO REFLUI: rendere disponibili le risorse idriche e permetterne un uso durevole	<i>Utenze domestiche (incluso settore turistico)</i>	Uso domestico (incluso turistico): garantire l'accesso all'acqua da parte degli utenti finali (mediante il servizio acquedottistico), una qualità della stessa conforme alle esigenze igienico-sanitarie (idoneità), in modo sostenibile dal punto di vista socio-	Accessibilità		
			Qualità dell'acqua al prelievo (idoneità)		
			Sostenibilità socio-economica	incidenza tariffa idrica su reddito	

		punto di vista socio-economico e in quantità e qualità conforme alla domanda	Soddisfazione della domanda	copertura media della domanda
				affidabilità quantitativa e qualitativa
	<i>Utenze irrigue</i>	Uso irriguo: garantire la soddisfazione della domanda	Soddisfazione della domanda	copertura media della domanda
				affidabilità quantitativa e qualitativa
	<i>Utenze idroelettriche e industriali</i>	Uso idroelettrico e industriale: garantire la soddisfazione della domanda	Soddisfazione della domanda	copertura media della domanda
				affidabilità quantitativa e qualitativa
	<i>Tutte le categorie di utenti</i>	Durevolezza (sostenibilità ambientale): garantire che la risorsa acqua sia disponibile anche per gli usi futuri e non solo per quelli attuali	Sostenibilità dei prelievi	Bilancio input/output del sistema
Disponibilità/uso risorsa SUOLO	<i>Enti territoriali</i>	Spazio per edificare-insediare attività produttive-servizi: garantire la disponibilità di spazi per le attività umane		
	<i>Consorzi di bonifica e irrigazione; agricoltori</i>	Conservazione del suolo: mantenere o ripristinare le caratteristiche del suolo idonee alle attività agro-zootecniche		
		Spazio per realizzare l'attività agricola: garantire la disponibilità di spazi per le attività agricole		

Tabella 63 – Albero (dei valori) degli obiettivi del PDB – 2 di 3

OBIETTIVO GENERALE	OBIETTIVO SPECIFICO	OGGETTO	ATTRIBUTO livello 1	ATTRIBUTO livello 2	ATTRIBUTO livello 3	
NATURA & AMBIENTE: Mantenere e aumentare il valore d'esistenza e filantropico e di uso indiretto dei beni ambientali	ECOSISTEMI ACQUATICI	<i>Corsi d'acqua</i>	Stato ecologico dei corsi d'acqua: conservare o migliorare lo stato ecologico in relazione ad uno stato di riferimento	Qualità dell'acqua	Condizioni generali Sostanze pericolose	
				Qualità idromorfologica	Regime idrico Assetto geomorfologico (morfologia micro e macro, assetto plano-altimetrico; equilibrio; spazio divagazione) Continuità (laterale, longitudinale, verticale)	
					Qualità biologica	Macroinvertebrati Fauna ittica Vegetazione terrestre (riparia e di corridoio) Vegetazione acquatica
						peculiarità geomorfologiche
				peculiarità biologiche		
		<i>Laghi/Zone umide</i>	Stato ecologico di laghi/zone umide: conservare o migliorare lo stato ecologico in relazione ad uno stato di riferimento	Qualità dell'acqua	Condizioni generali (chimico-fisiche) Sostanze pericolose	
				Qualità idromorfologica	Regime idrico Condizioni morfologiche	
					Qualità biologica	
				peculiarità geomorfologiche		
					peculiarità biologiche	
				Qualità biologica		
	ACQUE SOTTERRANEE	<i>Acque sotterranee superficiali</i>	Qualità dell'acqua: garantire uno stato di qualità "buono"			

		Stato quantitativo: garantire la rinnovabilità della risorsa		
	<i>Acque sotterranee profonde</i>	Qualità dell'acqua: garantire uno stato di qualità "buono"		
		Stato quantitativo: garantire la rinnovabilità della risorsa		
	<i>Unità idrogeologiche di versante</i>	Qualità dell'acqua: garantire uno stato di qualità "buono"		
Stato quantitativo: garantire la rinnovabilità della risorsa				
RETE ECOLOGICA	<i>Territorio di scala vasta (anche esterno al bacino)</i>	Connessione		
		Estensione		
		Naturalità		
ECOSISTEMI TERRESTRI	<i>Territorio del bacino</i>	Naturalità del territorio		

Tabella 64 – Albero (dei valori) degli obiettivi del PDB – 3 di 3

OBIETTIVO GENERALE	OBIETTIVO SPECIFICO	OGGETTO	ATTRIBUTO livello 1	ATTRIBUTO livello 2	ATTRIBUTO livello 3
RAPPORTO UOMO-BACINO IDROGRAFICO: recuperare e incentivare un miglior rapporto uomo-bacino idrografico	FRUIZIONE	<i>Specifici settori della popolazione; zone territoriali; collettività</i>	Peculiarità / interesse di carattere generale: valorizzare	peculiarità / gradevolezza del paesaggio fluviale	peculiarità / gradevolezza intrinseca del paesaggio fluviale interazione fisica e visiva tra corridoio fluviale e territorio circostante
				peculiarità bio-geomorfologiche	** Attributo valutabile (in modo approssimato) in base agli attributi <i>rilevanza naturalistica</i> presenti in <i>ecosistemi acquatici</i> nel ramo "Natura e Ambiente"
				naturalità, wilderness	** Attributo valutabile in base agli attributi <i>ecosistemi acquatici</i> ed <i>ecosistemi terrestri</i> del ramo "Natura e Ambiente"
				patrimonio storico-architettonico	
				presenza di strutture ricettive	
			Pesca sportiva: favorire	stato fauna ittica	**valutabile in base a ramo fauna ittica in <i>ecosistemi acquatici</i> **
				balneabilità (qualità dell'acqua)	
				accessibilità (sia in relazione all'avvicinamento - generalmente motorizzato- che alle aree di pesca)	
				estensione aree pescabili	
Balneazione/uso spiagge fluviali: permettere	Balneabilità	Qualità dell'acqua			
		Regime idrico			

			Presenza di spiagge / aree di accesso a tratti balneabili	
			accessibilità (sia in relazione all'avvicinamento che alle spiagge)	
		Trekking/escursionismo a piedi: favorire	Accessibilità percorsi (con mezzi pubblici o privati)	
			Godibilità	Estensione e continuità percorsi e connessione tra percorsi diversi sicurezza percorsi e accessibilità a traffico non pedonale)
		Cicloescursionismo: favorire	Accessibilità percorsi (con mezzi pubblici o privati)	
			Godibilità	Estensione e continuità percorsi e connessione tra percorsi diversi Sicurezza percorsi (sovrapposizione con strade accessibili a traffico motorizzato)
		Educazione ambientale: estendere	Presenza di centri di educazione ambientale	
			Accessibilità (dei centri di EA e delle aree di interesse ambientale)	
		Escursionismo motorizzato (a scopo paesaggistico/culturale): favorire	Accessibilità (stradale) e presenza aree di sosta	
Identità/valenza STORICO-CULTURALE	<i>Specifici settori della popolazione; zone territoriali; collettività</i>	Presenza attività tradizionali legate all'acqua: valorizzare		
		Patrimonio storico-architettonico-culturale-paesaggistico: proteggere e valorizzare		
ATTIVITA'-FILIERE ECONOMICO PRODUTTIVE legate all'acqua	<i>Attori sociali; zone territoriali</i>	Attività legate al turismo/fruizione: favorire		
		Nuove filiere (es. biomasse in zone riparie): valorizzare		

12.2 Matrice di valutazione adottata per lo Schema Direttore Reno Vivo

Come indicato nel paragrafo precedente, per il presente lavoro si utilizza una matrice semplificata rispetto a quella relativa ad un Piano di Bacino completo.

Partendo dagli obiettivi dello Schema Direttore dichiarati al Par. 8.2, i criteri di valutazione utilizzati per confrontare le diverse alternative ipotizzate emergono facilmente e sono riportati nella tabella seguente.

OBIETTIVO GENERALE	OBIETTIVO SPECIFICO	ATTRIBUTO	ALT 0	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
			Fiume Reno				
BASI PER L'ESISTENZA UMANA e lo SVILUPPO ECONOMICO	RISCHIO IDRAULICO	Aree inondabili con tempo di ritorno x					
	USI ECONOMICO-PRODUTTIVI	Soddisfazione della domanda					
NATURA & AMBIENTE	STATO ECOLOGICO FIUME	Qualità Chimico-Fisica					
		Qualità Biologica					
		Qualità Idromorfologica					
	RETE ECOLOGICA	Grado di realizzazione ecc.					
RAPPORTO UOMO-FIUME	FRUIZIONE	Balneazione, ecc.					

Tabella 65 - Matrice di valutazione adottata per lo Schema Direttore Reno Vivo

Per una descrizione dei singoli attributi si rimanda all'Appendice, Capitolo.20.

13 Risultati preliminari qualitativi della valutazione multicriterio

Per poter definire quanto ognuna delle alternative ipotizzate raggiunge i singoli obiettivi dello SD, occorrerebbe utilizzare numerosi strumenti modellistici per la previsione degli effetti idraulici, geomorfologici, di qualità dell'acqua, ecc., nonché modelli e valutazioni basate sul giudizio esperto per definire gli effetti delle alternative sulle componenti ambientali; tale applicazione esula dal presente lavoro, per il quale si è condotta una valutazione qualitativa basata su due punti fondamentali:

- risultati di analoghi progetti di riqualificazione fluviale realizzati in campo internazionale, descritti sinteticamente in Appendice, Capitolo 19
- giudizio esperto, fornito grazie a valutazioni del gruppo di lavoro e al confronto con i tecnici degli Enti

Come ricordato al Par. 15, la scelta delle azioni da mettere in campo, la stima dei loro effetti sul sistema socio-economico e ambientale e la valutazione di quanto ogni alternativa/azione raggiunge gli obiettivi prefissati, dovrà essere effettuata in modo maggiormente accurato in una seconda fase, quando sarà possibile effettuare gli approfondimenti necessari.

OBIETTIVO GENERALE	OBIETTIVO SPECIFICO	ATTRIBUTO	ALT 0	ALT 1	ALT 2	ALT 3	ALT 4
			Fiume Reno				
BASI PER L'ESISTENZA UMANA e lo SVILUPPO ECONOMICO	RISCHIO IDRAULICO	Aree inondabili con tempo di ritorno x	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
	USI ECONOMICO-PRODUTTIVI	Soddisfazione della domanda	Green	Green	Green	Yellow	Green
NATURA & AMBIENTE	STATO ECOLOGICO FIUME	Qualità Chimico-Fisica	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
		Qualità Biologica	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
		Qualità Idromorfologica	Orange	Orange	Orange	Green	Green
	RETE ECOLOGICA	Grado di realizzazione ecc.	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
RAPPORTO UOMO-FIUME	FRUIZIONE	Cicloescursionismo, balneazione, ecc.	Yellow	Green	Green	Green	Green

Figura 92 – Risultati qualitativi dell'analisi multicriterio

La matrice di valutazione qualitativa riportata in figura permette comunque di individuare un'alternativa, ALT 4, che si candida ad essere presa in considerazione come possibile Schema Direttore Reno Vivo, infatti:

- dal punto di vista degli obiettivi di tipo antropico contemplati nell'obiettivo generale “Basi per l'esistenza umana e lo sviluppo economico”
 - permette di soddisfare il criterio di valutazione relativo al “rischio idraulico” in modo leggermente inferiore rispetto ad ALT 3, che risulta essere l'alternativa con le maggiori prestazioni da questo punto di vista, ma comunque in modo superiore rispetto alle altre alternative, che non modificano il rischio idraulico in quanto non sono previste modifiche sostanziali all'assetto fisico del fiume. Il giudizio fornito si basa sulla considerazione, suffragata generalmente anche dai casi studio internazionali presentati in appendice, che restituire spazio per esondare e divagare ai corsi d'acqua, in ambiti non urbani, permette di diminuire il rischio

- idraulico nelle aree urbanizzate. Per verificare questa affermazione generale occorrerà ovviamente effettuare una opportuna simulazione idraulica.
- soddisfa in modo intermedio rispetto alle altre alternative le necessità legate agli “*usi economico-produttivi*” dell’acqua (irrigui, potabili, ecc.); infatti, rispetto alla situazione attuale, che rimane immutata in ALT 1, prevede una diminuzione dei prelievi ed una maggiore regolamentazione per rispettare almeno il DMV, ma permette comunque un uso dell’acqua sicuramente superiore rispetto a quanto previsto in ALT 4, in cui si prevede come assoluta priorità il ritorno ad un regime idrico naturale.
 - dal punto di vista degli obiettivi di tipo ambientale contemplati nell’obiettivo generale “*Natura&Ambiente*”
 - garantisce un miglioramento della “*qualità dell’acqua*” pari ad ALT 4 e superiore alle altre alternative
 - permette un miglioramento dell’ecosistema fluviale (*qualità biologica ed idromorfologica*) e della *rete ecologica* superiore alle altre alternative, inferiore solo ad ALT 3, per la quale non si considerano i necessari compromessi, nella situazione in esame, con le necessità antropiche
 - dal punto di vista degli obiettivi legati al “*Rapporto uomo-fiume*”
 - si evidenzia come tutte le alternative permettono la *fruizione* del fiume, sebbene nelle ALT 3 e 4 si preveda una fruizione più “soft” e attenta alle dinamiche morfologiche del Reno (ad esempio, percorsi ciclopedonali lontani dalla fasce di evoluzione morfologica del fiume)

Nel complesso, ALT 4 appare essere l’alternativa più equilibrata tra quelle messe in campo, che permette cioè di trovare un giusto compromesso tra la necessità di migliorare l’ecosistema fluviale e la garanzia degli interessi antropici legati al fiume.

14 Ipotesi preliminare di Schema Direttore “Reno vivo”

14.1 Descrizione dello Schema Direttore Reno Vivo (ALT 4)

La valutazione effettuata al Cap.13 ha portato a scegliere l’alternativa ALT 4 come ipotesi preliminare di SCHEMA DIRETTORE “RENO VIVO”, da portare all’attenzione degli Enti e, successivamente, dei portatori di interesse, per un suo recepimento condiviso negli strumenti pianificatori vigenti.

Come già ricordato al Par.11.4, ALT 4 fa propri i risultati della caratterizzazione integrata, in particolare per gli aspetti geomorfologici, e prova a porre rimedio alla situazione di notevole allontanamento del fiume dal suo stato di riferimento, rinunciando a parte delle aree che potrebbero essere restituite al corso d’acqua al fine di soddisfare obiettivi di tipo antropico.

Come filosofia generale si prevede di modificare l’assetto fisico del fiume per ricreare le dinamiche morfologiche e tendere verso lo stato di riferimento, corrispondente ad una tipologia di fiume a *canali intrecciati* dalla confluenza del Torrente Setta sino alla Chiusa di Casalecchio e ad una tipologia *wandering* (di *transizione* tra meandriforme e canali intrecciati) dalla Chiusa fino al ponte dell’autostrada A14.

Le linee d’azione proposte sono sintetizzate nei due paragrafi seguenti, facendo riferimento alle tavole presentate da Figura 93 a Figura 98.

14.1.1 Linee d’azione “assetto fisico”

NOTA

Tutti gli interventi di rimodellamento morfologico del corso d’acqua suggeriti di seguito devono prevedere un riutilizzo del materiale inerte nell’ambito dell’intervento o in altri siti lungo il fiume Reno.

Come specificato al Par.Errore. L’origine riferimento non è stata trovata., la realizzazione di tali interventi deve essere preceduta da attenti studi geomorfologici ed idraulici a scala sia di bacino che di tratto in progetto, studi che devono contenere il bilancio globale dei materiali movimentati; tendenzialmente il bilancio globale dei sedimenti dovrebbe essere nullo, salvo casi molto specifici e ben documentati.

Le asportazioni di sedimenti previste per gli ampliamenti d’alveo dovrebbero prevedere la reimmissione degli inerti nel fiume al fine di innescare una nuova sedimentazione nei punti in cui si ha l’emersione del substrato, oppure il riutilizzo per la creazione di isole, rampe, scale per pesci, diversificazione d’alveo, ecc..

In generale, la quantità di inerti “nobili” (ghiaie e sabbie) che può essere permanentemente sottratta al sistema fluviale dagli interventi non dovrebbe superare la quantità di materiale dello stesso tipo che può esservi re-introdotta per apporto da monte in tempi brevi (indicativamente 5 anni). Se tale condizione non si verificasse, si potrebbe infatti provocare un impoverimento ecologico e ambientale del sistema, con sostituzione di ghiaie e sabbie con limi e argille, dalle “prestazioni” ecologiche e ambientali inferiori.

Le linee d’azione proposte sono presentate di seguito.

- Nel tratto compreso tra il Torrente Setta e il viadotto autostradale di Sasso Marconi (Quadro 1), si prevede la realizzazione di un'area in sinistra idrografica dedicata alla fruizione, come indicato nel PSC del comune, in cui si provveda anche alla riattivazione ed alla conservazione delle dinamiche fluviali dell'alveo.

- Nel tratto compreso tra il viadotto autostradale di Sasso Marconi e la derivazione del Canale del Maglio (Quadro 1), la zonizzazione ipotizzata prevede la restituzione alle dinamiche fluviali di tutte le golene in destra idrografica, recuperabili applicando le linee d'azione descritte al Capitolo 9.

Nella gola dello Scaletto in destra idrografica è presente un'attività di motocross che si ritiene necessario delocalizzare al di fuori dell'area di pertinenza fluviale, al fine di allontanare ogni azione di disturbo nell'area; occorre pertanto valutare la disponibilità di siti per accogliere tale attività e, in via preliminare, si suggerisce l'utilizzo in tal senso dell'area relativa all'imbocco del traforo autostradale, come indicato in Figura 93.

La gola in sinistra, posta in corrispondenza del viadotto autostradale a Sasso Marconi, è invece già ora interessata da attività antropiche, come il depuratore di Sasso Marconi, un agriturismo, i laghetti di cava; in questo caso si prevede solo una parziale riconnessione del Reno alle golene mediante eliminazione di parte del setto che separa i laghetti dal fiume, prestando attenzione alla protezione del depuratore e valutando le conseguenze sull'agriturismo presente, per il quale è possibile valutare o la protezione mediante un argine a coronella o la delocalizzazione. La connessione del fiume con i laghi necessita ovviamente di un'attenta valutazione degli effetti sulla falda, sull'ecosistema e sulle dinamiche fluviali, che andranno approfonditi mediante un apposito studio.

Le aree comprese tra il viadotto e il depuratore potrebbero invece essere in parte destinate alla creazione di zone umide con finalità di post-trattamento del depuratore ed in parte alla riforestazione ed all'utilizzo fruitivo.

- Nel tratto compreso tra la derivazione del Canale del Maglio e la Chiusa di Casalecchio (Quadro 2) si prevede di restituire al fiume in modo limitato le aree poste in sinistra idrografica.

L'area dei laghi del Maglio è infatti oggetto della progettazione dell'invaso per il sostegno del regime idrico citato in premessa al presente lavoro, mentre le aree limitrofe ed i laghi omonimi sono oggetto di attività fruibili; si prevede però la delocalizzazione nel medio termine del frantoio presente in sinistra a monte dei suddetti laghi e la riconnessione della piana inondabile ora occupata con il fiume.

Sempre in sinistra idrografica si prevede la delocalizzazione del frantoio posto in Comune di Casalecchio poco a monte della Chiusa di Casalecchio ed una parziale restituzione della piana inondabile al fiume, azione da conciliarsi con la costituzione di un parco pubblico fluviale nella medesima area, nella porzione più distante dall'alveo attivo.

Per quanto riguarda le Cave San Gherardo, in destra idrografica, si prende atto della previsione di assetto territoriale, per il recupero dell'area di cava a zona umida, determinata dalla convenzione in essere tra il Comune di Sasso Marconi e l'esercente dell'attività estrattiva.

Si sottolinea come la priorità del presente studio in merito alla situazione in esame sia legata all'eliminazione dell'impatto sul regime idrico conseguente all'attuale derivazione di acque dal fiume Reno per alimentare la zona umida presente nell'ex cava.

Qualora la soluzione prospettata nella convenzione non riesca a risolvere tale problematica o tale soluzione non si riveli sostenibile nel lungo periodo o, infine, si rilevino impatti non sostenibili su altri habitat o corsi d'acqua conseguenti alle azioni previste nella convenzione, si suggerisce di approfondire a livello tecnico-economico una soluzione alternativa, che preveda la connessione al fiume delle aree occupate dall'Oasi di San Gherardo mediante abbassamento del setto che le divide dal Reno, aumentando così le aree disponibili per le esondazioni in caso di piena.

L'oasi potrebbe così trasformarsi in un'area allagata temporaneamente con una frequenza da stabilire in fase di progettazione, sede di una piccola zona umida perenne alimentata dalle acque che residuano dallo

svuotamento dell'area dopo le piene, di un bosco umido allagabile che contorna la zona umida e di aree poste a livelli più alti occupate da vegetazione. In questo modo la gestione dell'oasi potrebbe non più affidarsi alla necessità di prelievi idrici dal Reno o da altri corpi idrici limitrofi, per alimentare la zona umida, ma diverrebbe un ecosistema in equilibrio autonomo.

Per quanto riguarda l'alveo attivo dell'intero tratto di fiume qui descritto, ora monocorsuale, inciso e stabile, si dovrebbe procedere alla riattivazione della dinamica morfologica al fine di favorire la creazione naturale di nuovi habitat e il riequilibrio della situazione di incisione e di mancanza di sedimenti in alveo.

- Nel tratto compreso tra la Chiusa di Casalecchio e l'inizio del tratto arginato (tratto cittadino - Quadro 3), si prevede di destinare all'evoluzione dell'alveo parte della piana storicamente interessata dalle dinamiche fluviali, per favorire la ricomparsa di una tipologia di tipo *wandering* presente nelle carte del 1884.

Si segnalano inoltre due situazioni particolari:

(a) Per quanto riguarda le aree in sinistra idrografica nei pressi del quartiere Barca (Bologna), si ipotizza la loro riconnessione al fiume mediante sbancamento, mentre in destra idrografica si ipotizza la riapertura di un canale secondario già presente, ma ora parzialmente intasato da sedimenti, i quali dovrebbero essere rimossi e reimmessi in alveo.

(b) In destra idrografica, a monte del ponte della ferrovia, si può prevedere di alleggerire la pressione della corrente in sinistra idrografica (ove è prevista la localizzazione di nuove urbanizzazioni), mediante scavo di un canale secondario naturaliforme e restituzione in alveo dei sedimenti.

Oltre alle azioni relative al tratto di Reno in studio, si segnala la necessità di intervenire anche a monte dello stesso, sugli aspetti geomorfologici (aumento del trasporto solido da monte, ecc.), sulla qualità dell'acqua e sulla gestione del regime idrico, in particolare degli invasi e dei prelievi di monte.

14.1.2 Linee d'azione "biologia-quantità&qualità acqua"

Vegetazione

La caratterizzazione effettuata utilizzando come base la carta dell'uso del suolo e la carta forestale, ha integrato le analisi sullo stato della fascia riparia citate in ALT 1 e ha messo in evidenza siti ulteriori che necessitano di una riqualificazione di tipo vegetazionale, in particolare per la vegetazione di corridoio.

- Nel tratto compreso tra il viadotto autostradale di Sasso Marconi e la derivazione del Canale del Maglio (Quadro 1) la fascia di vegetazione riparia risulta a buona naturalità e piuttosto continua, con una successione da zone a vegetazione riparia legnosa di *Salix elaeagnos* a zone con formazioni a *Salix alba* e *Populus alba*. Nella zona di corridoio esistono, su entrambe le sponde, vaste aree golenali già oggi ricoperte con ampi boschi ripari di cui alcuni a buona naturalità (foreste a galleria di *Salix alba* e *Populus alba*), alternati e interrotti da zone disturbate da passate attività di escavazione o da zone ad uso agricolo. Nelle aree limitrofe alle zone disturbate si registra un generale peggioramento della qualità vegetazionale con la comparsa di specie infestanti. Vista l'ottima situazione già presente, le azioni di miglioramento proposte mirano in sostanza a colmare tali discontinuità intervenendo, a seconda delle diverse situazioni, con azioni vere e proprie di imboscamento naturalistico, oppure guidando e favorendo la naturale

rigenerazione di boschi ripari (soprattutto dove risulta più facile una riconnessione tra corso d'acqua e piana inondabile) oppure limitandosi ad interventi mirati di riqualificazione della copertura esistente.

- Nel tratto compreso tra la derivazione del Canale del Maglio e la Chiusa di Casalecchio (Quadro 2), si mantiene la situazione complessivamente positiva dello stato della vegetazione rilevata nel tratto precedente, soprattutto in sponda destra. Le azioni di miglioramento proposte mirano anche in questo caso a favorire la formazione di boschi di corridoio in aree oggetto di passate attività estrattive (zone limitrofe ai laghetti San Gherardo), alla conversione di qualche zona a pioppeto in bosco naturale e a favorire in alcuni punti la generazione spontanea di boschi ripari. Nella progettazione degli interventi andrà chiaramente considerata la tutela di habitat di pregio già presenti (anche a formazioni erbacee secche o cespuglieto).

- Nel tratto compreso tra la Chiusa di Casalecchio e l'inizio del tratto arginato (tratto cittadino - Quadro 3), la situazione ed il contesto (prevalentemente urbano) cambiano radicalmente. Nonostante questo, gli spazi per un miglioramento della vegetazione sembrano non mancare; le azioni proposte vanno nella direzione di favorire la creazione di una forestazione "a macchie" nelle aree retrostanti gli interventi di riqualificazione morfologica, per favorire la fruizione di un ambiente dall'aspetto e dal funzionamento più naturale. Questo obiettivo può essere conseguito nell'ambito di interventi di rimboschimento ma anche andando a valorizzare e riqualificare aree vegetate già presenti.

Fauna ittica

Tralasciando le azioni di miglioramento complessivo della naturalità del corso d'acqua e della qualità/quantità d'acqua, che avrebbero effetti determinanti nel miglioramento di questa componente biotica, si suggeriscono alcune indicazioni di intervento molto specifiche per la fauna ittica. Una delle azioni ritenute comunemente efficaci per il miglioramento di questa componente faunistica riguarda la realizzazione di passaggi per pesci; tale pratica (in molti contesti richiesta oramai come obbligatoria per la realizzazione di nuove briglie o traverse di derivazione) è funzionale a favorire gli spostamenti longitudinali dei pesci ai fini di poter svolgere in modo adeguato alcune fasi importanti del loro ciclo vitale (riproduzione, rifugio, alimentazione). Analizzando in modo critico l'efficacia di molti degli interventi già realizzati nel contesto nazionale, emerge una considerazione evidente; molti dei passaggi realizzati non sono (e spesso non sono mai stati) funzionanti e costituiscono quindi un'inutile, costosa e dannosa artificializzazione aggiuntiva al corso d'acqua. I motivi sono in buona parte riconducibili a macroscopici errori progettuali, ma anche ad una mancata pianificazione a scala quantomeno di tratto delle opere: quali specie e rispetto a quale esigenza biologica (e quindi periodo dell'anno) si vuole favorire, quali sono i passaggi davvero utili e "strategici", quali quelli addirittura dannosi, ecc..? Nel quadro conoscitivo a supporto di questa progettazione non sono emersi studi dettagliati che permettano di rispondere compiutamente a tutte queste questioni; è emersa però la consapevolezza che il fiume presenta numerosissime (soprattutto a valle di Casalecchio) interruzioni longitudinali, che i tronchi compresi fra le interruzione sono spesso molto diversi tra loro (per portata, qualità dell'acqua) e che l'attuale stato della comunità ittica nei punti campionanti sembra risentire di questa situazione. E' emerso inoltre che nel tratto esistono numerose specie di pregio da tutelare secondo le varie direttive europee e specie invasive (ad esempio il Siluro).

Tutti questi elementi portano a considerare seriamente l'ipotesi che sia davvero utile affrontare uno studio mirato, integrato e complessivo del tratto per capire se, in che modo, con quale priorità e dove è effettivamente utile realizzare passaggi per i pesci. Al momento ci si è limitati a segnalare nelle tavole relative alle linee d'azione la presenza degli elementi di discontinuità e l'indicazione della necessità di affrontare il problema.

In aggiunta, si suggerisce di realizzare un'attenta "gestione faunistica" della comunità ittica, con riferimento sia all'intero tratto in studio che ai bacini utilizzati intensamente ai fini della pesca sportiva, spesso in connessione idraulica con il fiume e quindi fonte potenziale di immissione di specie esotiche; in

quest'ultimo caso l'azione indica la necessità di valutare se si verifichi uno scambio di materiale ittico fra il fiume ed i bacini, per mettere in atto adeguate azioni di tutela della comunità ittica per risolvere il problema.

Qualità dell'acqua

Si indicano nelle tavole seguenti i punti in cui si potrebbero realizzare interventi finalizzati al miglioramento della qualità dell'acqua (miglioramento e spostamento di scarichi puntiformi). Gli effetti di tali interventi risulterebbero chiaramente più efficaci se fossero affiancati da una strategia di miglioramento complessivo del regime idrologico che però va affrontata a scala di bacino. Non mancano nelle tavole comunque le indicazioni per interventi locali (ad esempio una revisione della gestione della derivazione del Maglio) che potrebbero subito avere effetti significativi per tratti critici del corso d'acqua.

Regime idrico

Si rimanda alle considerazioni effettuate in merito alle linee d'azione per il miglioramento del regime idrico (Par.9.1.4).

In aggiunta, si segnala che nell'alternativa in oggetto è stata zonizzata un'area indicata come “bacino potenziale per la riserva idrica + fruizione”, che potrebbe essere destinata ad accogliere un nuovo bacino nel caso in cui le azioni di risparmio dei consumi d'acqua e le politiche di gestione degli invasi e dei prelievi “a favore del fiume” non si rilevino sufficienti.

Tale indicazione deve essere intesa non tanto come una destinazione d'uso già stabilita, quanto piuttosto un suggerimento per il futuro, che si pone l'obiettivo principale di tutelare le golene del fiume Reno destinate dallo Schema Direttore alle dinamiche fluviali, così da evitare che possano essere interessate da nuovi bacini.

La localizzazione di questo eventuale bacino integrativo ricade infatti nell'area dei laghi del Maglio, già intensamente antropizzata e nella quale un ulteriore intervento provocherebbe un impatto decisamente inferiore rispetto a quello che si avrebbe intervenendo sulle altre golene del Reno.

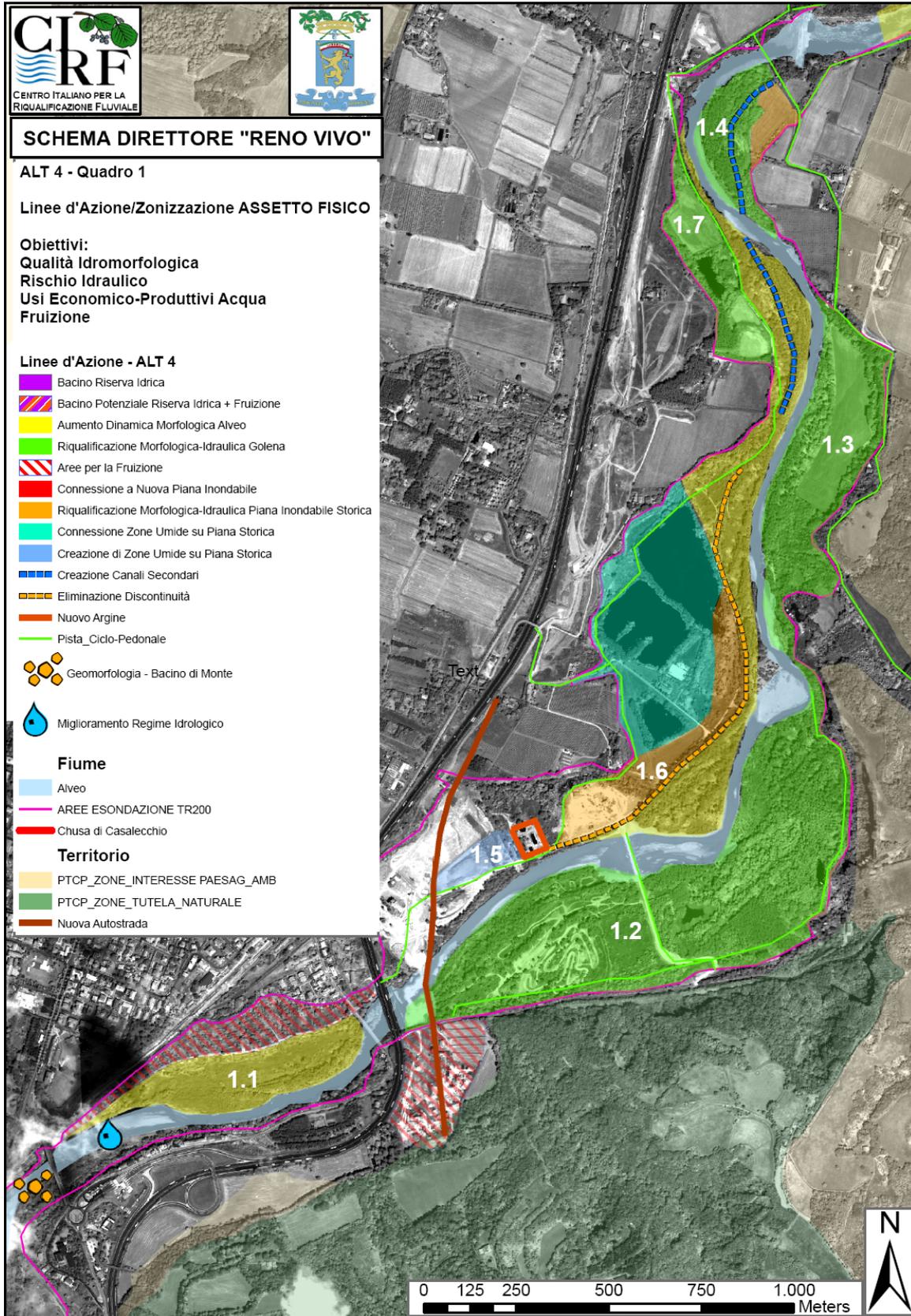


Figura 93 – ALT 4 – Dettaglio Linee d'azione assetto fisico – Quadro 1

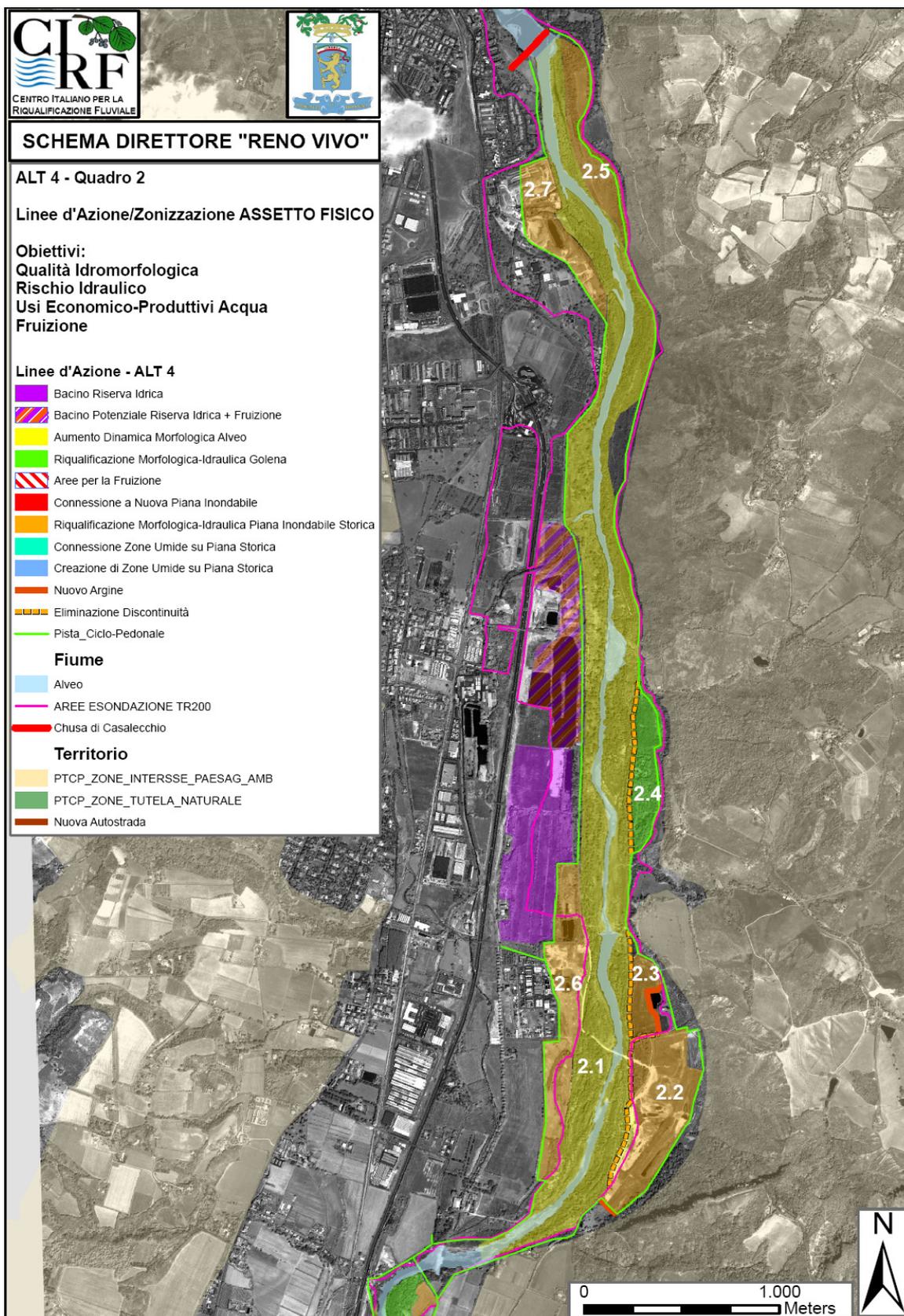


Figura 94 – ALT 4 – Dettaglio Linee d'azione assetto fisico – Quadro 2

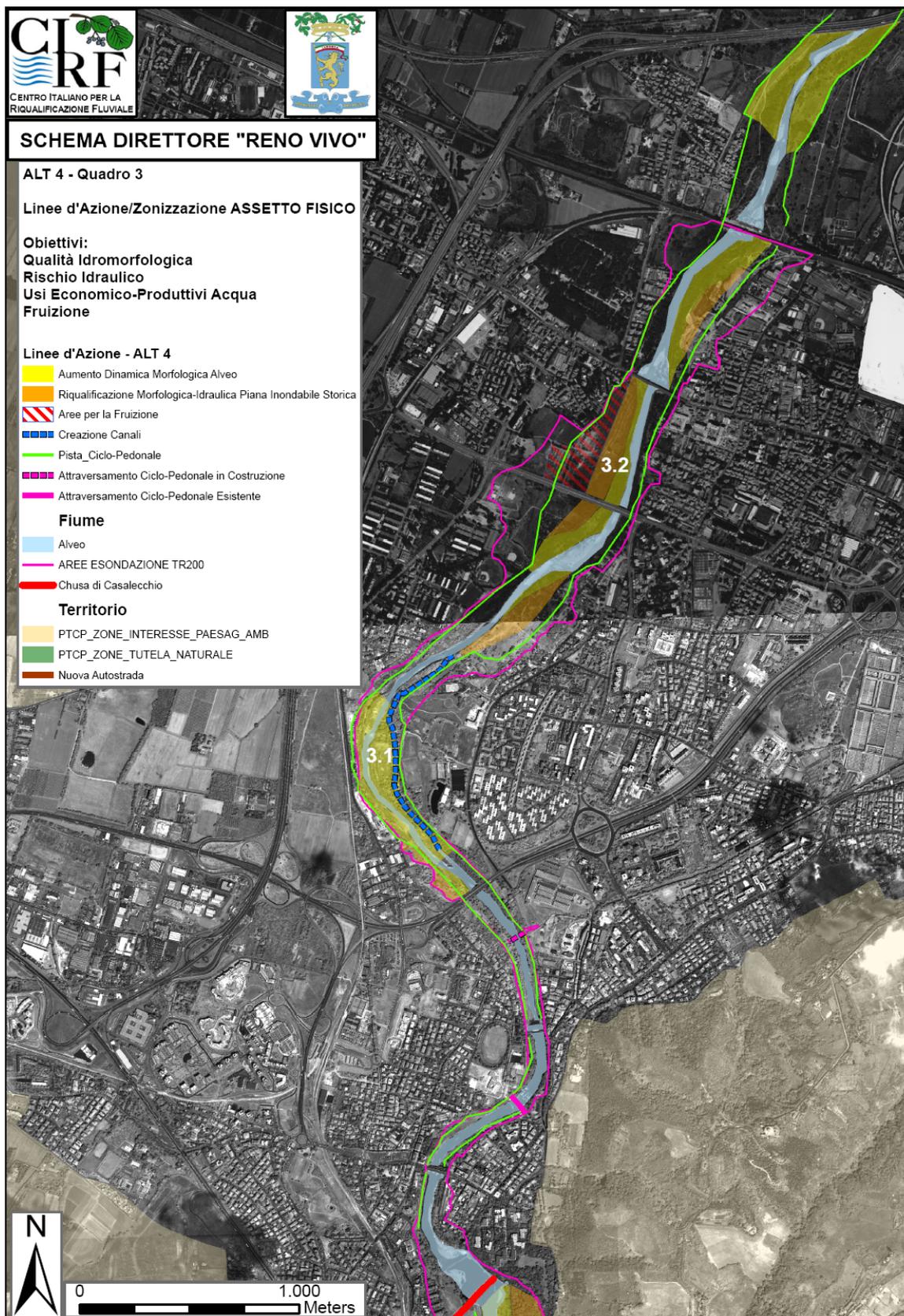


Figura 95 – ALT 4 – Dettaglio Linee d'azione assetto fisico – Quadro 3

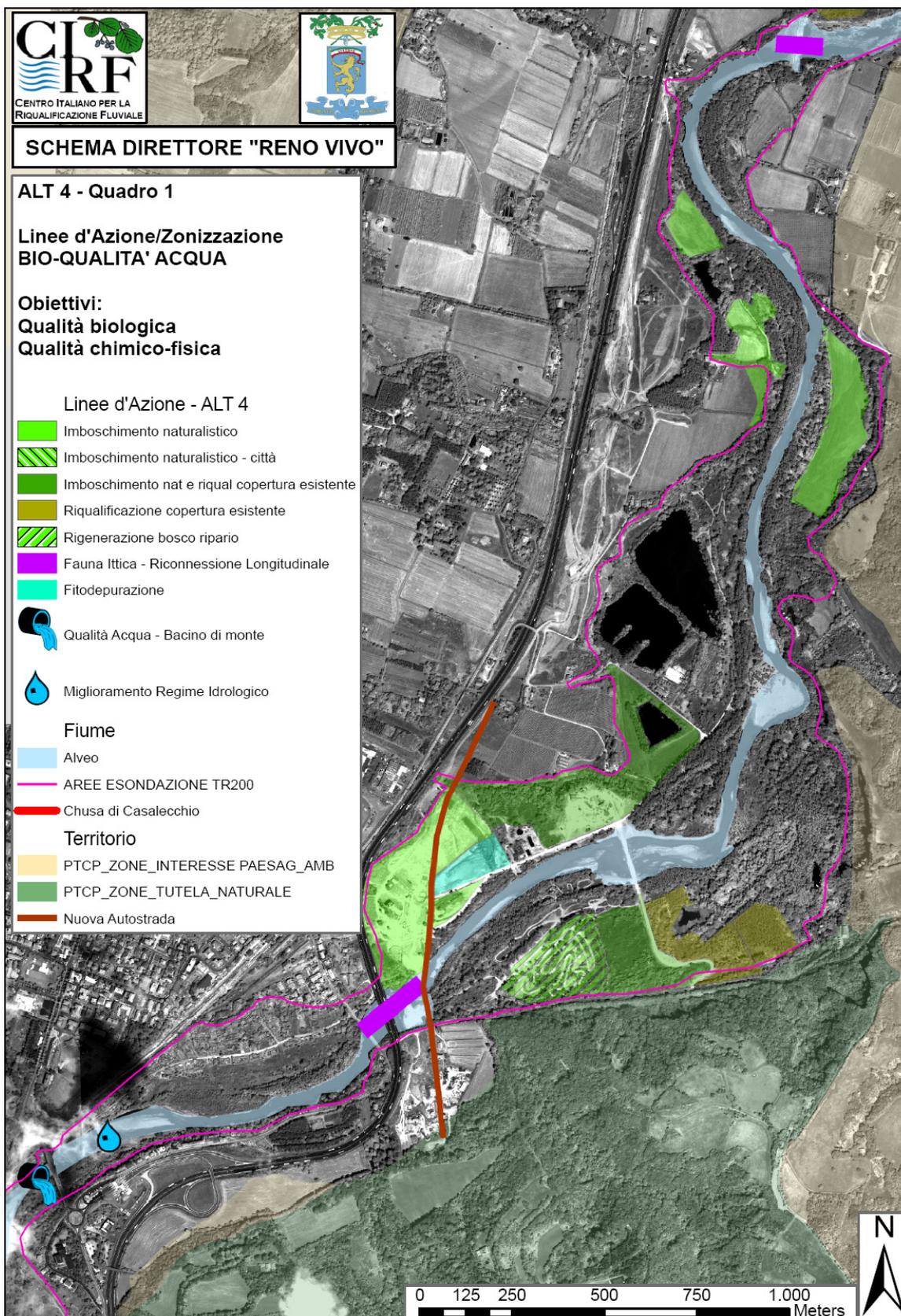


Figura 96 – ALT 4 – Dettaglio Linee d'azione quantità, qualità biologica e chimico-fisica – Quadro 1

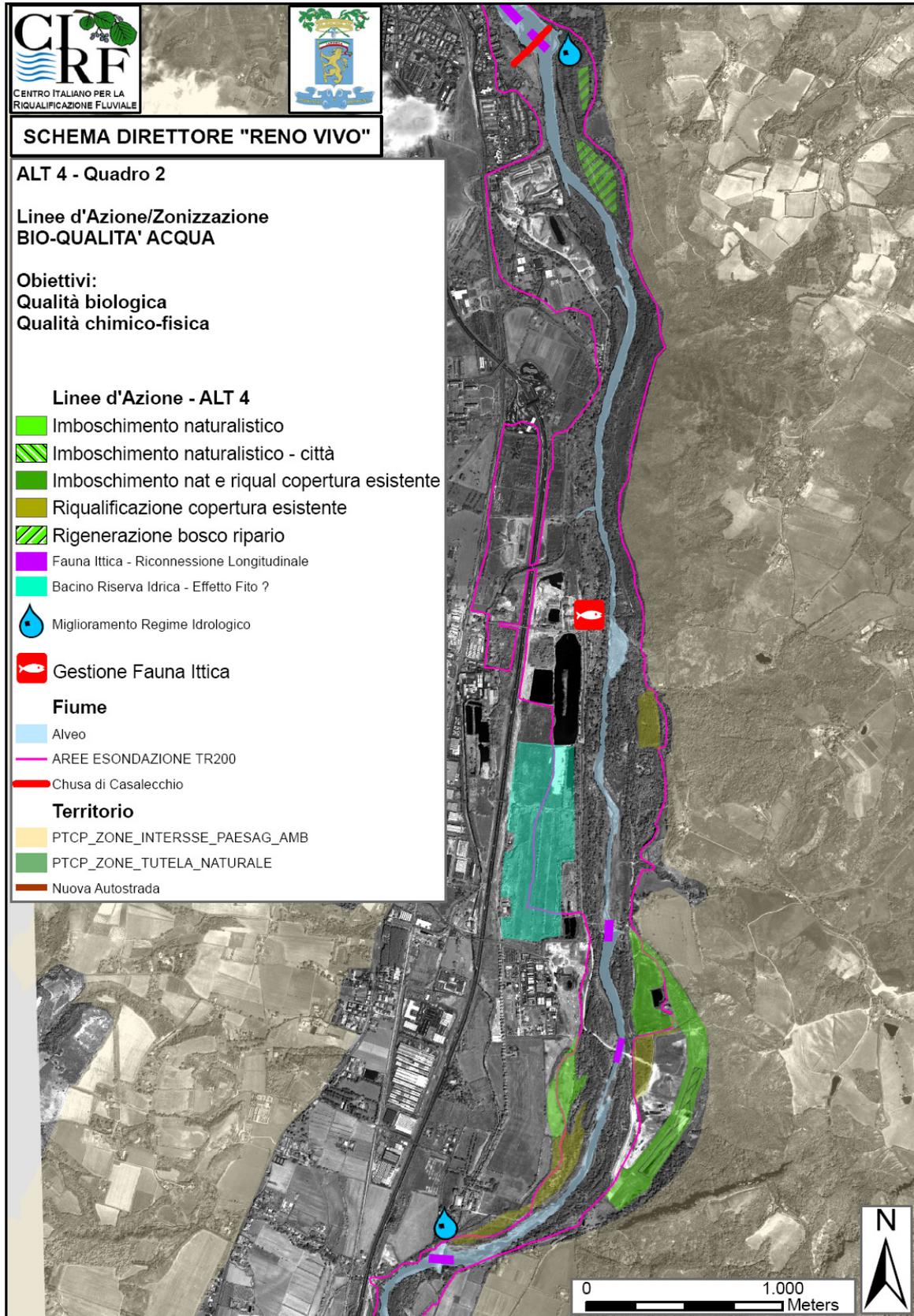


Figura 97 – ALT 4 – Dettaglio Linee d'azione quantità, qualità biologica e chimico-fisica – Quadro 2

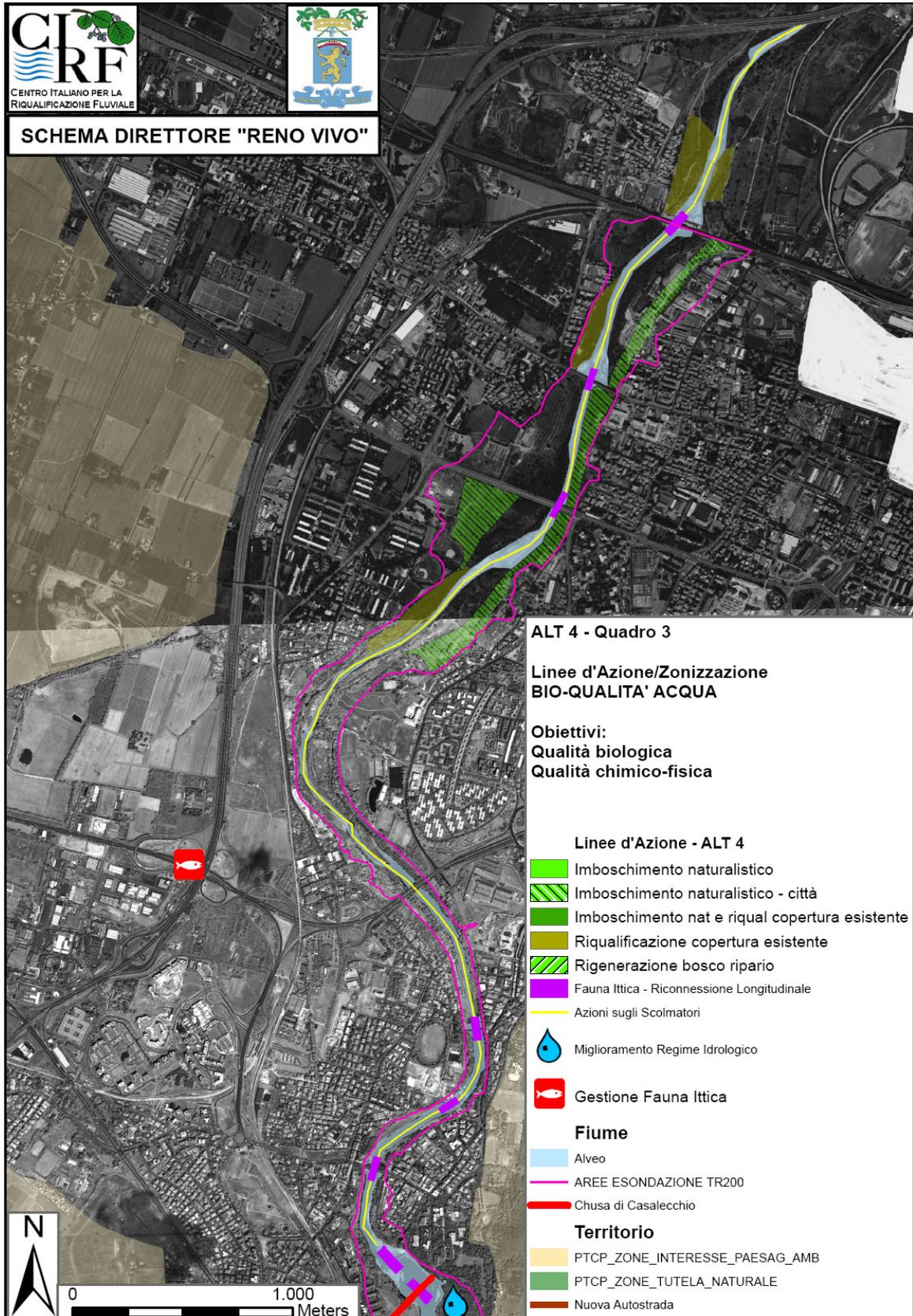


Figura 98 – ALT 4 – Dettaglio Linee d'azione quantità, qualità biologica e chimico-fisica – Quadro 3

14.2 Schede di sintesi delle possibili azioni di riqualificazione

Come già ricordato al Cap. 11, le alternative di Piano ipotizzate, compresa quella scelta come proposta di SD (ALT 4), sono costituite da un insieme di LINEE D'AZIONE applicate a determinate porzioni di territorio, che si traducono graficamente nella ZONIZZAZIONE dello stesso, riportata, per quanto riguarda lo SD, nei paragrafi precedenti.

In questo paragrafo si fornisce un elenco indicativo di possibili azioni che potrebbero attuare l'alternativa scelta come SD, elenco che deve essere considerato non tanto come una progettazione di tipo preliminare, che individua con un certo margine di precisione gli interventi da realizzare, quanto piuttosto come un supporto alla comprensione di come potrebbero essere modificati gli ambiti fluviali dall'applicazione dello SD.

Solo la realizzazione delle indagini integrative (geomorfologiche, topografiche, idrologiche, idrauliche, ecc.) suggerite al Cap. 15, permetterà di definire nel dettaglio le azioni da mettere in campo, la loro localizzazione ed il loro dimensionamento: ne consegue che l'elenco di interventi presentato nelle tabelle seguenti, e la relativa quantificazione economica di massima, deve essere intesa come un'indicazione tendenziale, che fornisce un ordine di grandezza degli interventi da realizzare.

La valutazione dei costi di realizzazione degli interventi è stata condotta considerando il costo vero e proprio di realizzazione dei lavori proposti, le spese tecniche, l'accantonamento per imprevisti, l'IVA e le tasse.

Non sono stati contemplati i costi di acquisizione delle aree non di proprietà pubblica.

Il costo vero e proprio di realizzazione dei lavori proposti è stato condotto sulla base di costi parametrici, stimati sulla base di concrete esperienze di progettazione, riportati nella tabella seguente.

Tabella 66 – Costi parametrici degli interventi proposti

Tipo di intervento	Costo unitario
Riqualificare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni)	9.200 euro/ha
Rimboschimento naturalistico: decespugliamento, preparazione del terreno, fornitura e messa a dimora di 1.700 piantine per ettaro in semenzali di 1 o 2 anni, protezione con shelter e biodisco, un intervento di pulizia all'anno per i tre anni successivi all'impianto	36.500 euro/ha
Destutturazione sponda per una larghezza di 5 m al fine di innescarne l'erosione: taglio della vegetazione presente, eradicazione dal suolo delle ceppaie	55 euro/ml
Realizzazione di opere in scogliera semplice o legata per difese di sponda o realizzazione di soglie (5 mc/ml di scogliera vuoto per pieno)	500 euro/ml
Realizzazione di arginature a coronella: rilevato di ampiezza 3 m in sommità ed elevazione massima dal piano campagna di 2 m, cassonetto profondità 1 m	380 euro/ml
Scavi di sbancamento	4,5 euro/mc

L'accantonamento per imprevisti, come di norma, è stato posto pari al 5% dell'importo lavori.

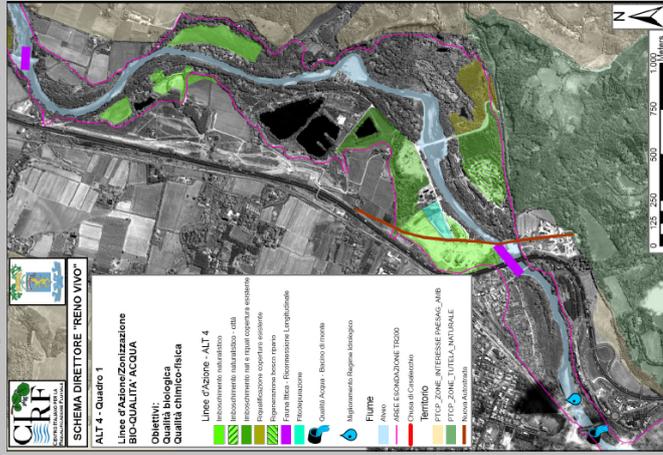
Le spese tecniche sono state stimate pari al 15% dell'importo lavori, comprendendo: tutti i gradi della progettazione, coordinamento per la sicurezza, direzione lavori e contabilità, rilievi e studi a supporto, eventuali studi di impatto ambientale.

Nelle pagine seguenti si presenta l'elenco dei possibili interventi proposti per l'attuazione dello SD ed i relativi costi, riferiti alle aree indicate da una numerazione progressiva nelle mappe di Figura 99, Figura 100 e Figura 101, relative ai 3 quadri in cui è stato suddiviso il tratto di fiume in studio.

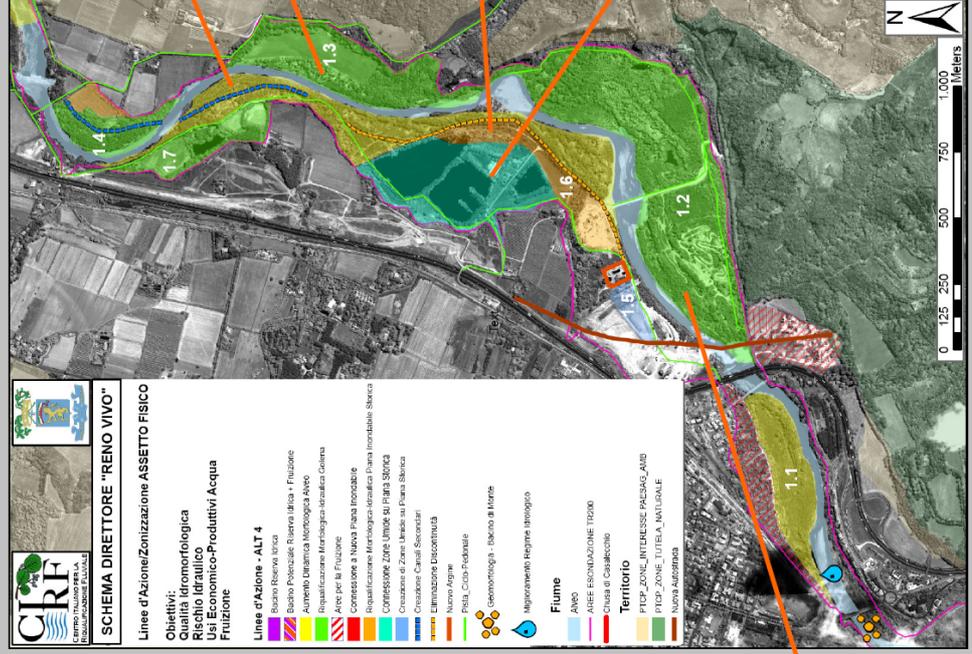
In totale, l'attuazione degli interventi sul tratto di Fiume Reno studiato ammonta ad un importo lavori di poco meno di 10 milioni di euro, per una spesa totale, al netto dei costi per l'eventuale acquisizione al pubblico demanio delle aree, di poco meno di 13,5 milioni di euro.

QUADRO 1 – SINTESI DELLE POSSIBILI AZIONI DI RIQUALIFICAZIONE

Linee d'azione per la riqualificazione ecologica e il miglioramento della qualità dell'acqua



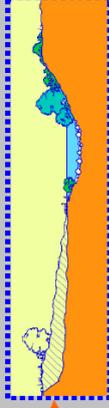
Linee d'azione per la riqualificazione geomorfologica



ESEMPIO:
Aumento dinamica morfologica alveo



ESEMPIO:
Abbassamento localizzato della piana



ESEMPIO:
Connessioni di zone umide



Figura 99 - Sintesi delle possibili azioni di riqualificazione - Quadro 1 (file "Scheda Azione - Quadro 1 - RENO VIVO - CIRF.pdf")

Tabella 67 – Elenco dei possibili interventi e dei relativi costi per l'applicazione dello SD – Quadro 1

QUADRO 1		
Localizzazione e descrizione intervento	Dimensioni caratteristiche	Costo indicativo
1.1 Area boscata in sponda sinistra		
Aumento dinamica morfologica in alveo		
<ul style="list-style-type: none"> • Lasciare l'alveo attivo alla propria evoluzione spontanea • Riqualificare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni) 	Superficie (ha): 9,5	Importo Lavori: 85.000,00 euro Costo totale: 120.000,00 euro
1.2 Golea destra 1		
Riqualificazione morfologica-idraulica golena		
<ul style="list-style-type: none"> • Delocalizzare pista da motocross più a monte nell'area compresa tra Fiume Reno e imbocco galleria autostrada • Lasciare l'alveo attivo alla propria evoluzione spontanea • Riqualificare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni) • Eseguire rimboschimento naturalistico nelle aree scoperte e non direttamente coinvolte dalla dinamica fluviale • Riattivare canali secondari aprendone l'imbocco seguendo le tracce di paleovalvei esistenti all'interno dell'area boscata 	Superficie (ha): 32,0 Superficie (ha): 10,0 Lunghezza (m): 500 Seavo (mc): 5.000	Importo Lavori: 725.000,00 euro Costo totale: 1.040.000,00 euro

QUADRO I

Localizzazione e descrizione intervento	Dimensioni caratteristiche	Costo indicativo
<p>1.3 Golena destra 2 Riqualificazione morfologica-idraulica golena</p> <ul style="list-style-type: none"> Favorire allargamento dell'alveo attivo e creazione di una sponda più articolata e naturale mediante taglio ed eradicazione delle ceppaie lungo la sponda destra Riqualificare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni) Eseguire rimboschimento naturalistico nelle aree scoperte e non direttamente coinvolte dalla dinamica fluviale Lo studio geomorfologico dovrà valutare l'opportunità di realizzare soglie in massi o tronchi trasversalmente all'alveo per favorire il deposito di sedimenti e aggradare il fondo 	<p>Lunghezza (m): 800</p> <p>Superficie (ha): 11,5</p> <p>Superficie (ha): 4,5</p> <p>Lunghezza (m): 50 Numero: 16</p>	<p>Importo Lavori: 715.000,00 euro Costo totale: 1.025.000,00 euro</p>
<p>1.4 Golena destra 3 Riqualificazione morfologica-idraulica golena</p> <ul style="list-style-type: none"> Lasciare l'alveo attivo alla propria evoluzione spontanea Riqualificare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni) Creare un canale secondario all'interno dell'area boscata 	<p>Superficie (ha): 5,5</p> <p>Lunghezza (m): 500</p>	<p>Importo Lavori: 105.000,00 euro Costo totale: 150.000,00 euro</p>

QUADRO 1

Localizzazione e descrizione intervento	Dimensioni caratteristiche	Costo indicativo
<ul style="list-style-type: none"> Eseguire rimboscimento naturalistico nelle aree scoperte e non direttamente coinvolte dalla dinamica fluviale 	Superficie (ha): 0,5	
<p>1.5 Golena sinistra 1 – dal depuratore verso monte Creazione di zone umide su piana inondabile storica</p>		
<ul style="list-style-type: none"> Realizzare un'area a parco attrezzato distante dal fiume 		
<ul style="list-style-type: none"> Eseguire rimboscimento naturalistico nelle aree scoperte e non direttamente coinvolte dalla dinamica fluviale 	Superficie (ha): 4,0	
<ul style="list-style-type: none"> Difendere il depuratore esistente con un argine a coronella 	Lunghezza (m): 280	
<ul style="list-style-type: none"> Riqualificare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni) 	Superficie (ha): 4,0	Importo Lavori: 290.000,00 euro Costo totale: 415.000,00 euro
<p>1.6 Golena sinistra 1 – a valle del depuratore Riqualificazione morfologico-idraulica su piana inondabile storica</p>		
<p>Gli studi di approfondimento dovranno chiarire in via prioritaria quali effetti si potranno avere qualora il canale attivo del Reno evolva fino ad incidere sui bacini di cava presenti all'intradosso dell'ansa: da un punto di vista ecologico la priorità va alla salvaguardia dell'integrità di questi specchi d'acqua o a dare sempre più spazio al corridoio fluviale? Da un punto di vista morfologico può succedere che per un certo periodo i bacini intercettati catturino sedimenti creando deficit dannosi più a valle?</p>		
<ul style="list-style-type: none"> Eliminare o abbassare il rilevato che isola la porzione di golena più esterna dal fiume 	Lunghezza (m): 1.200 Scavo (mc): 50.000	Importo Lavori: 1.300.000,00 euro Costo totale: 1.900.000,00 euro NB: stimato costo attuazione ipotesi 2

QUADRO 1

Localizzazione e descrizione intervento	Dimensioni caratteristiche	Costo indicativo
<ul style="list-style-type: none"> Riqualificare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni) 	Superficie (ha): 9,5	
<ul style="list-style-type: none"> Agriturismo: ipotesi (1) delocalizzare (scelta preferibile); ipotesi (2) difendere con argine a coronella 	Lunghezza (m): 400	
<ul style="list-style-type: none"> Favorire dinamica planimetrica dell'alveo e creazione di una sponda più articolata e naturale mediante taglio ed eradicazione delle ceppaie lungo la sponda sinistra 	Lunghezza (m): 1.400	
<ul style="list-style-type: none"> Lo studio geomorfologico dovrà valutare l'opportunità di procedere con lo sbancamento (totale o parziale) della porzione più esterna di golena (area arancione), definendo tempi e modi di restituzione al fiume dei sedimenti risultanti 	Superficie (ha): 8,0 Volume (mc): 80.000	
<ul style="list-style-type: none"> Eseguire rimboscimento naturalistico nelle aree scoperte e non direttamente coinvolte dalla dinamica fluviale 	Superficie (ha): 8,0	
<p>1.7 Golena sinistra 2 Aumento dinamica morfologica alveo</p>		
<ul style="list-style-type: none"> Riattivare canale secondario seguendo il tracciato di probabile esistente paleoalveo 	Lunghezza (m): 600	
<ul style="list-style-type: none"> Riqualificare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni) 	Superficie (ha): 9,5	<p>Importo Lavori: 130.000,00 euro Costo totale: 190.000,00 euro</p>

Tabella 68 – Elenco dei possibili interventi e dei relativi costi per l'applicazione dello SD – Quadro 2

QUADRO 2		
Localizzazione e descrizione intervento	Dimensioni caratteristiche	Costo indicativo
<p>2.1 Alveo Aumento dinamica morfologica alveo</p> <p>Dovrà essere condotto uno studio per comprendere gli effetti di questo intervento sugli obiettivi di conservazione fissati dalla presenza del SIC IT4050029 “Boschi di San Luca e destra Reno”</p> <ul style="list-style-type: none"> • Favorire dinamica planimetrica dell'alveo e creazione di una sponda più articolata e naturale mediante taglio ed eradicazione delle ceppaie lungo le due sponde • Riquilibrare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni) 	<p>Lunghezza (m): 6.600</p> <p>Superficie (ha): 150,0</p>	<p>Importo Lavori: 2.000.000,00 euro Costo totale: 2.750.000,00 euro</p>
<p>2.2 Golena destra 1 – Cava di San Gherardo Riquilibratazione morfo-idraulica su piana inondabile storica</p> <p>Si prende atto della progettazione esistente per questo sito, ma si sottolinea che, data la forte sofferenza di questo tratto di Reno a causa della scarsità delle portate in alveo, le soluzioni attuate non dovranno in alcun modo causare una riduzione delle portate in alveo; nel caso in cui si verificasse che l'assetto previsto per la riquilibratazione ambientale dell'ex cava abbia effetti negativi sul fiume, se ne propone la riconnessione all'alveo, come indicato di seguito</p>		<p>Importo Lavori: 370.000,00 euro Costo totale: 515.000,00 euro</p>

QUADRO 2

Localizzazione e descrizione intervento	Dimensioni caratteristiche	Costo indicativo
<ul style="list-style-type: none"> • Rimuovere il rilevato che separa la cava dall'alveo e modellare la scarpata che così si viene a creare per addolcirne la pendenza ed aumentare l'articolazione del margine fiume-cava (i sedimenti scavati possono essere restituiti al fiume o utilizzati per un parziale rimodellamento del versante di cava) • Eseguire rimboschimento naturalistico nelle aree scoperte e non direttamente coinvolte dalla dinamica fluviale 	<p>Lunghezza (m): 800 Volume (mc): 35.000</p> <p>Superficie (ha): 4,0</p>	
<p>2.3 Golena destra 2 – Cava a valle della Cava San Gherardo Riqualificazione morfologico-idraulica su piana inondabile storica</p>		
<ul style="list-style-type: none"> • Rimuovere il rilevato che separa la cava dall'alveo e modellare la scarpata che così si viene a creare per addolcirne la pendenza ed aumentare l'articolazione del margine fiume-cava (i sedimenti scavati possono essere restituiti al fiume o utilizzati per un parziale rimodellamento del versante di cava) 	<p>Lunghezza (m): 400 Volume (mc): 19.000</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Difendere l'abitazione e le sue pertinenze con un argine a coronella 	<p>Lunghezza (m):</p>	<p>Importo Lavori: 445.000,00 euro Costo totale: 615.000,00 euro</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Eseguire rimboschimento naturalistico nelle aree scoperte e non direttamente coinvolte dalla dinamica fluviale 	<p>Superficie (ha): 6,0</p>	
<p>2.4 Golena destra 3 Riqualificazione morfologica-idraulica golena</p>		
<p>Necessità di condurre la Valutazione di Incidenza Ecologica al fine di verificare gli effetti del progetto a carico degli habitat naturali, le formazioni ad ontano nero in particolare</p>		
<p>Importo Lavori: 375.000,00 euro Costo totale: 520.000,00 euro</p>		

QUADRO 2

Localizzazione e descrizione intervento	Dimensioni caratteristiche	Costo indicativo
<ul style="list-style-type: none"> • Rimuovere il rilevato che separa la cava dall'alveo e modellare la scarpata che così si viene a creare per addolcirne la pendenza ed aumentare l'articolazione del margine fiume-cava (i sedimenti scavati possono essere restituiti al fiume o utilizzati per un parziale rimodellamento del versante di cava) • Creare un canale secondario all'interno dell'area boscata • Riqualificare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni) 	<p>Lunghezza (m): 900 Volume (mc): 40.000</p> <p>Lunghezza (m): 300</p> <p>Superficie (ha): 11,0</p>	
<p>2.5 Golena destra 4 – a monte della Chiesa di Casalecchio Riqualificazione morfologico-idraulica su piana inondabile storica</p>		
<ul style="list-style-type: none"> • Creare canale secondario 	<p>Lunghezza (m): 700</p>	<p>Importo Lavori: 50.000,00 euro Costo totale: 70.000,00 euro</p>
<p>2.6 Golena sinistra 1 – Frantoio Sapaba a monte del progettato invaso del Maglio Riqualificazione morfologico-idraulica su piana inondabile storica</p>		
<p>Dato l'uso attuale dell'area e gli impedimenti creati dall'acquedotto, questa sarà inevitabilmente una delle ultime aree su cui si potrà intervenire; gli studi di approfondimento e l'evoluzione vissuta nel frattempo dall'alveo dovranno dire se la traversa esistente poco a valle della Ciba avrà ancora una funzione da svolgere o meno (questo nel caso in cui l'eventuale aggradamento dell'alveo porti alla creazione di una pendenza di fondo che raccorda senza discontinuità il tratto a monte della briglia con quello a valle della stessa). Nel caso in cui la briglia necessitasse di essere mantenuta, dovrà essere allungata ad occupare tutta la fascia di mobilità del canale attivo.</p>		
<p>Porzione di monte fino al frantoio Sapaba – si può intervenire anche nell'immediato</p>		
<p>Importo Lavori: 560.000,00 euro Costo totale: 780.000,00 euro</p>		

QUADRO 2

Localizzazione e descrizione intervento	Dimensioni caratteristiche	Costo indicativo
<ul style="list-style-type: none"> • Creare un canale secondario seguendo la morfologia del terreno che mantiene l'impronta di paleovalvei 	Lunghezza (m): 1.200	
<ul style="list-style-type: none"> • Eseguire rimboschimento naturalistico nelle aree non coinvolte a medio termine dalla dinamica fluviale 	Superficie (ha): 8,5	
<ul style="list-style-type: none"> • Difendere dall'erosione l'area industriale tramite scogliere lungo porzione di perimetro esposto all'azione del fiume 	Lunghezza (m): 300	
<ul style="list-style-type: none"> • Lo studio geomorfologico dovrà valutare l'opportunità di procedere con lo sbancamento (totale o parziale) dell'area, definendo tempi e modi di restituzione al fiume dei sedimenti risultanti 	Superficie (ha): 3,0 Volume (mc): 3.000	
<p>Frantoio Sapaba e suoi bacini di decantazione – interventi da attuare dopo la dismissione dell'impianto – la piena integrazione nelle dinamiche fluviali dell'area ora occupata dai bacini di decantazione è possibile solo con lo spostamento dell'acquedotto, da effettuarsi a medio–lungo termine in occasione di necessari interventi di ristrutturazione straordinaria</p>		
<ul style="list-style-type: none"> • Smantellare opere di difesa dall'erosione del piazzale del frantoio 	Lunghezza (m): 300	
<ul style="list-style-type: none"> • Creare zone umide allagabili in corrispondenza dei bacini di decantazione 	Superficie (ha): 3,0	
<ul style="list-style-type: none"> • Lo studio geomorfologico dovrà valutare l'opportunità di procedere con lo sbancamento (totale o parziale) dell'area, definendo tempi e modi di restituzione al fiume dei sedimenti risultanti 	Superficie (ha): 4,5 Volume (mc): 80.000	
<ul style="list-style-type: none"> • Eseguire rimboschimento naturalistico nelle aree non coinvolte a medio termine dalla dinamica fluviale 	Superficie (ha): 8,5	<p>Importo Lavori: 850.000,00 euro Costo totale: 1.150.000,00 euro</p>

QUADRO 2

Localizzazione e descrizione intervento	Dimensioni caratteristiche	Costo indicativo
<p>2.7 Golea sinistra 2 – Casalecchio Riquilibratazione morfologico-idraulica su piana inondabile storica</p>		
<ul style="list-style-type: none"> • Smantellare la difesa in massi esistente in riva al fiume e ricostruirla arretrata a difesa della nuova area edificata 	Lunghezza (m): 300	
<ul style="list-style-type: none"> • Localizzare prevista area a verde di pertinenza alla nuova espansione subito a monte della porzione di abitato che si protende verso il fiume: la geometria del perimetro invalicabile dell'abitato impedisce che quest'area venga integrata nelle dinamiche morfologiche del fiume 		
<ul style="list-style-type: none"> • Modellare il terreno per integrarlo meglio con l'alveo 	Superficie (ha): 4,0 Volume (mc): 60.000	
<ul style="list-style-type: none"> • Creare un canale secondario seguendo la morfologia del terreno che mantiene l'impronta di paleovalvei 	Lunghezza (m): 900	
<ul style="list-style-type: none"> • Eseguire rimboschimento naturalistico nelle aree non coinvolte a medio termine dalla dinamica fluviale 	Superficie (ha): 9,0	Importo Lavori: 780.000,00 euro Costo totale: 1.100.000,00 euro

Tabella 69 – Elenco dei possibili interventi e dei relativi costi per l'applicazione dello SD – Quadro 3

QUADRO 3		
Localizzazione e descrizione intervento	Dimensioni caratteristiche	Costo indicativo
3.1 Alveo a valle del ponte SP 659		
Aumento dinamica morfologica alveo		
<ul style="list-style-type: none"> Favorire ampliamento dell'alveo e creazione di una sponda più articolata e naturale mediante taglio ed eradicazione delle ceppaie lungo le due sponde 	Lunghezza (m): 600	
<ul style="list-style-type: none"> Stabilizzare margine sinistro del corridoio fluviale (estradosso curva) con interventi di ingegneria naturalistica e repellenti 	Lunghezza (m): 300	
<ul style="list-style-type: none"> Riattivare canale secondario esistente in destra, mediante taglio alberature e movimenti terra, restituzione dei sedimenti in alveo 	Lunghezza (m): 600	
<ul style="list-style-type: none"> Riqualificare area boscata esistente attraverso taglio selettivo e ripetuto delle infestanti (primo taglio seguito da intervento di controllo 2 volte all'anno per 3 anni) 	Superficie (ha): 10,0	Importo Lavori: 350.000,00 euro Costo totale: 485.000,00 euro
3.2 “Alveo attivo” a cavallo del ponte di Viale Palmiro Togliatti		
Aumento dinamica morfologica alveo		
<ul style="list-style-type: none"> Favorire ampliamento dell'alveo e creazione di una sponda più articolata e naturale mediante taglio ed eradicazione delle ceppaie lungo la sponda sinistra 	Lunghezza (m): 1.100	
<ul style="list-style-type: none"> Eseguire rimboschimento naturalistico nelle aree non coinvolte a medio termine dalla dinamica fluviale 	Superficie (ha): 11,5	Importo Lavori: 480.000,00 euro Costo totale: 665.000,00 euro

14.3 Localizzazione delle azioni proposte in relazione alle aree demaniali e alla zonizzazione “alveo attivo”, aree di “pertinenza fluviale” e aree di “tutela fluviale”

Le linee d’azione e le possibili azioni che costituiscono lo Schema Direttore Reno Vivo, sono qui state messe in relazione:

- all’attuale stato giuridico delle aree, allo scopo di individuare gli interventi che ricadono nel demanio (fluviale, comunale, ecc) e che non richiedono quindi la realizzazione di espropri per essere attuati;
- alla zonizzazione del PTCP “alveo attivo”, aree di “pertinenza fluviale” e aree di “tutela fluviale”, al fine di individuare le competenze dei diversi Enti e le norme cui sono sottoposte

Le mappe seguenti sono da considerarsi come un supporto alla fase di progettazione preliminare degli interventi, da attuarsi al termine del presente lavoro.

15 Fase 2: un possibile percorso per l'attuazione dello Schema Direttore

15.1 Un possibile percorso

Per facilitare l'attuazione dello SD, si delinea qui un possibile percorso per l'avvio della *fase 2* del lavoro, che dovrà comprendere la realizzazione di approfondimenti conoscitivi per colmare le lacune informative individuate, la progettazione complessiva dell'intero tratto, la progettazione degli interventi pilota, la realizzazione sperimentale degli interventi e il monitoraggio degli effetti.

Allo scopo di mantenere l'organicità degli intenti, evitare la possibilità che un Ente attui un singolo intervento senza un progetto generale e senza che sia assicurata l'aderenza dei risultati agli obiettivi previsti dallo SD, si rende necessaria la realizzazione di un *progetto preliminare* relativo all'intero tratto in studio.

Il possibile percorso per l'attuazione dello SD può quindi essere per sommi capi il seguente:

- recepimento dello SD nei diversi Piani/Enti, secondo le modalità che saranno individuate dalla Provincia di Bologna
- ricerca di possibili fonti di finanziamento (accordi con privati; finanziamento da parte degli Enti; partecipazione a bandi di finanziamento europeo; ecc.) per la realizzazione degli approfondimenti e delle progettazioni elencati di seguito
- realizzazione di approfondimenti geomorfologici ed idraulici sull'intera asta (almeno in relazione al sotto-bacino di monte che termina alla fine del tratto in studio), per il dimensionamento dei flussi idrici e solidi provenienti da monte, in particolare:
 - studio del trasporto solido e bilancio dei sedimenti
 - predizione degli effetti delle diverse alternative di assetto fluviale (compreso lo stato attuale) mediante modellizzazione geomorfologica/idrologica/idraulica a scala di bacino, verificando anche gli effetti dovuti alla realizzazione progressiva di diversi stralci del progetto
- completamento della caratterizzazione integrata delle problematiche dell'ecosistema fluviale, integrando in particolare l'analisi geomorfologica e quella sul regime idrico mediante l'utilizzo delle nuove informazioni che emergeranno dalle analisi proposte al punto precedente
- completamento della caratterizzazione delle problematiche complessive degli ambiti fluviali e dei portatori di interesse, mediante la definizione ed il calcolo di indici relativi agli obiettivi elencati al Par. 12 ("*Definizione dello schema concettuale per la valutazione multicriterio delle alternative*") e non trattati nel presente lavoro
- progettazione preliminare dell'intera asta al fine di assicurare l'organicità dei diversi stralci progettuali
- (eventuale ma consigliato) avvio di un processo partecipato entro cui immergere la progettazione preliminare dello SD
- realizzazione di approfondimenti a scala progettuale locale: rilievi topografici di dettaglio dei siti destinati alle azioni locali ; rilievi ecologici a scala di dettaglio; ecc.
- progettazione dei singoli interventi mediante modellizzazione geomorfologica e idraulica a scala locale
- valutazione d'incidenza in relazione ai singoli progetti
- monitoraggio degli interventi

15.2 Monitoraggio post-interventi

Il raggiungimento degli obiettivi dello SD dovrà essere verificato utilizzando gli stessi attributi ed indici impiegati in fase di caratterizzazione delle problematiche; si tratta in sostanza di utilizzare:

- gli stessi indici e sub-indici di *FLEA* per quanto riguarda la caratterizzazione integrata dell'ecosistema fluviale (Par. 5.1);
- gli stessi indici utilizzati nella matrice di valutazione multicriteria per quanto concerne gli altri obiettivi antropici e del sistema fluviale complessivo (Par. 12, “*Definizione dello schema concettuale per la valutazione multicriterio delle alternative*”).

16 Valutazioni in merito all'applicazione a livello provinciale del metodo di caratterizzazione FLEA e del percorso metodologico generale del presente studio

La caratterizzazione integrata dell'ecosistema fluviale realizzata nel presente lavoro mediante l'utilizzo dell'indice FLEA, può essere utilmente estesa al resto dei corsi d'acqua della Provincia di Bologna, così da ottenere un quadro complessivo dello stato degli ecosistemi fluviali provinciali.

Tale operazione può sembrare a prima vista complessa, in relazione all'articolazione dell'indice FLEA in numerosi sub-indici e alla mole di dati necessari per il loro calcolo; in realtà, tale caratterizzazione integrata a scala provinciale può essere realizzata:

- mediante approfondimenti successivi, utilizzando in prima fase i dati esistenti e selezionando gli attributi che è possibile caratterizzare con le informazioni disponibili
- utilizzando inizialmente degli indici proxy per caratterizzare alcuni attributi per i quali l'informazione disponibile non è quella ottimale
- colmando progressivamente le lacune informative in funzione delle attività di pianificazione/progettazione che si realizzano sul singolo corso d'acqua, utilizzando l'organizzazione in attributi di FLEA come una sorta di linee guida per definire quali componenti fluviali indagare (ad esempio: in fase di predisposizione dei PSC, sarebbe utile che i Comuni approfondissero le problematiche dei corsi d'acqua del loro territorio, raccogliendo le informazioni individuate come insufficienti durante la caratterizzazione realizzata a scala provinciale e utilizzando lo schema concettuale di FLEA come guida per decidere quali indagini realizzare)

Si sottolinea inoltre come l'aspetto centrale di questa possibile applicazione a scala provinciale non siano tanto i singoli indici di FLEA utilizzati nella presente applicazione, quanto piuttosto i passi chiave per realizzare tale caratterizzazione integrata e il fatto che nel valutare l'ecosistema fluviale si tenga conto contemporaneamente di tutti i diversi attributi che lo descrivono (componenti biologiche, geomorfologiche, chimico-fisiche); ciascun passo potrà poi essere realizzato in modo più o meno semplificato o completo a seconda delle necessità.

Lo sforzo comunque non indifferente per l'utilizzo dell'indice FLEA a scala provinciale e, più in generale, del percorso metodologico tracciato nel presente lavoro (Par. 2), risulta giustificato in virtù dell'utilità di tale metodologia per supportare i diversi Enti (Regione, Autorità di Bacino, Provincia, Servizio tecnico di bacino, Comuni, ecc.) nella fase di pianificazione/progettazione lungo i corsi d'acqua.

Si rimarca infine come l'utilizzo di un sistema di classificazione dei corsi d'acqua come quello di FLEA (o che comunque ne segue l'impostazione concettuale) non entra in conflitto con l'utilizzo dei criteri di classificazione ufficiali che saranno utilizzati per l'adozione in Italia della Direttiva sulle Acque 2000/60; al di là delle osservazioni critiche che possono essere avanzate in merito ad alcuni passaggi della Direttiva ed ai metodi di classificazione che si stanno mettendo a punto proprio nel momento di redazione del presente lavoro⁶⁰, si ritiene fattibile e utile applicare sia il metodo di classificazione ufficiale della Direttiva (per non violarla) sia quello basato sulla struttura di FLEA, che potrà, come già detto, fornire un utile supporto in fase di pianificazione/progettazione negli ambiti fluviali.

⁶⁰ Si veda il *paper* di prossima pubblicazione sul sito del CIRF "Direttiva Quadro sulle acque: una bolla di sapone? Una proposta integrativa: FLEA"

APPENDICE

17 Appendice – Tabelle riassuntive dei risultati della caratterizzazione integrata

17.1 Stato ecologico

Tabella 70 - Valori dell'indice Stato ecologico

QUALITA' CHIMICO FISICA		QUALITA' BIOLOGICA		QUALITA' IDROMORFOLOGICA		STATO ECOLOGICO (salute)		
ID tronco	O _C	ID tronco	O _B	ID tronco	O _I	ID tronco	O	estremi tronchi
								da a
QUAL 01	0.5	BIO 01	0.52	MORFO 01	0.46	ECO 01	0.49	confluenza torrente Setta briglia ponte A1
		BIO 02	0.52			ECO 02	0.50	scarico dep. Sasso Marconi - guado abbandonato
QUAL 02	0.5	BIO 03	0.65	MORFO 02	0.48	ECO 03	0.55	scarico dep. Sasso Marconi - guado abbandonato C. Pozziolo (a valle Ighetti pesca)
		BIO 04	0.65			ECO 04	0.56	C. Pozziolo (a valle Ighetti pesca)
		BIO 05	0.64			ECO 05	0.55	Villa S. Anna - Via Ancognano traversa derivazione canale del Maglio
QUAL 03	0.5	BIO 06	0.60	MORFO 03	0.34	ECO 06	0.49	traversa oasi SAPABA S. Gherardo
		BIO 07	0.60	MORFO 04	0.32	ECO 07	0.48	traversa oasi SAPABA S. Gherardo
QUAL 04	0.5	BIO 08	0.58	MORFO 05	0.36	ECO 08	0.49	briglia Cava Sapaba
QUAL 05	0.5	BIO 09	0.54	MORFO 06	0.36	ECO 09	0.47	confluenza canale del Maglio
		BIO 10	0.40	MORFO 07	0.51	ECO 10	0.46	chiusa di Casalecchio Porrettana
QUAL 06	0.5	BIO 11	0.40			ECO 11	0.46	Casalecchio ponte strada Porrettana
		BIO 12	0.44	MORFO 08	0.37	ECO 12	0.43	Casalecchio briglia piscina (stadio)
		BIO 13	0.44			ECO 13	0.43	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti
QUAL 07	0.5	BIO 14	0.44	MORFO 09	0.36	ECO 14	0.43	Casalecchio ponte via Emilia BC
		BIO 15	0.44	MORFO 10	0.37	ECO 15	0.43	Casalecchio ponte ferrovia MI- BO ponte autostrada A14
PESI	0.25		0.42		0.33			
	λ_{Oc}		λ_{Ob}		λ_{OI}			

17.2 Qualità chimico-fisica

Tabella 71 – Valori dell'indice qualità chimico - fisica

ID tronco	da		a		Condizioni generali (q)		STATO ATTUALE															
	Km	località	Km	località	Classe LIM	q	portata di MAGRA						portata di MEDIA									
							Bod ₅	Azoto nitrico	Azoto ammoniacale	Fosforo totale	Escherichia Coli	Ossigeno Disciolto	Cod	Bod ₅	Azoto nitrico	Azoto ammoniacale	Fosforo totale	Escherichia Coli	Ossigeno Disciolto	Cod		
Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello	Livello					
QUAL 01	0,00	confluenza torrente Seta	2,34	scatolo depuratore Sasso Marconi	3	0,5	2	2	3	2	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	2
QUAL 02	2,34	scatolo depuratore Sasso Marconi	5,13	traversa canale del Maglio	3	0,5	2	2	3	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
QUAL 03	5,13	traversa canale del Maglio	7,30	biglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	3	0,5	2	2	3	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
QUAL 04	7,30	biglia Cava Sapaba (scarico CIBA)	9,48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	3	0,5	2	2	3	3	3	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
QUAL 05	9,48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	12,04	Chiusa di Casalechio	3	0,5	2	2	3	3	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
QUAL 06	12,04	Chiusa di Casalechio	16,84	Casalechio ponte via De Gasperi-Togliatti	3	0,5	2	2	3	3	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
QUAL 07	16,84	Casalechio ponte via De Gasperi-Togliatti	19,52	Ponte autostrada AH	3	0,5	3	3	3	3	3	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2

17.4 Qualità idromorfologica

Regime idrologico		Continuità fluviale		Equilibrio geomorfologico		Condizioni morfologiche		QUALITÀ GEOMORFOLOGICA					
ID tronco	m	ID tronco	f	ID tronco	v	ID tronco	v	ID tronco	m	da	a	estremi tronchi	
IDRO 01	0.75	CONT 01	0.50	0.50		COND 01	0.403	MORFO 01	0.46	confluenza torrente Setta		traversa ponte A1	
IDRO 02	?	CONT 02	0.59	0.50		COND 02	0.373	MORFO 02	0.48	traversa ponte A1		traversa derivazione canale del Maglio	
IDRO 03	?	CONT 03	0.34	0.50		COND 03	0.211	MORFO 03	0.34	traversa derivazione canale del Maglio		traversa oasi SAPABA S.Gherardo	
IDRO 04	0.75	CONT 04	0.31	0.50		COND 04	0.196	MORFO 04	0.32	traversa oasi SAPABA S.Gherardo		briglia Cava Sapaba	
IDRO 05	0.55	CONT 05	0.45	0.50		COND 05	0.192	MORFO 05	0.36	briglia Cava Sapaba		immissione canale del Maglio	
IDRO 06	0.55	CONT 06	0.57	0.50		COND 06	0.482	MORFO 06	0.36	immissione canale del Maglio		Chiusa di Casalecchio	
IDRO 07	0.55	CONT 07	0.43	0.50		COND 07	0.233	MORFO 07	0.51	Chiusa di Casalecchio		briglia piscina (stadio)	
IDRO 08	0.55	CONT 08	0.39	0.50		COND 08	0.229	MORFO 08	0.37	briglia piscina (stadio)		traversa ponte via Emilia	
IDRO 09	0.55	CONT 09	0.41	0.50		COND 09	0.245	MORFO 09	0.36	traversa ponte via Emilia		traversa ponte ferrovia	
IDRO 10	0.55	CONT 10	0.41	0.50		COND 10	0.245	MORFO 10	0.37	traversa ponte ferrovia		Ponte autostrada A14	
PESI	-		0.30		0.30		0.40						
	λ_M		λ_F		λ_V		λ_V						

Tabella 73 – Valori dell'indice qualità idromorfologica (è stata effettuata in questa fase solo un'aggregazione parziale dei sub-indici, senza considerare il sub-indice regime idrologico).

17.5 Condizioni generali

Poiché questo sub-indice, nella presente applicazione, è l'unico appartenente all'indice *qualità chimico-fisica*, si rimanda alla relativa Tabella 71.

17.6 Macroinvertebrati

Tabella 74 - Valori dell'indice macroinvertebrati

ID tronco	da		a		MACROINVERTEBRATI								
	Km	località	Km	località	STATO ATTUALE								
					Stazioni di riferimento (in grassetto se presenti nel tronco) non utilizzate ai fini dell'attribuzione del valore in quanto i dati non sono aggiornati	Valore IBE nella stazione	Classe IBE	Anno campionamento	Classe IBE	Valore IBE nella stazione di riferimento	Anno campionamento	m	
MACROINV 01	0.00	confluenza torrente Setta	2.34	scarico depuratore Sasso Marconi	QA STB Reno 49	6	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 02	2.34	scarico depuratore Sasso Marconi	5.13	traversa canale del Maglio	QA STB Reno 49	6	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 03	5.13	traversa canale del Maglio	7.30	briglia Cava Sapalpa (scarico CIBA)	QA STB Reno 50	7.5	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 04	7.30	briglia Cava Sapalpa (scarico CIBA)	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	QA STB Reno 50	7.5	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 05	9.48	confluenza Canale del Maglio (Canale di Pontecchio)	12.04	Chiusa di Casalecchio	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 06	12.04	Chiusa di Casalecchio	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	QA STB Reno 51	6.5	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5
MACROINV 07	16.84	Casalecchio ponte via De Gasperi-Togliatti	19.52	Ponte autostrada A14	QA STB Reno 52	6	3	Anteriore 2000	ARPA 6002100 (Casalecchio)	6.6	3	2005-2006	0.5

17.7 Fauna ittica

Tabella 75 - Valori dell'indice fauna ittica

ID tronco	da		a		STATO ATTUALE											Fauna ittica (f)																						
	Km	località	Km	località	stazione di riferimento (in grassetto se presente nel tronco)		Specie alloctone (f _{ca})		Presenza siluro (f _{ms})		Presenza specie alloctone (f _{ca})		Presenza specie autoctone (f _{ca})		Composizione comunità (f ₁)		Abbondanza specie guida 1 (f ₂₁₁) - alborata		Abbondanza specie guida 2 (f ₂₁₂) - barbo comune		Abbondanza specie guida 3 (f ₂₁₃) - carpa		Abbondanza specie guida 4 (f ₂₁₄) - cavatino		Abbondanza specie guida 5 (f ₂₁₅) - lasca		Abbondanza specie guida dimensionale (f ₂₂)		Distribuzione classi di taglia (f ₂₃)		Patologie (f ₂₄)		Stabilità comunità (f ₂)					
					n° alloctone	n° ind. specie	f ₁₂₁	Presenza	f ₁₂₂	f ₁₂	n° specie attese presenti	f ₁₁	f ₁	f ₂₁₁	f ₂₁₂		f ₂₁₃	f ₂₁₄	f ₂₁₅	f ₂₂	f ₂₃	f ₂₄	f ₂	f ₂														
ITT 01	0.00	confluenza torrente Sella	1.56	briglia ponte A1	108	Lama di Reno	1	6	0.83	NO	1.00	0.83	5	14	0.36	0.60	0	0.5	0.75	1	1	0.65	1	0.6	0	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57			
ITT 02	1.56	briglia ponte A1	5.13	traversa canale Meglio	108	Lama di Reno	1	6	0.83	NO	1.00	0.83	5	14	0.36	0.60	0	0.5	0.75	1	1	0.65	1	0.6	0	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57		
ITT 03	5.13	traversa canale Meglio	6.66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	74	a valle traversa canale del Meglio	2	11	0.82	NO	1.00	0.82	9	14	0.64	0.73	0.5	0.75	1	1	0.85	1	0.85	0	0.5	0.5	0.47	0.47	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	
ITT 04	6.66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	7.30	briglia cava SAPABA	74	a valle traversa canale del Meglio	2	11	0.82	NO	1.00	0.82	9	14	0.64	0.73	0.5	0.75	1	1	0.85	1	0.85	0	0.5	0.5	0.47	0.47	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	
ITT 05	7.30	briglia cava SAPABA	8.48	confluenza canale del Meglio	74	a valle traversa canale del Meglio	2	11	0.82	NO	1.00	0.82	9	14	0.64	0.73	0.5	0.75	1	1	0.85	1	0.85	0	0.5	0.5	0.47	0.47	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
ITT 06	8.48	confluenza canale del Meglio	12.04	chiusa di Casalecchio	74	a valle traversa canale del Meglio	2	11	0.82	NO	1.00	0.82	9	14	0.64	0.73	0.5	0.75	1	1	0.85	1	0.85	0	0.5	0.5	0.47	0.47	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
ITT 07	12.04	chiusa di Casalecchio	12.76	Casalecchio ponte strada Porrettana	50	Casalecchio stazione FS	4	11	0.64	SI	0.00	0.00	7	14	0.50	0.25	1	0.75	0.5	1	0.75	0.8	0.8	1	0.5	0.5	0.89	0.89	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ITT 08	12.76	Casalecchio ponte strada Porrettana	13.59	Casalecchio briglia piscina (stadio)	50	Casalecchio stazione FS	4	11	0.64	SI	0.00	0.00	7	14	0.50	0.25	1	0.75	0.5	1	0.75	0.8	0.8	1	0.5	0.5	0.89	0.89	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ITT 09	13.59	Casalecchio briglia piscina (stadio)	17.44	Casalecchio ponte via Emilia	50	Casalecchio stazione FS	4	11	0.64	SI	0.00	0.00	7	14	0.50	0.25	1	0.75	0.5	1	0.75	0.8	0.8	1	0.5	0.5	0.89	0.89	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ITT 10	17.44	Casalecchio ponte via Emilia	18.31	Casalecchio ponte ferrovia M-BO	50	Casalecchio stazione FS	4	11	0.64	SI	0.00	0.00	7	14	0.50	0.25	1	0.75	0.5	1	0.75	0.8	0.8	1	0.5	0.5	0.89	0.89	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ITT 11	18.31	Casalecchio ponte ferrovia M-BO	19.52	ponte autostrada A14	50	Casalecchio stazione FS	4	11	0.64	SI	0.00	0.00	7	14	0.50	0.25	1	0.75	0.5	1	0.75	0.8	0.8	1	0.5	0.5	0.89	0.89	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

17.8 Vegetazione terrestre

Tabella 76 - Valori dell'indice vegetazione terrestre

ID tronco	da		a		VEGETAZIONE												Vegetazione e terrestre									
	Km	località	Km	località	fascia riparia sponda SX				fascia riparia sponda DX				Vegetazione fascia riparia					corridoio sponda SX				corridoio sponda DX				Vegetazione corridoio zonale
					Naturalità	Copertura	Veget. riparia sp. sx	Naturalità	Copertura	Veget. riparia sp. dx	Naturalità	Copertura	Veget. corridoio sp. sx	Naturalità	Copertura	Veget. corridoio sp. dx		Naturalità	Copertura	Veget. corridoio sp. dx	Naturalità	Copertura	Veget. corridoio sp. dx			
VEG 01	0.00	confluenza torrente Setta	2.34	giuoco abbandonato (pista motocross)	0.18	0.91	0.40	0.46	0.87	0.62	0.51	0.14	0.54	0.26	0.43	0.56	0.48	0.37	0.47							
VEG 02	2.34	giuoco abbandonato (pista motocross)	3.63	C. Pozzolo (a valle laghetti pesca)	0.88	0.96	0.92	0.89	1.00	0.94	0.93	0.63	0.69	0.61	0.95	0.93	0.94	0.77	0.88							
VEG 03	3.63	C. Pozzolo (a valle laghetti pesca)	4.47	Villa S. Anna - Via Ancognano	1.00	0.99	1.00	1.00	0.96	0.98	0.99	0.87	0.72	0.79	1.00	0.27	0.63	0.71	0.90							
VEG 04	4.47	Villa S. Anna - Via Ancognano	5.13	traversa derivazione canale del Meglio	1.00	0.84	0.92	1.00	1.00	1.00	0.96	/	/	/	0.82	0.59	0.70	0.70	0.88							
VEG 05	5.13	traversa derivazione canale del Meglio	7.30	briglia Cava Sapaba	0.61	1.00	0.77	0.78	1.00	0.89	0.83	0.47	0.84	0.61	0.31	0.96	0.57	0.59	0.76							
VEG 06	7.30	briglia Cava Sapaba	9.48	immissione canale del Meglio	0.56	0.81	0.66	0.61	1.00	0.77	0.71	0.25	0.44	0.30	0.79	0.97	0.88	0.59	0.68							
VEG 07	9.48	immissione canale del Meglio	12.04	Chiusa di Casalecchio	0.16	0.69	0.32	0.88	1.00	0.94	0.63	0.29	0.25	0.28	0.39	0.77	0.54	0.41	0.56							
VEG 08	12.04	Chiusa di Casalecchio	13.59	briglia piscina (stadio)	0.00	0.87	0.26	0.00	0.63	0.19	0.22	0.00	0.19	0.06	0.00	0.01	0.00	0.03	0.17							
VEG 09	13.59	briglia piscina (stadio)	19.52	Ponte autostrada A14	0.15	0.81	0.35	0.22	0.69	0.36	0.36	0.37	0.23	0.31	0.00	0.05	0.02	0.16	0.30							
				PESI							0.7							0.3		P2 =						

17.9 Regime idrologico

Tabella 77 - Valori dell'indice regime idrologico (calcolato in modo semplificato come già descritto)

ID tronco	da		a		REGIME IDROLOGICO													Regime idrologico						
	Km	località	Km	località	media mensile	f_{12}	minima annuale	massima annuale	portata di magra	periodo di magra	periodo di piena	frequenza picchi	variabilità della portata	media mensile	media mensile	minima annuale	massima annuale		portata di magra	periodo di magra	periodo di piena	frequenza picchi	variabilità della portata	dev standard
					f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}	f_{16}	f_{17}	f_{18}	f_{19}	f_{20}	f_{21}	f_{22}	f_{23}	f_{24}	f_{25}	f_{26}	f_{27}	f_{28}	f_{29}	
IDRO 01	0,00	confluenza torrente Setta	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	0,91	0,91	0,79	0,89	1,00	1,00	0,76	0,27	0,82	0,84	0,36	0,37	0,83	0,68	1,00	0,89	0,63	0,70	0,78	
IDRO 02	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	9,48	immissione canale del Maglio																			?	
IDRO 03	9,48	immissione canale del Maglio	12,04	chiusa di Casalecchio	0,91	0,91	0,79	0,89	1,00	1,00	0,76	0,27	0,82	0,84	0,36	0,37	0,83	0,68	1,00	0,89	0,63	0,70	0,78	
IDRO 04	12,04	chiusa di Casalecchio	19,52	Ponte autostrada A14	0,67	0,00	0,78	0,36	0,63	1,00	0,67	0,28	0,55	0,86	0,00	0,38	0,51	0,70	1,00	0,41	0,62	0,56	0,55	

17.10 Continuità fluviale

ID tronco	da		a		STATO ATTUALE			
	località		località		Continuità longitudinale	Continuità laterale	Continuità verticale	Continuità fluviale
	Km		Km		c1	c2	c3	c
CONT 01	0,00	confluenza torrente Setta	1,56	traversa ponte A1	0,125	0,89	0,5	0,50
CONT 02	1,56	traversa ponte A1	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	0,285	1,00	0,5	0,59
CONT 03	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	6,66	traversa oasi SAPABA S. Gherardo	0,123	0,64	0,25	0,34
CONT 04	6,66	traversa oasi SAPABA S. Gherardo	7,30	briglia Cava Sapaba	0,051	0,64	0,25	0,31
CONT 05	7,30	briglia Cava Sapaba	12,04	Chiusa di Casalecchio	0,379	0,71	0,25	0,45
CONT 06	12,04	Chiusa di Casalecchio	13,59	briglia piscina (stadio)	0,124	0,83	0,75	0,57
CONT 07	13,59	briglia piscina (stadio)	17,44	traversa ponte via Emilia	0,308	0,61	0,375	0,43
CONT 08	17,44	traversa ponte via Emilia	18,31	traversa ponte ferrovia	0,069	0,72	0,375	0,39
CONT 09	18,31	traversa ponte ferrovia	19,52	Ponte autostrada A14	0,097	0,76	0,375	0,41

17.11 Equilibrio geomorfologico

EQUILIBRIO GEOMORFOLOGICO									
ID tronco		da		a		STATO ATTUALE			
		Km	località	Km	località	Equilibrio geomorfologico			
						equilibrio laterale	equilibrio verticale (incis./sedim.)	equilibrio geomorfologico	e
EQUIL 01			confluenza torrente Setta		chiusa di Casalecchio			D	0,50
EQUIL 02			chiusa di Casalecchio		Ponte autostrada A14			D	0,50

17.12 Condizioni morfologiche

CONDIZIONI MORFOLOGICHE																
ID tronco	da		a		tipo morfologico			ampiezza alveo attivo			profilo letto		struttura e substrato		Condizioni morfologiche	
	Km	località	Km	località	tipo morfologico stato attuale	tipo morfologico stato riferimento	z1	ampiezza alveo stato attuale (2003)	ampiezza alveo 1984	ampiezza alveo stato riferimento	z2	profilo letto stato attuale rispetto a SdR	z3	struttura e substrato stato attuale	z4	Z
COND 01	0,00	confluenza torrente Setta	1,56	traversa ponte A1	monocursale meandriforme	canali intrecciati	0	70081,86	314724,17	251779,33	0,28	Moderatam inciso	0,67	Moderatam alterati	0,67	0,403
COND 02	1,56	traversa ponte A1	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	monocursale meandriforme	canali intrecciati	0	187933,65	1469180,67	1175344,54	0,16	Moderatam inciso	0,67	Moderatam alterati	0,67	0,373
COND 03	5,13	traversa derivazione canale del Maglio	6,66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	monocursale meandriforme	canali intrecciati	0	76420,59	536569,80	429255,84	0,18	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,211
COND 04	6,66	traversa oasi SAPABA S.Gherardo	7,30	briglia Cava Sapaba	monocursale meandriforme	canali intrecciati	0	31399,21	338815,30	269452,24	0,12	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,196
COND 05	7,30	briglia Cava Sapaba	12,04	Chiusa di Casalecchio	monocursale meandriforme	canali intrecciati	0	207922,27	2530815,53	2024652,42	0,10	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,192
COND 06	12,04	Chiusa di Casalecchio	13,59	briglia piscina (stadlo)	monocursale meandriforme	wandering	0	100976,15	170089,86	170089,86	0,59	Moderatam inciso	0,67	Moderatam alterati	0,67	0,482
COND 07	13,59	briglia piscina (stadlo)	17,44	traversa ponte via Emilia	monocursale meandriforme	wandering	0	162093,37	608076,78	608076,78	0,27	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,233
COND 08	17,44	traversa ponte via Emilia	18,31	traversa ponte ferrovia	monocursale meandriforme	wandering	0	49714,99	198824,75	198824,75	0,25	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,229
COND 09	18,31	traversa ponte ferrovia	19,52	Ponte autostrada A14	monocursale meandriforme	wandering	0	54852,34	175207,19	175207,19	0,31	Inciso	0,33	Alterati	0,33	0,245

18 Appendice – La Funzione Valore

Nella metodologia proposta le Funzioni Valore vengono utilizzate più volte, in particolare per costruire degli indici che esprimano la soddisfazione associata al valore di un indicatore in funzione della "distanza" dallo stato di riferimento, oltre che per consentire l'aggregazione degli indicatori o dei sub-indici in indici di ordine superiore.

E' quindi opportuno fornire qualche informazione in più sulle loro caratteristiche, lasciando a testi specialistici ulteriori approfondimenti (si vedano ad esempio Beinat, 1995, Nardini, 2005, Nardini, 2004a).

Una Funzione Valore (nel seguito FV) è una funzione di un solo argomento d (FV scalare, denotata con: $v(d)$) o di argomenti multipli (FV multiattributo, denotata con $v(d_1, d_2, \dots, d_n)$, dove d_1, d_2, \dots, d_n sono gli n indicatori) caratterizzata da una proprietà molto particolare: indicando con una lettera maiuscola (A, B) una "situazione", cioè un insieme di valori assunti dagli indicatori, allora:

- se la situazione A è preferita alla situazione B, allora deve essere $v(A) > v(B)$;
- se A è giudicato indifferente rispetto a B (cioè genera la medesima soddisfazione), allora $v(A) = v(B)$;
- infine, se A non è preferita a B, allora $v(B) \geq v(A)$.

Strutture canoniche

KEENEY e RAIFFA (1976) hanno dimostrato che, quando sono rispettate certe condizioni, la FV assume una struttura matematica particolare e specificabile a priori. In particolare, ciò è stato dimostrato per tre strutture "canoniche". La più comune è quella *additiva*, adottata per esempio nella prima versione del National Sanitation Foundation Index di BROWN *et al.* (1970) e illustrata in dettaglio nel seguito. Le altre due strutture canoniche individuate sono la *multilineare* e la *moltiplicativa*.

Costruzione di una FV scalare

La procedura da seguire può essere riassunta nei seguenti passi:

- definire l'intervallo di variazione dell'indicatore;
- individuare il valore corrispondente alla situazione peggiore e stabilire il corrispondente valore minimo della FV;
- individuare il valore corrispondente alla situazione migliore (tipicamente quello corrispondente allo stato di riferimento) e stabilire il valore massimo/minimo della FV
- definire la forma della funzione; se la funzione è monotona nell'intervallo, la soluzione più semplice è adottare un andamento rettilineo a congiungere gli estremi; volendo una miglior definizione si può determinare uno o più punti intermedi sulla base di domande e poi interpolare (tipicamente, ma non necessariamente, con una curva di tipo esponenziale). Un metodo molto significativo in questo senso è quello del "mid-value point" (punto del valore di mezzo): si chiede all'intervistato (per es. l'esperto) di individuare il punto tale per cui l'aumento di soddisfazione rispetto all'estremo peggiore sia pari a quello ottenibile nel passare da questo punto all'estremo migliore; eventualmente si può poi ripetere raffinando all'interno dei due sotto-intervalli così individuati). Ovvero, più in dettaglio, detto d l'indicatore e denotando il caso peggiore con \underline{d} e quello migliore con \bar{d} , si pone alla persona coinvolta la seguente domanda (supponendo che l'indicatore sia orientato positivamente e indicando inizialmente con d^* il valore intermedio tra il peggiore e il migliore): "l'incremento di soddisfazione che lei prova al "passare" (in senso astratto) dalla situazione \underline{d} alla d^* è maggiore, uguale, o minore di quello che prova al "passare" dalla d^* alla \bar{d} ?"

Si deve poi modificare (se la risposta non è "uguale") il valore d^* fino a trovare quello che genera indifferenza. Per costruzione, la FV deve quindi valere 0,5 (la metà del massimo) in corrispondenza del valore d^* trovato. Questo procedimento si può poi ripetere in modo analogo (nei tratti da 0 a 0,5 e da 0,5 a 1) per raffinare ulteriormente la forma della FV.

Sapendo ora che la FV deve passare per tali punti, oltre che per i punti estremi (\underline{d} , 0) e (\bar{d} , 1), è possibile determinare una curva interpolante.

Se la funzione non è monotona, si complica la determinazione dei punti intermedi e l'interpolazione, ma in sostanza il procedimento è il medesimo.

Costruzione di una FV multiattributo: la struttura additiva

Costruire la FV multiattributo

La struttura più semplice e valida nella maggioranza dei casi è quella *additiva* mostrata nella seguente equazione:

$$v(d_1, d_2, \dots, d_n) = \lambda_1 v_1(d_1) + \lambda_2 v_2(d_2) + \dots + \lambda_n v(d_n) \quad \text{Eq. 1}$$

λ_i : peso (tra 0 e 1) che traduce l'importanza relativa dell'indicatore i -esimo rispetto agli altri; se normalizzato, la somma dei pesi deve dare l'unità.

$v_i(d_i)$: FV scalare dell'indicatore i -esimo.

Questa struttura implica l'esistenza di un tasso di sostituzione tra i diversi attributi. In altre parole, assume che è possibile compensare la perdita di *valore* associata al peggioramento di un indicatore con il miglioramento di un altro indicatore, entro certi limiti determinati dai pesi. La verifica di tale condizione nel caso sotto considerazione può essere effettuata applicando una serie di test (non semplicissimi) derivanti dalla teoria sottostante.

Per costruire una funzione di tale tipo in pratica, si costruiscono prima le FV scalari che la compongono come già spiegato, e si determinano poi gli n pesi in base alle risposte ottenute da $n-1$ domande; infatti, ogni domanda fornisce l'informazione per impostare una equazione lineare tra due dei pesi, mentre esiste sempre un'ultima equazione che è quella di normalizzazione:

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = 1 \quad \text{Eq. 2}$$

Si ottengono così le n equazioni lineari che permettono di determinare gli n pesi normalizzati.

Anche qui si può applicare il metodo del mid-value point. In questo caso, ogni domanda da porre vuole stabilire l'importanza relativa tra due attributi. Considerando per esempio i primi due indicatori d_1 e d_2 e assumendo che il primo sia ritenuto più importante del secondo (in caso contrario basta invertire gli indicatori nella domanda) la domanda da porre al rappresentante del gruppo o all'esperto è la seguente: *“qual è quel valore d_1^* dell'indicatore d_1 che rende indifferenti in termini di soddisfazione (considerati i tipi di valore in gioco e facendo riferimento al significato fisico degli indicatori) le due situazioni seguenti:*

$$A=(\underline{d}_1, \bar{d}_2) \text{ e } B=(d_1^*, \underline{d}_2) \text{ ?”}$$

oppure, ma in altri termini: *“che miglioramento nel primo indicatore è necessario per compensare la perdita di valore associata all'intero intervallo di variazione del secondo indicatore?”*

In queste domande il valore degli altri eventuali indicatori deve essere mantenuto costante, per esempio (ma non necessariamente) al loro valore migliore.

Ottenuta la risposta, cioè il valore d_1^* , si può impostare l'equazione associata considerando che se le due situazioni sono giudicate indifferenti, allora, per definizione, il valore della FV cercata deve essere uguale (inoltre i termini costanti a sinistra e a destra si cancellano e quindi non appaiono):

$$\lambda_1 v_1(\underline{d}_1) + \lambda_2 v_2(\bar{d}_2) = \lambda_1 v_1(d_1^*) + \lambda_2 v_2(\underline{d}_2) \quad \text{Eq. 3}$$

Sostituendo poi i valori massimo (1) e minimo (0), convenzionalmente assegnati alle FV scalari, si ottiene:

$$\lambda_2 = \lambda_1 v_1(d_1^*) \quad \text{Eq. 4}$$

dove $v_1(d_1^*)$ è un valore noto.

Si procede quindi con le restanti coppie di indicatori, scelte in modo da concatenarli tutti.

Il metodo del mid-value point si presta benissimo quando gli indicatori da confrontare sono relativamente pochi (orientativamente da due a quattro). Quando invece si hanno molti indicatori si aprono diverse strade.

Una possibilità è strutturare l'indice complessivo in più livelli (con sub-indici, e poi sub-sub-indici, ecc.); si applica quindi la tecnica appena presentata all'interno di ogni gruppo di indicatori (gruppo appunto non troppo numeroso); l'aggregazione poi tra livelli superiori può ancora avvenire con il metodo del mid-value point, ma a questo punto non si confrontano più tutte le possibili coppie di indicatori, ma solo i gruppi di indicatori.

Un'altra possibilità ancora più semplice (ma ovviamente meno rigorosa) è assegnare direttamente agli indicatori un punteggio di importanza e poi normalizzare; oppure, ancor più semplice ma ancor meno rigorosa, farne un ordinamento di importanza e poi derivare i pesi come inverso (normalizzato) del numero d'ordine.

Altre strutture multiattributo

Non sempre esiste un tasso di sostituzione tra gli attributi; o, meglio, a volte esso non è costante. In particolare, può succedere che quando uno degli indicatori assume valori troppo cattivi, il suo peggioramento sempre meno può essere compensato da miglioramenti in altri indicatori. Questo avviene spesso quando l'intervallo considerato di possibile variazione (scala) degli indicatori è molto ampio.

Per esempio, per variazioni contenute, è ragionevole accettare che il giudizio di soddisfazione di un'acqua adibita a scopo potabile resti costante se aumenta la concentrazione di un inquinante (es. nitrati), ma diminuisce quella di un altro (es. tensioattivi); ma per valori troppo elevati del primo, l'acqua diventa inaccettabile e resta tale anche se migliora il secondo attributo.

Esistono anche strutture per far fronte a queste esigenze (per approfondimenti, si veda la fonte originale già citata).

Validare la FV: la "verità"

Sia quando la FV costruita sia basata su rigorose considerazioni teoriche, sia quando essa sia basata su considerazioni empiriche, è opportuno effettuare una validazione. Si tratta di ottenere dall'intervistato un ordinamento olistico (non utilizzato in fase di costruzione) di situazioni reali o fittizie opportune e di verificare quanto l'ordinamento fornito dalla FV per le stesse situazioni si avvicini al primo (si può calcolare per esempio l'*indice* di correlazione di Spearman, un parente della somma dei quadrati degli scarti tra i numeri d'ordine in due ordinamenti considerati per lo stesso insieme di oggetti, in questo caso le "situazioni"). Data la difficoltà di effettuare ordinamenti olistici coerenti (se questa difficoltà non esistesse, sarebbe inutile costruire delle FV), il modo migliore di procedere è senz'altro quello di sottoporre all'intervistato solo insiemi di situazioni definiti in uno spazio bidimensionale (piano), cambiando di volta in volta gli attributi considerati (assi del piano). Questo tipo di ordinamento olistico è molto affidabile e può essere considerato la "verità".

19 Appendice - Schede di sintesi “Casi Studio internazionali”

Si veda il file “Casi Studio internazionali – Appendice Reno Vivo.doc” allegato alla presente relazione.

20 Appendice - Il sistema di obiettivi per la valutazione di un Piano a scala di bacino

Si veda il file “Obiettivi per un PDB – Appendice Reno Vivo.doc” allegato alla presente relazione.

21 Sistematizzazione di dati, piani, studi, progetti esistenti

Si veda il file allegato “Sistematizzazione Dati-Studi esistenti - Appendice Reno Vivo.xls”

22 Appendice - Bibliografia

AA VV Project FAME - Development, evaluation & implementation of a standardised fish-based assessment method for the ecological status of European rivers - A Contribution to the water framework directive Contract n°: EVK1-CT-2001-00094. (www.fame.boku.ac).

Armstrong D.S. e Parker G.W., 2003. Assessment of Habitat and Streamflow Requirements For Habitat Protection, Usquepaug–Queen River, Rhode Island, 1999-2000. Open-File Report 02-438. In cooperation with the Rhode Island Department Of Environmental Management. Northborough, Massachusetts.

Assefa M. Melesse1 and Jonathan D. Jordan (2003). “Spatially distributed watershed mapping and modelling: thermal maps and vegetation indices to enhance land cover and surface microclimate mapping: part 1”. Journal of Spatial Hydrology Vol.3, No.2 Fall 2003

Auble G.T., Friedman J.M., Scott M.. (1994). Relating riparian vegetation to present and future streamflows. Ecological Applications, 4(3):544-554.

Autorità di Bacino del fiume Po e Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino (2006). Direttiva 2000/60/CE Applicazione al fiume Ticino: individuazione dei criteri di classificazione, valutazione dello stato ecologico e definizione degli interventi – Atti del convegno: sperimentazione sul fiume Ticino del sistema di classificazione dei corpi idrici di cui alla Direttiva 2000/60/CE del 31/05/2006

Autorità di Bacino del Fiume Po, “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; del fiume Mella da Brozzo alla confluenza in Oglio, del fiume Garza dalla confluenza Valle del Loc alla confluenza in Chiese e del fiume Chiese da Gavardo alla confluenza in Oglio – Specifica tecnica delle attività”, 2001

Autorità di Bacino del Fiume Po, “Studi di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d’acqua del bacino del fiume Po – Attività 3.1.7: Analisi delle condizioni d’uso del suolo e caratterizzazione della componente naturale – criteri di indirizzo e Allegato 1”, 2002.

Autorità di Bacino del Fiume Po, “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; del fiume Mella da Brozzo alla confluenza in Oglio, del fiume Garza dalla confluenza Valle del Loc alla confluenza in Chiese e del fiume Chiese da Gavardo alla confluenza in Oglio – Specifica tecnica delle attività – Allegato 5: Specifica per il rilevamento della vegetazione e degli habitat nelle aree nei territori boscati e negli ambiti seminaturali”, 2001

Badino G, Forneris G, Lodi E, Ostacoli G. Ichthyological Index, a new standard method for the river biological water quality assessment. River water quality. Commission of the European Communities: 1992. p. 729-30.

Beinat E. (1995). Multiattribute value functions for environmental management. Book n.103 of the Tinbergen Inst. Res. Series, Free University, Amsterdam.

Bertin G. (1995). “Valutazione e processo decisionale”, in G. Bertin (a cura di), Valutazione e sapere sociologico. Metodi e tecniche di gestione dei processi decisionali, Franco Angeli.

Bertin G., Nadia C. Oprandi (2003). “Integrative Group process e valutazione della qualità”, in R.Cinotti e C.Cipolla, La qualità condivisa fra servizi sanitari e cittadini, Franco Angeli.

- Billi P. e Salemi E., 2004. Misura del trasporto solido del fiume Reno. Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Ferrara. 2° Giornata di Studio. Il monitoraggio idrotorbidimetrico dei corsi d'acqua per la stima dei processi erosivi e il bilancio dei solidi sospesi.
- Boyd D.S., Foody G.M., Curran P.J., Lucas R.M., and Honzaks M. (1996). An Assessment of Radiance in Landsat TM Middle and Thermal Infrared Wave Bands for the Detection of Tropical Regeneration, *Int. J. of Remote Sensing*, 17, 249-261.
- Braun-Blanquet J., - *Plant Sociology*. Hafner Publishing Company, New York, 1972.
- Brookes A. (1990). *Channelized Rivers Perspectives for Environmental Management*, Wiley, Chichester.
- Brown R. M., McClelland N. I., Deininger R. A. and Tozer R. G. (1970). "A water quality index. Do we dare?" *Water Sewage Works*, October, 339-343.
- Buffagni A. e Kemp J.L. (2002). Looking beyond the shores of the United Kingdom: addenda for the application of River Habitat Survey in South European rivers. *J. Limnol.* 61 (2):199-214.
- Caffrey J.M. (1987). Macrophytes as biological indicator of organic pollution in Irish rivers. In *Biological indicators of pollution*. Dublin, 24-25 February 1986. Richardson D.H.S. Ed.). Royal Irish Academy: 77-78.
- Campostrini S. (2003). Surveillance systems and data analysis, in D.V.McQueen & P.Puska (eds.); *Global Behavioral Risk Factor Surveillance*, Kluwer, New York, 47-55.
- Cardoso Ana Cristina, Angelo G. Solimini, Guido Premazzi (2005). Report on Harmonisation of freshwater biological methods - EUR 21769 EN - European Communities.
- Castro, J. (1996). "Multicriteria Analysis in the Environmental Field." Civil Engineering degree Thesis (unpublished), Dep. of Civil Engineering, Universidad de Concepción, Concepción, Chile (in Spanish).
- Chapra S.C. and Pelletier G.J. (2003). *QUAL2KW: A Modelling Framework for Simulating River and Stream Water Quality: Documentation and Users Manual*. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA. (USA) .
- Chirici G. (2005). "Appunti di geomatica: per le scienze dell'ambiente e del territorio", geoLAB Università degli studi di Firenze, versione del Marzo 2005.
- Chutter F.M. (1969). The distribution of some stream invertebrates in relation to current speed. *Internat. Rev. ges. Hydrobiol.*, 54 : 413-422.
- CIRF (2006). *La riquilificazione Fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio*. Nardini A. e Sansoni G. (curatori) e collaboratori. Mazzanti Editori, Venezia.
- CNR (2004). *classificazione ecologica e carattere lenticolo-lotico in fiumi mediterranei – QUADERNI 122 - (ISSN 0390-6329)*
- Denninson W.C., Orth R.J., Moore K.A., Stevenson J.C., Carter V., Kollar S., Bergstorm P.W., Batiuk R.A. (1993). Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. *Bioscience*, 43: 86-94.
- Dixon, J. and M. Hufschmidt (1986). *Economic valuation techniques for the environment*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press.

- Forneris G., Merati F., Pascale M., Perosino G.C. (2004). Proposta di un indice ittico (II) per il bacino occidentale del Po. In: 10° Congresso Nazionale AIIAD. Montesilvano (Pe), 2-3 Aprile 2004. book of abstracts: 31.
- Ghetti P.F. (1997) - Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Provincia Autonoma di Trento.
- Harding J.P.C. (1981). Macrophytes as a monitors of river quality in the Southern N.W.WA. area. North West Water Authority, Rivers Division ref. TS-BS-91-2, 54 pp.
- Harding J.P.C. (1996). Use of algae for monitoring rivers in the United Kingdom. Recent developments. In Whitton B.A., Rott E. (eds.) Use of algae for monitoring rivers. Institut für Botanik, Univ.Innsbruck, II:125-133.
- Hauray J., Peltre M.C. (1993). Intérêts et limites des “indices macrophytes” pour qualifier la mésologie et la physicochimie des cours d’eau: esamples armoricains, picards et lorrains. *Annls.Limnol.*, 29 (3-4): 239-253.
- Hauray J., Peltre M.C. Muller S., Tremolieres M., Barbe J., Dutartre A., Guerlersquin M. (1996). Des indices macrophytes pour estimer la qualite des cours d’eau francais: premières proposition. *Écologie*, 233-244.
- Henze M., Harremoos P., Cour Janse J. and Arvin E. (1997). *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*. Springer-Verlag Berlin.
- Hotelling H. e Pabst M. R. (1936). Rank correlation and tests of significance involving no assumption of normality. *Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 7, pp. 429-443.
- Hughes F. (editor), 2003. *The Flooded Forest: guidance for policy makers and river managers in Europe on the restoration of floodplain forests*. The FLOBAR2 Project, Department of Geography, University of Cambridge, Cambridge. www-flobar.geog.cam.ac.uk.
- Hynes H.B.N. (1970). *The ecology of running waters*. Tto University Press.
- Karr J.R. (1981). Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 1981;(6):21-7. 9.
- Karr J.R., Dudley D.R. (1981). Ecological perspectives on water quality goals. *Environ Manag* 1981;(5):55-68.
- Karr J.R., Fausch K.D., Angermeier P.L., Yant P.R., Schlosser I.J. (1986). *Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale*. Champaign IL: Illinois Natural History Survey; 1986. (Illinois Natural History Survey, Special Publication, 5)
- Karr J.R., Chu E.W. (1997). *Biological monitoring: essential foundation for ecological risk assessment*. *Hum Ecol Risk Assessment* 1997; 3:993-1004.
- Karr J.R., Chu E.W. (1999). *Restoring Life in Running Waters - Better Biological Monitoring*. Washington DC: Island Press; 206 p.
- Kelly M.G., Whitton B.A. (1995). Workshop: “Plants for monitoring rivers” Durham, 26-27 September 1994. National Rivers Authority, 34 pp.
- Keeney, R. and Raiffa, H. (1976). “Decisions with Multiple Objectives: preferences and value tradeoffs.” Wiley, N.Y.

Kraszewski A. and Soncini-Sessa R. (1986), WODA: A modeling support system for BOD-DO assessment in rivers, *Environmental Software*, vol. 1, n. 2, 90- 97, 1986.

Minciardi M.R., Rossi G.L., Azzolini R. e Betta G. (2003). *Linee guida per il biomonitoraggio di corsi d'acqua in ambiente alpino*. ENEA.

Milhaus, R.T. (1998), Application of the principles of IFIM to the analysis of environmental flow needs for substrate maintenance in the Trinity River, northern California [abs.] IN *Hydroecological Modelling: Research, practice, legislation, and decision-making*: Praha, Czech Republic, T.G. Masaryk Water Research Institute, p. 50-52.

Minciardi M.R., Rossi G.L., Sansoni G., Spaggiari R. e Zanetti M. (2001). *Indice di Funzionalità Fluviale I.F.F. Manuale di applicazione*, ANPA.

Minciardi M.R., Rossi G.L., Azzolini R. e Betta G. (2003). *Linee guida per il biomonitoraggio di corsi d'acqua in ambiente alpino*. ENEA.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (2004). *Checklist e distribuzione della fauna italiana*

Moyle, P. B. and Nichols R. (1973). Ecology of some native and introduced fishes of the Sierra-Nevada foothills in Central California. *Copeia* 1973(3):478-490.

Naiman R.J., Décamps H. (1997). The ecology of interfaces: Riparian Zones. *Annual Review of Newbold C., Holmes N.T.H., 1987. Nature conservation: water quality criteria and plants as water quality monitors. Water Pollution Control* , 86:345-364.

Nakamura, S. and Waddle T. J. (1999). *IFIM Nyuumon (Translation of two documents into Japanese: The Instream Flow Incremental Methodology - A Primer for IFIM and Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology)*: Tokyo, Japan, Technology Center for Riverfront

Nardini A. (1997). "A proposal for integrating EIA, CBA and MCA". *Project Appraisal*, Vol.12, N.3, Sept. 97, pp.173-184.

Nardini A. (2003): *QUALI-LOGICAL: a water quality model for surface water systems to support sanitation and land-use planning*. *European Water Management on line (EWMO)*, April 22, 2003, Vol.1 (http://www.ewaonline.de/journal/2003_01.pdf).

Nardini A. (2004): "A Systematic Approach to Build Evaluation Indices for Environmental Decision Making with Active Public Involvement ". *Rivista di Economia delle fonti di Energia e dell'Ambiente*, Anno XLVI – N.1-2/2003, pp.189-215 (IEFE, Bocconi, Milano).

Nardini A. (2005). *Decidere l'ambiente con l'approccio partecipato*. CIRF-Mazzanti Editore.

Nardini A., Bacci M. e Soncini-Sessa R. (1990). *Inquinamento Fluviale: Realizzazione e uso di Modelli Matematici. Uno Studio di Caso sull'Arno*. Marsilio Ed., Venezia.

Nardini A. e Soncini-Sessa R. (2003). "River Quality Models: Criteria for the Design of Data Collection Campaigns Aimed at Model Calibration". *European Water Management on line (EWMO)*, September 1, 2003, Vol.1 (http://www.ewaonline.de/journal/2003_06.pdf)

Nardini A. and H. Fahmy (2005). "Integrated Evaluation of Egypt's Water Resources Plans. A Framework to Cope with Sustainability". Accettato per pubblicazione su *Water International*.

Neteler M. and Mitasova H. (2004). “Open Source GIS: A Grass Gis Approach, Second Edition”, Ed. KAP.

Newman J.R., Dawson F.H., Homes N.T.H., Chadd S., Rouen K.J., Sharp L. (1997). Mean Trophic Rank: a user’s manual. Environment Agency, R&D Technical Report E38, 129 pp.

Parco Regionale dell’Oglio sud, Piano Territoriale di Coordinamento;

Park Young-Seuk, Piet F.M. Verdonshotb, Tae-Soo Chonc, Sovan Leka (2003). “Patterning and predicting aquatic macroinvertebrate diversities using artificial neural network”. Water Research 37 (2003) 1749–1758.

Pedrotti F., Gafta D. (1996). Ecologia delle foreste ripariali e paludose dell’Italia. L’uomo e l’ambiente, 23.

Peltre M.C., Leglize L. (1992). Essais d’application d’un protocole hiérarchisé pour l’étude – Versailles, 2-3-4 dicembre – Journées Internationales d’études sur la lutte contre lus muvises herpes. ANPP. 9pp.

Petts G.E. and Maddock I. (1994). “Flow allocation for in-river needs”, in Calow P. and Petts G.E., (Eds), The Rivers Handbook, Volume 2. Hydrological and Ecological Principles, Blackwell Scientific Publications, London.

Petts G.E., and Bickerton M.A. (1997). River Wissey Investigations: linking hydrology and ecology. Executive summary. Environment Agency Project Report, 01/526/1/A, Environment Agency, Bristol, UK

Plafkin JL, Barbour M.T., Porter K.D., Gross S.K., Hughes R.M. (1989). Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers. Benthic macroinvertebrates and fish. US Environmental Protection Agency (EPA 440/4-891001).

Pignatti S., « Flora d’Italia » Edagricole, 1982;

Poff, N. L., Allan J. D., Bain M.B., Karr J.R., Prestegard K.L., Richter B.D., Sparks R.E., Stromberg J.C. (1997). The Natural Flow Regime. A paradigm for river conservation and restoration. BioScience Vol. 47 No. 11.

Polunin O., Walters M., - Guida alle vegetazioni d’Europa. Zanichelli, Bologna, 1987;

Sartori F., Zucchi C., - Relitti di vegetazione forestale lungo il corso planiziaro del fiume Oglio (Italia settentrionale). Notiziario di Fitosociologia, 17: 11-17, 1981.

Scardi M., Cataudella S., Ciccotti E., Di Dato P., Maio G., Marconato E., Salviati S., Tancioni L., Turrin P., Zanetti M. (2002). “Previsione della composizione della fauna ittica mediante reti neurali artificiali” – Atti 9° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Acquapartica (FC), 11-13 Giugno 2002. A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma – Biologia Ambientale, 18 (1): 25-31.

Scardi M, Cataudella S, Ciccotti E, Di Dato P, Maio G, Marconato E, Salviati S, Tancioni L, Turin P, Zanetti M. (2004). Previsione della composizione della fauna ittica mediante reti neurali artificiali. Biologia Ambientale 2004;18(1):1-8.26.

Scardi M, Cataudella S, Ciccotti E, Di Dato P, Maio G, Marconato E, Salviati S, Tancioni L, Turin P, Zanetti M. (2005). Predicting Fish assemblages in rivers: a neural network case study. In: Lek S, Scardi M, Descy JP, Park YS, Verdonshot P (Ed.). Modelling community structure in freshwater ecosystems. Berlin, Heidelberg, New York: Springer. p. 114-1219.

- Schmutz, S. et al. (2000). A multi-level concept for fish-based river-type-specific assessment of ecological integrity. *Hydrobiologia*, 422, 279–289.
- Searle S.R., 1987. *Linear models for unbalanced data*. John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA, 536 p.
Establishment of woody riparian vegetation in relation to annual patterns of streamflow, Bill Williams River, Arizona
- Shafroth P.B., Auble G.T., Stromberg J.C., Patten D.T. (1998). Establishment of woody riparian vegetation in relation to annual patterns of streamflow, Bill Williams River, Arizona. *Wetlands*, vol. 18, no. 4, pp. 577-590.
- Siligardi M., Cappelletti C., Chierici M., Ciutti F., Egaddi F., Maialini B., Mancini L., Monauni K., Renn, O. (1995). “Public Participation in Impact Assessment: a social learning perspective”. *Environmental Impact Assessment Review*, V.15(5).
- Smith, D.G., (1989). “A new form of water quality index for the great lakes.” *Water science & Technology*, V.21, n.2, 123-127.
- Soliani L., 2005. *Manuale di statistica per la ricerca e la professione. Statistica univariata e bivariata parametrica e non-parametrica per le discipline ambientali e biologiche*. Ed. UNI.NOVA, Parma.
- Soncini Sessa R. (2004). *Pianificazione e gestione delle risorse idriche: modellistica integrata e decisioni partecipate in pratica: il progetto Verbano*. Mc Graw-Hill, Milano.
- SRU-NWRC (2001). “DSS Technical Report series”: I-Conceptual Design of the DSS. II-Schematization of the Egyptian Water Resources and associated Socio-Economic, Environmental System (EWRSES). III-DSS Models in Detail. IV-DSS Database and GIS. V-Software Architecture of the DSS. VI-Information and System Description. VII- Construction of Scenarios, Development Measures and Cases. VIII-Experimental Work to Assess Farmer's Quality of Life”. IAM-Bari (I), Ministry of Public Works and Water Resources, Cairo, Egypt
- Stalnaker, C. B. (1998). The Instream Flow Incremental Methodology [abs.] In *Hydroecological Modelling: Research, Practice, Legislation and Decision-Making*. Prah, Czech Republic, T. G. Masaryk Water Research Institute, p. 9-11.
- Stalnaker, C.B., Lamb B.L., Henriksen J., Bovee K., and Bartholow J. (1995). *The Instream Flow Incremental Methodology: A Primer for IFIM: Biological Report 29*, 45 p.
- Statzner B., Gore J.A. and Resh V.H. (1988). Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. *Journal of the North American benthological Society*, 7 (4): 307-360.
- Stromberg J.C. and Patten D.T. (1990). Riparian vegetation instream flow requirements: a case study from a diverted stream in the Eastern Sierra Nevada, California, USA. *Environmental Management*, vol. 14, n.2, p.185 - 194.
- Swamee P.K., and A. Tyagi (2000). “Describing Water Quality with Aggregate Index.” *Journal of Environmental Engineering (ASCE)*. Vo.126, N.5, pp.451-455.
- Tancioni L., Scardi M. Cataudella S. (2005). “I pesci nella valutazione dello stato ecologico dei sistemi acquatici”. *Ann Ist Super Sanità* 2005;41(3):399-402
- Tietenberg, T. (1992). *Environmental and Natural Resources Economics*. Harper Collins Publishers.

- Turin P., Maio G., Zanetti M., Bilò M.F., Rossi V., Salviati S. (1999). Carta ittica delle acque dolci interne. Prov. Di Rovigo, 326 pp.
- Viel G., Sangiorgi S., Zaccanti G. (2005). *L'acqua dei bolognesi*. Il Geologo dell'Emilia-Romagna Anno V/2005 n. 21 e PSC Comune di Sasso Marconi, 2007
- Von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Human Biol. 10: 181-213.
- Washington H.G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices: a review with particular relevance to aquatic ecosystems. Water Research, 18: 653-694.
- Wegher M., Turin P. (1992). Utilizzo delle macrofite come indicatori di qualità dei corsi d'acqua. In Atti del workshop di biologia ambientale ed ecotossicologia, Edizioni Amministrazione Provinciale di Pordenone: 169-182.
- Westhoff V., Van Der Maarel E., - The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker R.H. (ed.), Ordination and classification of communities, Junk, The Hague, pp. 617-726, 1973.
- Zaccanti F., Rizzoli M., Falconi R. (2001). Indice della qualità ittica complessiva (QIC) in acque correnti dell'Appennino settentrionale. Convegno di Ingegneria Naturalistica: dal Progetto ai Risultati. Milano 15-16 Novembre.
- Zerunian S. (2004), "Proposta di un Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche viventi nelle acque interne italiane" *Biologia Ambientale*, 18 (2): 25-30.
- Zerunian S. (2004a). Pesci delle acque interne d'Italia. Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica, 258 pp + CD-Rom.
- Zerunian S., De Ruosi T. (2002). Iconografia dei Pesci delle acque interne d'Italia / Iconography of Italian Inland Water Fishes. Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica, 263 pp. + 33 tavv.
- Ziliani L. Modellazione numerica e indagine geomorfologica per la valutazione del rischio idraulico e delle dinamiche del profilo di fondo del fiume Reno a monte dello sbarramento di Molino del Pallone. Tesi di laurea (relatore Brath A.; correlatori Zamboni L., Baldassarre G., Brandimarte L.). Università degli Studi di Bologna - Facoltà di Ingegneria, corso di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, indirizzo Difesa del Suolo.

23 Elenco allegati

Tavole allegate:

- Tavola SD_1 - ALT 1 - Sintesi LINEE AZIONE.pdf
- Tavola SD_2 - ALT 2 - Sintesi LINEE AZIONE.pdf
- Tavola SD_3a - ALT 3 - Sintesi LINEE AZIONE ASSETTO FISICO.pdf
- Tavola SD_3b - ALT 3 - Sintesi LINEE AZIONE BIO-QUAL ACQUA.pdf
- Tavola SD_4a - ALT 4 - Sintesi LINEE AZIONE ASSETTO FISICO.pdf
- Tavola SD_4b - ALT 4 - Sintesi LINEE AZIONE BIO-QUAL ACQUA.pdf

- Tavola SD_4.1 - ALT 4_Quadro 1 - LINEE AZIONE ASSETTO FISICO.pdf
- Tavola SD_4.2 - ALT 4_Quadro 2 - LINEE AZIONE ASSETTO FISICO.pdf
- Tavola SD_4.3 - ALT 4_Quadro 3 - LINEE AZIONE ASSETTO FISICO.pdf
- Tavola SD_4.4 - ALT 4_Quadro 1 - LINEE AZIONE BIO-QUAL ACQUA.pdf
- Tavola SD_4.5 - ALT 4_Quadro 2 - LINEE AZIONE BIO-QUAL ACQUA.pdf
- Tavola SD_4.6 - ALT 4_Quadro 3 - LINEE AZIONE BIO-QUAL ACQUA.pdf

- Scheda Azione - Quadro 1 - RENO VIVO - CIRF.pdf
- Scheda Azione - Quadro 2 - RENO VIVO - CIRF.pdf
- Scheda Azione - Quadro 3 - RENO VIVO - CIRF.pdf

- Scheda Demanio_PTCP - Quadro 1 - RENO VIVO - CIRF.pdf
- Scheda Demanio_PTCP - Quadro 2 - RENO VIVO - CIRF.pdf
- Scheda Demanio_PTCP - Quadro 3 - RENO VIVO - CIRF.pdf

Ed inoltre:

- Documento “Casi Studio Internazionali - Appendice Reno Vivo.doc”
- Documento “Obiettivi per un PDB – Appendice Reno Vivo.doc”
- Documento “Relazione specialistica idrologia - Appendice Reno Vivo.odt”
- File “Sistematizzazione Dati-Studi esistenti - Appendice Reno Vivo.xls”