

Report#1

“Monitoraggio della Qualità Ambientale”

Progetto “FE-E-7-NI LAVORI DI ADEGUAMENTO
DELLE CONDIZIONI DI NAVIGABILITA' DELL'ALVEO
DI MAGRA DEL FIUME PO PER NAVI DI CLASSE Va –
TRATTO REVERE-FERRARA” - [ID: 5132]

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	CONTENUTI DEL REPORT#1	4
1.2	CRITERI GENERALI E ORGANIZZAZIONE DEL REPORT#1	4
	<i>Razionale dei MA: ORGANIZZAZIONE</i>	5
	<i>Articolazione temporale del monitoraggio.....</i>	5
	<i>Relazioni di analisi, restituzione dei dati e Comunicazione</i>	6
	<i>Individuazione delle aree sensibili</i>	7
	<i>Individuazione dei punti/stazioni/aree/transetti da monitorare all'interno delle aree sensibili</i>	7
	<i>Schema di codifica dei punti/stazioni di monitoraggio.....</i>	8
2.	COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI (AS)	9
2.1	PREMESSA - AS.....	9
	<i>Parametri analitici - AS</i>	11
	<i>Localizzazione dei punti/stazioni di monitoraggio - AS.....</i>	12
	<i>Frequenza e durata del monitoraggio - AS.....</i>	15
	<i>Metodologie di riferimento - AS</i>	15
	<i>VALORI SOGLIA - AS</i>	21
3.	COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE (GW).....	22
3.1	PREMESSA - GW	22
	<i>Parametri analitici - GW</i>	23
	<i>Localizzazione dei punti/stazioni/aree di monitoraggio - GW.....</i>	23
	<i>Frequenza e durata del monitoraggio e metodologie di riferimento - GW.....</i>	23
	<i>VALORI SOGLIA - GW.....</i>	25
4.	COMPONENTE SUOLO (SU).....	26
4.1	PREMESSA - SU	26
	<i>Parametri analitici - SU</i>	26
	<i>Localizzazione dei punti/stazioni/aree di monitoraggio - SU.....</i>	26
	<i>Frequenza e durata del monitoraggio - SU</i>	26
	<i>Metodologie di riferimento - SU</i>	26
	<i>VALORI SOGLIA - SU</i>	27
5.	COMPONENTE FLORA E VEGETAZIONE (FV)	28
5.1	PREMESSA - FV	28
	<i>Parametri analitici - FV.....</i>	29
	<i>Localizzazione dei punti/stazioni di monitoraggio - FV.....</i>	29

Localizzazione dei punti/stazioni di monitoraggio - FV	30
Sintesi delle evidenze raccolte su habitat/vegetazione del Po nel corso della stagione vegetativa 2023 ...	32
Frequenza e durata del monitoraggio - FV	34
Metodologie di riferimento - FV	34
VALORI SOGLIA – FV	37
6. COMPONENTE FAUNA (FA)	39
6.1 PREMESSA - FA	39
Parametri analitici - FA	40
Localizzazione delle stazioni/transetti di monitoraggio - FA	40
Frequenza e durata del monitoraggio & metodologie - FA	43
Dettagli operativi - FA	45
Sintesi dei monitoraggi per la componente FA	59
VALORI SOGLIA - FA	61
7. COMPONENTI PAESAGGIO (PA) ED EFFETTI CUMULATI (II)	62
7.1 PREMESSA - PA & II	62
Localizzazione dei punti/stazioni/aree di monitoraggio - PA & II	62
Parametri analitici - PA & II	62
Frequenza e durata del monitoraggio - PA & II	63
Metodologie di riferimento - PA & II	63
VALORI SOGLIA – PA/II	65
8. GANTT	66

1 INTRODUZIONE

Il presente **Report#1** dei Monitoraggi Ambientali (MA) relativo al primo (I) stralcio del progetto "**FE-E-7-NI Lavori di adeguamento delle condizioni di navigabilità dell'alveo di magra del fiume Po per navi di classe Va – Tratto Revere-Ferrara**" aggiorna i **CONTENUTI**, i **CRITERI**, l'**ORGANIZZAZIONE** e le **METODOLOGIE** del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) a loro volta aggiornati e integrati nel **Report#0** (cui si rimanda per i necessari approfondimenti e la ricostruzione del percorso di affinamento metodologico a seguito dell'interlocuzione tra gli Enti vigilanti e di controllo sull'adempimento delle condizioni ambientali delineate nel Parere autorizzativo 279 della CTVA).

1.1 CONTENUTI DEL REPORT#1

Le **quattro COMPONENTI AMBIENTALI** (= AMBITI DI PRESSIONE, ai sensi delle valutazioni del SIA/VInCA) su cui è stato avviato il monitoraggio nel 2023: **AS** e **SE** ("Acque Superficiali" e "Suolo e Sedimenti"), e gli elementi direttamente connessi alle **direttive ambientali comunitarie** = vale a dire **FV** e **FA** ("Flora e Vegetazione" e Fauna), sono state riviste identificando una componente aggiuntiva: le "**Acque Sotterranee**" (**GW** = *groundwater*), vista la rilevanza attribuita al monitoraggio dell'interazione fiume-falda. A sua volta la componente **SE** è stata rinominata "Suolo = **SU**" e focalizzata, appunto, sulla componente suolo, mentre i descrittori idromorfologici sono stati inquadrati nella componente **AS**. A queste componenti si aggiungono le componenti **PA** e **II** (Paesaggio ed "Effetti Cumulati") che sono state prevalentemente valutate sulla base delle informazioni acquisite nell'ambito dei monitoraggi delle componenti precedentemente elencate (vale a dire, nello specifico, le cartografie di uso suolo/habitat dei tre settori regionali).

Le componenti **ATMOSFERA** (relativamente ai possibili effetti locali dovuti ai mezzi impiegati per la realizzazione delle opere, in fase CO) e **AGENTI FISICI** (relativamente ai possibili effetti locali dovuti ai mezzi impiegati per la realizzazione delle opere sul rumore, in fase CO) non sono state prese in considerazione in questo documento in quanto oggetto delle relazioni relative alla Cantierizzazione, ai quali si rimanda per approfondimenti.

1.2 CRITERI GENERALI E ORGANIZZAZIONE DEL REPORT#1

In questa sezione sono illustrati i **CRITERI GENERALI**, comuni a tutte le componenti ambientali considerate, applicati per sviluppare il **Report#1** (che includono gli **INDIRIZZI ORGANIZZATIVI DEL PIANO**). Essi trattano la localizzazione delle aree di indagine (punti/stazioni/aree di monitoraggio) e la definizione dei parametri da monitorare (MONITORAGGIO), la presentazione delle metodologie di controllo di qualità/validazione e di analisi/elaborazione (VALUTAZIONE & COMUNICAZIONE), e delle azioni di risposta/adattamento a condizioni anomale¹ (GESTIONE). I **CRITERI SPECIFICI** per ciascuna componente

¹ Nel caso specifico del presente **Report#1**, va considerato che solo pochissimi parametri tra quelli che saranno oggetto di monitoraggio potranno presentare "**situazioni anomale**" (nello specifico gli "Idrocarburi totali"). Per gli altri parametri, o mancano del tutto dei Valori Limite e Soglia e/o indicazioni relative al loro Range Naturale, o presentano nell'area di monitoraggio un'elevatissima variabilità che sembra in grado di mascherare gli effetti locali che saranno indotti dalla realizzazione delle opere (situazioni attese per un corpo idrico di grandi dimensioni in contesti planiziali soggetti a pressioni antropiche di eccezionale intensità, come il distretto idrico padano; per approfondimenti si rimanda ai documenti di SIA/VInCA). In ogni caso, in presenza, se attestata, di eventi inattesi (scostamenti significativi dallo scenario di base e/o da valori attesi) si indagherà sulle possibili cause al fine di individuare eventuali azioni correttive.

ambientale (che includono la presentazione delle tecniche di campionamento la frequenza/durata dei campionamenti) sono, invece, descritti nei paragrafi successivi.

Razionale dei MA: ORGANIZZAZIONE

In ragione delle specificità ambientale dell'area oggetto di intervento (tratto fluviale di pianura del Po), e della sua intrinseca rilevanza da un punto di vista naturalistico, paesaggistico e funzionale [come chiaramente eviscerato nei documenti di analisi (D.06, D.07) e nel documento integrativo "CONTRODEDUZIONI ALLA RICHIESTA DI INTEGRAZIONI"], si è deciso di organizzare i **MA = Monitoraggi Ambientali** in due distinte (ma largamente complementari e intersecate) **FASI D'AZIONE** (AI e AII). Ognuna delle quali è caratterizzata da una propria specifica scala spazio-temporale di esecuzione. In tal modo, i MA garantiranno l'adeguata quantificazione degli impatti eventualmente determinati sull'ecosistema recettore (fiume Po) dalla realizzazione delle opere, anche quelli eventualmente non previsti.

La **FASE AI** è finalizzata a monitorare gli effetti alla scala di singola unità di intervento (che sono i Gruppi di Intervento, GI). Questa fase sarà caratterizzata da indagini di tipo modulare (implementate a scala di singolo GI, che andranno replicate, a seconda della dimensione, per tutti i GI finanziati, per ora ci si riferisce a quelli inclusi nel primo stralcio funzionale), di natura puntuale e/o rivolte all'intorno spaziale del singolo GI. Le componenti caratterizzate in questa fase saranno **AS, GW, SU, FV e FA**.

La **FASE AII**, invece, è finalizzata a monitorare gli effetti alla scala ampia, vale a dire alla scala dell'intero tratto fluviale in cui sono ricompresi tutti i GI, indipendentemente dalla loro dimensione e se inclusi o meno nel primo stralcio funzionale (finanziato). Quest'azione sarà principalmente finalizzata ad integrare spazio-temporalmente le indagini puntuali condotte nell'ambito della **FASE AI** mediante l'applicazione di tecniche di telerilevamento e fotointerpretazione. Le componenti caratterizzate in questa fase saranno **AS, FV, PA e II**.

Articolazione temporale del monitoraggio²

I **MA** sono articolati temporalmente in **tre fasi**, **PER UNA DURATA COMPLESSIVA DI 8 ANNI**, con le seguenti finalità e scansione temporale:

a) monitoraggio ante operam (AO) (si conclude prima dell'inizio della realizzazione delle opere in progetto, e **avrà durata di un anno**), con l'obiettivo di:

- definire lo stato fisico dei luoghi e dell'ambiente fluviale prima dell'inizio delle attività;
- rappresentare la situazione ambientale di "riferimento", rispetto alla quale valutare la sostenibilità ambientale dell'opera, che costituisce termine di paragone per valutare l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione dell'opera;
- consentire la valutazione comparata con i controlli effettuati in corso d'opera, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali ed orientare opportunamente le valutazioni di competenza – e l'adozione di strategie di adattamento/risposta a condizioni anomale – degli Enti Vigilanti/Coinvolti.

² Liberamente tratto dal documento "Piano di Monitoraggio Ambientale" dell'Elettrodotto A 380 KV in doppia terna Villanova-Gissi ed opere connesse (Elaborato Cesi, Terna Rete Italia).

b) monitoraggio in corso d'opera (CO) (comprende tutto il periodo di realizzazione, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento, e avrà una durata **stimata di 24 mesi**), con l'obiettivo di:

- analizzare l'evoluzione degli indicatori ambientali, rilevati nello stato iniziale, rappresentativi di fenomeni soggetti a modifiche indotte dalla realizzazione dell'opera, direttamente o indirettamente (es., allestimento del cantiere);
- controllare situazioni specifiche, al fine di adeguare la conduzione dei lavori;
- identificare le criticità ambientali, non individuate nella fase **AO**, che richiedono ulteriori esigenze di monitoraggio.

c) monitoraggio in fase di esercizio (post operam, PO) (comprende le fasi di pre-esercizio ed esercizio dell'opera, e avrà **durata di cinque anni**, da **PO1** a **PO5**). In questo orizzonte temporale i **MA** saranno principalmente svolti entro un anno dalla conclusione delle attività (**PO1**); dopo tre anni (**PO3**), ed entro i cinque anni dalla fine delle attività (**PO5**), prevedendo per ciascuna fase di monitoraggio una durata massima di un anno. Gli obiettivi dei monitoraggi **PO** saranno quelli di:

- confrontare gli indicatori definiti nello stato **AO** con quelli rilevati nella fase di esercizio dell'opera (*da ri-selezionare in virtù degli esiti dei primi tre anni di monitoraggio*);
- controllare i livelli di ammissibilità, sia dello scenario degli indicatori definiti nelle condizioni **AO**, sia degli altri eventualmente individuati in fase **CO**;
- verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione (ove si rendessero necessari; *nell'ambito del PMA si raccoglieranno dati da integrare con quanto previsto dal Piano per la Mitigazione, PM, specificatamente dedicato a tale aspetto*).

La **fase AO – avviata a febbraio 2024 (25/02/24)**, è stata anticipata e integrata da una fase **pre-AO (maggio 2023 – febbraio 2024)** finalizzata a sua volta all'acquisizione di dati ecologici standardizzati sull'area vasta di progetto e alla verifica dell'efficacia delle metodiche di monitoraggio proposte. La fase **pre-AO** ha permesso, quindi, di consolidare gli approcci metodologici e gli strumenti di rilevamento (incluse le schede di monitoraggio), focalizzando l'interesse sulle seguenti componenti di interesse: **CHIROTTEROFAUNA, COLEOTTERI CARABIDI, ITTIOFAUNA, LEPIDOTTERI DIURNI e TERIOFAUNA**, e per la caratterizzazione preliminare della componente **AS**. Tale fase di pre-indagine ha permesso di: i) ovviare alle criticità associabili alla non corretta identificazione delle stazioni di monitoraggio per le componenti indagate, ii) verificare l'applicabilità dei metodi di monitoraggio nel contesto territoriale *target*, e iii) ampliare significativamente la mole di dati relativi alle componenti *target* – in accordo alle indicazioni della Condizione ambientale n. 5 del Parere n. 279 che evidenziano la necessità di orientare i monitoraggi anche alla risoluzione dei *gap* conoscitivi, alla scala ampia, del tratto di Po in analisi.

Relazioni di analisi, restituzione dei dati e Comunicazione

In accordo con le Linee Guida PMA VIA, i parametri valutati durante le attività di monitoraggio saranno restituiti mediante **schede e tabelle** (*organizzate secondo lo schema riportato nelle schede*) che verranno condivise mediante servizi **webGIS** e la predisposizione di **Report** di analisi entro **3 mesi** dal **termine dei monitoraggi** (termine fissato per il mese di febbraio). Tali servizi saranno predisposti in collaborazione con la stazione appaltante, e la loro struttura condivisa con gli Enti Vigilanti/Coinvolti.

Per la gestione dei dati raccolti e dei documenti verrà utilizzato un **sistema di codifica standardizzato** (dettagliato in seguito). Questo sistema sarà utilizzato per identificare in modo univoco i punti/stazioni/aree di monitoraggio, i campioni e altri elementi.

Tutti i dati raccolti durante lo sviluppo dei **MA**, sia derivanti dalle attività di monitoraggio svolte, sia derivanti da terze parti, verranno quindi restituiti in un documento, di natura dinamica, dal nome "**Monitoraggio della Qualità Ambientale**". **Tale documento verrà aggiornato periodicamente (e condiviso entro 3 mesi dal termine di ogni annualità di monitoraggio)** e conterrà tutte le elaborazioni effettuate per il confronto dei valori rilevati con i rispettivi limiti di riferimento normativi, i valori dello scenario di base, desunti sia dalla campagna di monitoraggio **AO**, e i dati storici relativi all'area di indagine.

Il documento sarà inoltre corredato da **elaborati cartografici** con l'indicazione dei punti/stazioni/aree/transetti di monitoraggio e dalle **schede dati** che, per ogni punto riassumeranno tutti i valori misurati o raccolti.

Individuazione delle aree sensibili

La scelta di aree, componenti e fattori ambientali da monitorare – nell'ambito delle aree di cantiere, di azione e dell'area vasta – è basata sulla loro sensibilità e vulnerabilità alle azioni di progetto evidenziate nel SIA/VInCA, integrate nell'ipotesi che possano emergere **impatti significativi imprevisti** (ciò giustifica l'inserimento tra le componenti ambientali da monitorare di quelle interessate da impatti di significatività di livello medio e di livello importante, ma non elevato). Le aree sono state differenziate in funzione dei criteri di indagine, delle potenzialità di interferenza con le diverse componenti ambientali in esame, ed alla fase di azione in cui saranno indagate.

I criteri considerati per la loro determinazione sono:

- a) presenza della sorgente di interferenza;
- b) presenza di elementi significativi, attuali o previsti, rispetto ai quali è possibile rilevare una modifica delle condizioni di stato dei parametri caratterizzanti.

La **FASE AI** avrà come *target* spaziale: 1) **le aree buffer** (nel range 100-600 m, a seconda della componente target) **identificate tutto attorno ai cantieri dei singoli GI finanziati** nel caso presente relativi al I stralcio (un esempio, riferito a *buffer* di 100 m, è riportato in **Figura 3**) e 2) e delle **aree di CONTROLLO e RECETTORE INDIRETTO** (*due per ciascuna componente animale target, di monte = bianca, di valle = effetti cumulati*). La **FASE AII** avrà come *target* **il tratto fluviale nel suo complesso** tra Revere-Ferrara, e farà riferimento alle indagini svolte prevalentemente mediante tecniche di fotointerpretazione e/o telerilevamento. Le unità di analisi spaziale (per le componenti terrestri, inclusi gli habitat) risulteranno delimitate esternamente dal limite della **Fascia A PAI³** (che delimita esternamente l'area vasta di interesse).

Individuazione dei punti/stazioni/aree/transetti da monitorare all'interno delle aree sensibili

Per quanto concerne la **FASE AI**, per ogni singola componente *target* nei paragrafi che seguono sono indicate la numerosità dei punti/stazioni/aree/transetti in cui è previsto il monitoraggio, ed eventualmente

³ e/o della strada alzaia che delimita l'area golenale aperta, nel caso la fascia A la ricomprendesse in toto estendendosi oltre l'alzaia.

la loro localizzazione di massima (per esempio per le componenti **AS, GW, SE, FV** e **FA**). Per queste componenti nell'ambito del presente piano saranno quantificate le repliche spaziali e i criteri per la loro individuazione da applicare nel corso delle indagini. Per quanto riguarda, invece, la FASE All, come già indicato, avrà come area *target* il tratto fluviale tra Revere-Ferrara, delimitato esternamente dal limite della **FASCIA A PAI e/o della strada alzaia che delimita l'area golenale aperta** (nel caso la fascia A la ricomprendesse in toto, estendendosi oltre l'alzaia verso le aree agricole circostanti il fiume).

Schema di codifica dei punti/stazioni di monitoraggio

Il codice dei punti/stazioni/aree/transetti di monitoraggio è identificato da una stringa composta da singoli codici alfanumerici che identificano:

- la componente di riferimento (AS = Acque Superficiali, SE = Suolo e Sedimenti, FV = Flora e Vegetazione, FA = Fauna);
- la fase di monitoraggio (AO = ante operam, CO = corso d'opera, PO = post operam);
- la tipologia di misura (sigla alfabetica relativa al tipo di monitoraggio descritto e/o parametro);
- l'area e/o il punto di misura (sigla numerica relativa ad un'area e/o un punto geografico specifico).

Ad esempio, per il punto di misura **AS-AO-A-B-01-t1**, le singole sigle identificano:

- AS: la componente "Acque Superficiali";
- AO: fase temporale, *ante operam* (eventualmente con l'indicazione dell'anno, es CO₁);
- A: eventualmente qui va definita il sottocomponente riferito alla componente generale (es. nel caso delle zoocenosi, qui si definisce la comunità di riferimento, ad es. l'ittiofauna ha codifica 1).
- B: metodologia di rilevamento tipo B (le differenti tecniche di campionamento sono descritte nei capitoli relativi ad ogni componente e si inseriscono nell'ambito di tutte le opere in corso di monitoraggio; in caso non sia necessario specificare il "sottocomponente", questo elemento potrebbe non comparire nella codifica);
- 01: punto n. 1 di rilievo delle Acque Superficiali;
- t1: replica temporale n. 1, qualora si svolgessero più di una campagna di misura per anno3.

2. COMPONENTE ACQUE SUPERFICIALI (AS)

In riferimento alla **componente AS** = Acque Superficiali, gli **OBIETTIVI SPECIFICI** del **PMA** sono valutare/delineare:

1. la disponibilità di reti di monitoraggio (nazionale, regionale e locale) meteo idro-pluviometriche e quali-quantitative esistenti, in base alla normativa di settore;
2. l'interferenza delle opere con l'ambiente idrico (qualità chimico-fisica; IMPATTO MEDIO, **CO**);
3. le interferenze dell'opera sull'assetto idraulico/idromorfologico (IMPATTO MEDIO, **CO**; IMPATTO ELEVATO, **PO**);
4. lo stato di consistenza delle opere di difesa spondale poste in corrispondenza dei tratti in cui le modellazioni idrauliche a fondo mobile hanno messo in evidenza una possibile erosione del fondo alveo.
5. il monitoraggio della "fauna macrobentonica, individuando due modulate secondo il richiamato criterio monte/valle" per verificare l'eventuale interferenza delle azioni di progetto con la stazione ARPA di Felonica (ai sensi della [Condizione ambientale n. 5d.3](#));
6. il monitoraggio dell'andamento meteo-climatico e delle portate fluviali (considerati parametri chiave critici per la navigazione; ai sensi della [Condizione ambientale n. 5m](#)).

La componente **AS** è oggetto di caratterizzazione sia in **FASE AI** che in **FASE AII**, lungo tutte le fasi temporali del **MA**, indagando l'intorno spaziale delle aree di cantiere (GI) e l'intero tratto fluviale Revere-Ferrara ([al più in otto stazioni di monitoraggio](#)). I dati spettroradiometrici sono da utilizzare per la calibrazione e la validazione (cal/val) delle mappe (dei solidi sospesi totali e delle coordinate cromatiche⁴) derivate dalle immagini satellitari (oggetto specifico della **FASE AII**).

2.1 Premessa - AS

Il monitoraggio della **componente AS** è finalizzato, tra le altre cose, a caratterizzare l'eventuale contaminazione delle acque superficiali a seguito della "possibile immissione di carichi inquinanti dovuti a sversamenti accidentali" e alla valutazione delle dinamiche spazio-temporali della **torbidità** (identificato come parametro chimico-fisico *proxy* della possibile "alterazione dell'assetto idraulico" suggerito dalle valutazioni ambientali). Come anticipato nel testo, alla torbidità si associa la caratterizzazione dei parametri chimico-fisici di base monitorabili *in situ* mediante l'ausilio di una **sonda multiparametro** (temperatura, ossigeno, conducibilità e pH) e la quantificazione della torbidità biologica associata allo sviluppo del fitoplancton (Chl-*a*), oltre a DIN, SRP, AzO, TN e TP.

Con riferimento al livello di contaminazione da idrocarburi, mediante la caratterizzazione degli Idrocarburi totali, si procederà alla quantificazione del livello di contaminazione solo in condizioni di emergenza: **1**) in

⁴ Il colore dell'acqua di un corpo idrico naturale è direttamente correlato alla presenza in essa di materiale disciolto o in sospensione. Nel Telerilevamento multispettrale tipicamente si fa riferimento alle relazioni esistenti tra la componente cromatica del rosso e la concentrazione di carico sospeso, tra la componente cromatica verde e la presenza di clorofilla e tra la componente cromatica del blu e l'indice di trasparenza. Le coordinate cromatiche sono quindi strettamente correlate con la qualità del corpo idrico, da considerarsi quindi buoni indicatori del suo stato di salute e delle condizioni generali di eutrofia delle sue acque; da Giannetto & Lechi, 2004. *Utilizzo dei dati multispettrali ad alta risoluzione per il monitoraggio della laguna di Venezia*. Capitolo del libro: "L'uso delle immagini satellitari ad alta risoluzione per le analisi territoriali: Utilizzo dei dati multispettrali ad alta risoluzione per il monitoraggio della laguna di Venezia". Editor: Sergio De Qual.

concomitanza di eventi di sversamento (direttamente osservati, attraverso l'uso di *kit* di campionamento in dotazione a ciascun cantiere in attività), o **2**) nel caso in cui si verificassero eventi meteorici eccezionali con fenomeni di allagamenti ed esondazioni tali da interessare le aree di cantiere. Una dettagliata disamina delle misure di mitigazione rispetto a tale impatto è riportata nel "PIANO DI CANTIERIZZAZIONE" del progetto esecutivo, cui si rimanda per approfondimenti sulle azioni di mitigazione.

Gli eventuali campioni raccolti saranno poi analizzati secondo metodiche standard (Manuali e Linee Guida 123/15; UNI EN ISO 9377-2:2002). Non è di utilità ipotizzare un campionamento periodico di tali composti nelle acque in transito nel tratto visto il contesto operativo (sistema fluviale sottoposto a pressioni multiple) e l'alta mobilità di questi composti [che li rende assai difficili da identificare in assenza e/o a distanza temporale significativa (ore) da un evento circoscritto di immissione]. A tale riguardo, prima dell'avvio dei lavori – ai sensi della condizione ambientale n. 5h – si provvederà a fornire a Regione Emilia- Romagna (Servizio Valutazione Impatto e Promozione Sostenibilità Ambientale), ad ARPAE SAC Ferrara e ad Ausl Ferrara l'estratto relativo al programma dei monitoraggi e al piano di emergenza.

I parametri *target* idro-chimici sono stati caratterizzati stagionalmente per delineare lo scenario di base nel primo anno di monitoraggio **AO** (**4 campagne** complessive, a partire da **fine febbraio 2024 – 25/02**), mentre nel periodo di attività dei cantieri sono previste sei campagne di misura (3 campagne per anno di monitoraggio **CO**). Per la fase **PO** saranno condotte, invece, analogamente alla fase **AO**, **4 campagne annuali**.

I dati spettroradiometrici sono stati utilizzati per la cal/val dei prodotti di telerilevamento che permetteranno di monitorare alcuni dei parametri chiave fisico-chimici di base (torbidità, coordinate cromatiche) del tratto di fiume Po (da Revere a Ferrara) da monitorare in continuo (durante tutto il periodo di monitoraggio, dall'**AO** e al **PO5**, per i complessi 8 anni di monitoraggio). A tale riguardo si procederà all'acquisizione accoppiata di misure tramite spettroradiometria di campo al fine di caratterizzare la variabilità spettrale delle diverse superfici e il loro stato di conservazione (IOCCG Protocol Series, 2019⁵).

Nel contesto della componente **AS** è stato ricompreso anche il monitoraggio idromorfologico, vale a dire il possibile effetto delle opere sulle dinamiche idrogeomorfologiche del tratto di Po in analisi (considerandolo come un'unità) mediante l'applicazione dei metodi CARAVAGGIO, IDRAIM (*IQM* e *IQM_m*) e la raccolta di rilievi topografici, integrati dal ricorso a tecniche di fotointerpretazione e/o telerilevamento.

L'acquisizione di tali informazioni permetterà di ricostruire le dinamiche spazio-temporali dei processi fluviali, integrando gli indicatori di assetto riferiti a sezioni o tratti limitati di un corso fluviale (per esempio, quelli che rientrano nel sistema IDRAIM e nel metodo CARAVAGGIO). Ciò è di particolare rilevanza per quanto riguarda i sistemi fluviali di pianura (come il caso in esame) che sono caratterizzati da alvei ampi, una generale semplificazione strutturale dei contesti marginali (con mosaici ambientali banalizzati) e livelli significativi di disconnessione laterale. In un tale contesto, assume una maggior rilevanza ricostruire le dinamiche delle forme di fondo piuttosto che caratterizzare localmente la struttura dei settori laterali in

⁵ IOCCG Protocol Series (2019). Protocols for Satellite Ocean Colour Data Validation: In Situ Optical Radiometry. Zibordi, G., Voss, K. J., Johnson, B. C. and Mueller, J. L. IOCCG Ocean Optics and Biogeochemistry Protocols for Satellite Ocean Colour Sensor Validation, Volume 3.0, IOCCG, Dartmouth, NS, Canada. Accessibile qui: <https://ioccg.org/what-we-do/ioccg-publications/ocean-optics-protocols-satellite-ocean-colour-sensor-validation/>

prossimità delle sponde (entro 50 m). Con riferimento al presente **PMA**, il mosaico ambientale delle golene (ad es., uso del suolo, struttura della vegetazione, gli attributi fisici della sommità delle sponde) sarà indagato nell'ambito delle valutazioni a carico della componente ambientale Paesaggio (**PA**).

L'assetto idrogeomorfologico sarà caratterizzato: i) via fotointerpretazione e/o telerilevamento ([attraverso il monitoraggio delle variazioni geometriche delle aree bagnate e delle forme di fondo fluviali](#)) del tratto di fiume interessato dalle opere, e ii) attraverso l'applicazione del metodo CARAVAGGIO e del sistema IDRAIM (*IQM* e *IQM_m*). Campagne di cal/val dei prodotti satellitari saranno condotte in fase **AO** e in fase **PO_{1,3}**. In merito ai possibili impatti sulla consistenza delle opere di difesa spondale, così come delineati nello STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA (D.18), campagne di monitoraggio *ad hoc* saranno svolte mediante rilievi topografici. [Le informazioni così raccolte saranno integrate con i dati che AIPO acquisirà mediante il ricorso a scansione batimetrica dei fondali del tratto di interesse e/o attraverso il ricorso a sorvoli LIDAR.](#) Approfondimenti sulle attività di monitoraggio istituzionale e prevenzione che saranno svolti da AIPO e il livello di interoperabilità con il presente **PMA** saranno dettagliate all'interno del primo **Report** di progetto.

Dati i peculiari andamenti idrologici del fiume Po nel corso degli ultimi due anni si intende utilizzare anche la stagione idrologica estiva 2025 per raffinare i percorsi di calcolo degli indicatori idromorfologici in modo da consolidare i risultati ottenuti per il 2024. A partire da maggio 2023, infatti, si è interrotta una fase significativa di scarse precipitazioni nel distretto (culminate in una magra estiva valutata con un tempo di ritorno di 6 secoli) e si è avviata una fase umida significativa. Per tale motivo, i dati idrologici (relativi al metodo CARAVAGGIO e IDRAIM) relativi alla fase **AO** saranno condivisi ad ottobre 2025.

Per quanto riguarda, invece, i dati relativi al monitoraggio dell'andamento meteo-climatico e delle portate fluviali (parametri **N-O**), allegati al presente **Report#1** si condividono le informazioni come ricevute da ARPA Emilia-Romagna "Struttura Idro-Meteo-Clima" – una loro rielaborazione sarà condotta parallelamente al consolidamento degli indicatori idromorfologici. Per tale motivo, i dati meteo-climatici e di portata saranno approfonditi e commentati contestualmente all'invio degli approfondimenti idromorfologici ad ottobre 2025.

Parametri analitici - AS

A. Idrocarburi totali

B. Solidi sospesi totali (TSS)

C. Clorofilla *a* (Chl-*a*)

D. DIN = Dissolved Inorganic Nitrogen

D1. Nitrati (N-NO₃); D2. Nitriti (N-NO₂); D3. Ione ammonio (N-NH₄)

E. SRP = fosforo reattivo solubile (PO₄³⁻)

F. TN = azoto totale

G. AzO = azoto organico

H. TP = fosforo totale

I. Parametri da sonda multiparametro

I1. Temperatura (T); I2. pH; I3. Ossigeno disciolto (O₂); I4. Conducibilità (Cond)

L. Misure Spettroradiometriche

L1. Misure del corpo idrico fluviale

L2. Misure delle unità del mosaico ambientale

M. Macrobenthos

M1. STAR_JCMi

N. Portate fluviali del Po⁶

O. Descrittori meteo-climatici annuali

O1. Temperatura massima media

O2. Anomalie della temperatura massima media

O3. Precipitazioni cumulate

O4. Anomalie assolute delle precipitazioni cumulate

O5. Bilancio idroclimatico

O6. Anomalie del bilancio idroclimatico

P. Metodo CARAVAGGIO

P1. HMS = Habitat Modification Score; P2. HQA = Habitat Quality Assessment

Q. Metodo IDRAIM

Q1. IQM; Q2. IQM_m

R. Rilievi topografici

R1. Sommità della sponda; R2. Approfondimento fondali

Localizzazione dei punti/stazioni di monitoraggio - AS

Lo schema spaziale dei punti di monitoraggio è il seguente: in corrispondenza di ciascun gruppo di intervento incluso nel primo stralcio funzionale (**GI2, 3 e 7**) sono state individuate due stazioni, una a monte e una valle delle opere. La localizzazione della stazione di valle è stata condotta in modo da tale da permettere una valutazione degli effetti dei lavori di costruzione dei pennelli sulla qualità chimico-fisica delle acque fluviali (ad almeno 500 m a valle dalla localizzazione dei pennelli). I punti di valle saranno monitorati solo in fase **CO**. In relazione alla realizzazione del primo stralcio funzionale delle opere, che prevede la costruzione di 3 GI, sono state identificate, quindi, **6 stazioni di monitoraggio** (3 per le fasi **AO** e **PO**; 6 per la fase **CO**) cui aggiungere le due stazioni di inizio e fine tratto, in corrispondenza della golena di Bergantino e del "Mulino del Po" presso Occhiobello (RO) (**Figura 1**), in modo da poter considerare un'area di bianco – non interessata dai lavori – e un'area esposta agli effetti cumulati.

Le misure spettroradiometriche della colonna d'acqua per la cal/val delle immagini satellitari (una campagna per anno di monitoraggio **AO** e **PO1,3**) sono state acquisite in corrispondenza del **GI3** – l'unico tra i gruppi inclusi nel primo stralcio funzionale, ad avere dimensioni e una diversificazione ambientale sufficienti per essere oggetto di campionamenti rappresentativi.

Sulla base delle considerazioni sopra riportate – in riferimento alle attività previste dal primo stralcio funzionale (**GI2, 3 e 7**) – è stato possibile individuare le stazioni **AS** da monitorare (identificate in relazione ai GI; **Tabelle 1, 2 e Figura 1**) per i parametri **TSS (B)**, **Chl-*a* (C)**, **DIN (D)**, **SRP (E)**, **TN (F)**, **AzO (G)**, **TP (H)**, per quelli derivati dell'uso di una **sonda multiparametro (I)** e per le **misure spettroradiometriche (L)**. Per quanto riguarda i macroinvertebrati (**M**), per i dettagli metodologici si rimanda al box di approfondimento riportato in precedenza nel testo. La **portata media giornaliera del Po (N)** viene misurata in corrispondenza della

⁶ Tali parametri saranno rendicontati all'interno del Piano di Monitoraggio Meteo-Climatico e Idrologico (**PMCI**).

stazione di Pontelagoscuro SIAP (i dati saranno forniti direttamente dal Monitoraggio idrografico AIPO), mentre i [descrittori meteo-climatici annuali](#) (O) saranno derivati da dati resi disponibili dalle istituzioni coinvolgendo direttamente la Struttura SIMC di ARPAE (si rimanda al parere di ARPAE prot. n. 22867 del 09/08/2024 per approfondimenti sul tema). Per i parametri O non si riportano specifiche indicazioni sulla localizzazione delle stazioni di rilievo e su aspetti temporali (saranno valori medi/cumulati su base annuale riferiti al bacino idrografico del Po). Quanto al parametro [Idrocarburi totali](#) (A), non sono stati indentificati o quantificati a priori punti di monitoraggio (questi saranno individuati solo in presenza di condizioni di emergenza) e gli eventuali campionamenti saranno limitati alla fase CO.

In corrispondenza del tratto di fiume ricomprensente i gruppi **Gl2** e **3** (*l'unico tra i gruppi inclusi nel primo stralcio funzionale, ad avere dimensioni e una diversificazione ambientale sufficienti per essere oggetto di campionamenti rappresentativi della componente SE*) saranno individuate da tre stazioni in corrispondenza delle principali unità del mosaico ambientale presenti ove acquisire le informazioni di base (misure spettrometriche) per la cal/val delle immagini satellitari al fine di caratterizzare la variabilità spettrale delle diverse tipologie di superfici [\[con particolare riferimento alle forme di fondo \(sabbioni-ghiaioni\), ed eventuali unità vegetate annuali presenti\]](#) e dei loro determinanti ecosistemici (ad es., i gradienti di umidità del suolo). Complessivamente verranno caratterizzati un numero complessivo di stazioni potenziali (nel range 10-15).

Tabella 1 – Descrizione dei punti e della periodicità di campionamento per la componente AS [le indicazioni qui riportate sono però da intendersi "vincolanti" per le prime due fasi di monitoraggio (AO + CO) – mentre per la terza fase (quella POST OPERAM) sono da considerarsi "indicative" – in quanto andranno ri-attualizzate al termine della fase CO, qui evidenziate in grigio chiaro].

Per le sigle relative ai parametri da monitorare (da B a I, BI; L e M) si rimanda al testo.

Codice punto/area di monitoraggio	(GI)	Descrizione Ambito	Periodicità
AS_AO_BI_01		Punto a monte del tratto di intervento (Bergantino)	4 campagne/anno
AS_AO_BI_02	2 + 3	Punto a monte dell'area di cantiere del Gl2 (Sermide)	idem
AS_AO_BI_04	3 + 7	Punto a valle dell'area di cantiere del Gl3 (Felonica)	idem
AS_AO_BI_06	7	Punto a valle dell'area di cantiere del Gl7 (Stellata)	idem
AS_AO_BI_08		Punto a valle dell'area di cantiere del Gl11 (Castelfranco)	idem
AS_AO_BI_10		Punto a valle del tratto di intervento (Occhiobello)	idem
AS_AO_L_01	2/3	Punto/segmento in corrispondenza dei Gl2/3	1 campagna/anno
AS_AO_N_01		Stazione di Pontelagoscuro SIAP (Monitoraggio idrografico AIPO)	giornaliera
AS_AO_P_01	2	Segmento fluviale (500 m) nell'intorno del cantiere del Gl2	Idem
AS_AO_P_02	3	Segmento fluviale (500 m) nell'intorno del cantiere del Gl3	Idem
AS_AO_P_03	7	Segmento fluviale (500 m) nell'intorno del cantiere del Gl7	Idem
AS_AO_Q_01	2/3/7	Segmento fluviale omogeneo nell'intorno del cantiere del Gl2, 3 e 7 (come identificato da ADBPO nell'ambito dell'aggiornamento del Piano Generale dei Sedimenti) – delimitato dai segnaposti PO_32 e PO_33 .	Idem
AS_CO1,2_BI_01		Punto a monte del tratto di intervento (Bergantino)	3 campagne/anno
AS_CO1,2_BI_02	2	Punto a monte dell'area di cantiere del Gl2 (Sermide)	idem
AS_CO1,2_BI_03	2	Punto a valle dell'area di cantiere del Gl2 (Castelmassa-Calto)	idem
AS_CO1,2_BI_04	3	Punto a monte dell'area di cantiere del Gl3 (= collima con 02)	idem
AS_CO1,2_BI_05	3	Punto a valle dell'area di cantiere del Gl3 (Felonica)	idem
AS_CO1,2_BI_06	7	Punto a monte dell'area di cantiere del Gl7 (= collima con 05)	idem
AS_CO1,2_BI_07	7	Punto a valle dell'area di cantiere del Gl7 (Stellata)	idem
AS_CO1,2_BI_10		Punto a valle del tratto di intervento (Occhiobello)	idem
AS_CO1,2_M_01		Stazione macrobenthos di monte = Campo del Siluro	4 campagne/anno
AS_CO1,2_M_02		Stazione macrobenthos di valle = Ancora Nautica Pub	4 campagne/anno

Codice punto/area di monitoraggio	(GI)	Descrizione Ambito	Periodicità
AS_CO1,2_N_01		Stazione di Pontelagoscuro SIAP (Monitoraggio idrografico AIPO)	giornaliera
AS_PO1,2,3,4,5_N_01		Stazione di Pontelagoscuro SIAP (Monitoraggio idrografico AIPO)	giornaliera
AS_PO1,2,3,4,5_BI_01		Punto a monte del tratto di intervento (Bergantino)	4 campagne/anno
AS_PO1,2,3,4,5_BI_02	2 + 3	Punto a monte dell'area di cantiere del GI2 (Sermide)	idem
AS_PO1,2,3,4,5_BI_04	3 + 7	Punto a valle dell'area di cantiere del GI3 (Felonica)	idem
AS_PO1,2,3,4,5_BI_06	7	Punto a valle dell'area di cantiere del GI7 (Stellata)	idem
AS_PO1,2,3,4,5_BI_08		Punto a valle dell'area di cantiere del GI11 (Castelfranco)	idem
AS_PO1,2,3,4,5_BI_10		Punto a valle del tratto di intervento (Occhiobello)	idem
AS_PO1,3_L_01	2/3	Punto/segmento in corrispondenza dei GI2/3	1 campagna/anno
AS_PO1,3,5_P_01	2	Segmento fluviale (500 m) nell'intorno del cantiere del GI3	Idem
AS_PO1,3,5_P_02	3	Segmento fluviale (500 m) nell'intorno del cantiere del GI3	Idem
AS_PO1,3,5_P_03	7	Segmento fluviale (500 m) nell'intorno del cantiere del GI7	Idem
AS_PO1,3,5_Q_01	2/3/7	Segmento fluviale omogeneo nell'intorno del cantiere del GI2, 3 e 7 (come identificato da ADBPO nell'ambito dell'aggiornamento del Piano Generale dei Sedimenti) – delimitato dai segnaposti PO_32 e PO_33.	Idem
AS_PO1,2_R_01		tratto presso Castelmassa (prog. km 529,5 - 530,5)	4 campagne/anno
AS_PO1,2_R_02		tratto presso Felonica (prog. km 534,0 - 534,5)	Idem
AS_PO1,2_R_03		tratto presso Calto (prog. km 535,0 - km 537,2)	Idem
AS_PO1,2_R_04		tratto presso Ficarolo (prog. km 540,7 - 542,7)	Idem
AS_PO1,2_R_05		tratto presso Ficarolo (prog. km 547,8 - km 549,1)	Idem

L'ubicazione dei punti di monitoraggio (per le fasi **AO** e **CO**) è riportata in **Figura 1** (sotto sono riportate le coordinate; **Tabella 2**). I punti per la caratterizzazione della componente macrobentonica sono stati definiti a priori – nel corso del 2024 sono state svolte due prove pilota di applicazione del metodo per verificare la fattibilità della proposta – e i risultati confermano l'adeguatezza della loro collocazione.

Il medesimo ambito spaziale (con baricentro il **GI3**) è stato indagato mediante l'applicazione del metodo CARAVAGGIO – nell'ambito di segmenti omogenei di 500 m di lunghezza lineare in prossimità dei GI del I stralcio (**GI2, 3 e 7**) – e il calcolo degli indici *IQM* e *IQM_m* (**Figura 2**). Quest'ultimi saranno misurati per il segmento omogeneo di fiume ricompreso tra Castelmassa (RO) e Bondeno (FE), individuato dall'ADBPO nell'ambito degli approfondimenti conoscitivi condotti ai fini dell'aggiornamento del **Piano Generale Gestione dei sedimenti (PGS)**; delimitati dai segnaposti **PO_32** e **PO_33**. I riferimenti metodologici per il loro calcolo sono i materiali elaborati nell'ambito del progetto Life INHABIT (LIFE08 ENV/IT/000413) (<http://www.life-inhabit.it/it/download/public-reports-guidelines>) e Rinaldi *et al.* (2016)⁷, rispettivamente.

Relativamente alla verifica della consistenza delle opere di difesa spondale (rilievi topografici; **R**) poste in corrispondenza dei tratti in cui le modellazioni idrauliche a fondo mobile hanno messo in evidenza una possibile erosione del fondo alveo in corrispondenza di tali opere di difesa (per approfondimenti si rimanda allo STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA, D.18), i tratti da monitorare sono individuabili nei segmenti:

- tratto presso Castelmassa, da prog. km 529,5 a prog. km 530,5 (SE_PO1,2_E_01);
- tratto presso Felonica, da prog. km 534,0 a prog. km 534,5 (SE_PO1,2_E_02);
- tratto presso Calto, da prog. km 535,0 a prog. km 537,2 (SE_PO1,2_E_03);
- tratto presso Ficarolo, da prog. km 540,7 a prog. km 542,7 (SE_PO1,2_E_05);

⁷ Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2016): IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua – Versione aggiornata 2016 – ISPRA – Manuali e Linee Guida 131/2016. Roma, gennaio 2016.

- tratto presso Ficarolo, da prog. km 547,8 a prog. km 549,1 (SE_PO1,2_E_05).

Tabella 2 – Coordinate delle stazioni AS.

Codice stazione	Long	Lat	Coordinate WGS84 UTM	
AS_xx_BI_01	11°16'09.5"	45°03'19.4"	678709.557	4991610.160
AS_xx_BI_02	11°17'45.1"	45°01'02.0"	680892.266	4987433.345
AS_CO1,2_BI_03	11°19'38.0"	44°59'53.9"	683366.117	4985436.264
AS_AO_BI_04	11°20'54.3"	44°59'07.8"	685142.295	4984014.614
AS_CO1,2_BI_05	11°20'54.3"	44°59'07.8"	685142.295	4984014.614
AS_AO_BI_06	11°25'23.2"	44°56'36.4"	691159.153	4979500.722
AS_CO1,2_BI_07	11°25'23.2"	44°56'36.4"	691159.153	4979500.722
AS_xx_BI_08	11°34'43.2"	44°55'43.16"	696788.000	4978366.300
AS_xx_BI_1°	11°34'43.6"	44°55'04.4"	703545.006	4977060.292
AS_xx_L_01	11°18'51.3"	45°00'20.7"	683049.554	4985156.013

Frequenza e durata del monitoraggio - AS

Lo schema temporale dei monitoraggi è il seguente:

In **fase AO**: sono state effettuate **4 campagne di monitoraggio** (trimestrali, a partire da **fine febbraio 2024**) finalizzate a delineare lo scenario di base. Le **stazioni di campionamento** sono complessivamente **6**: le stazioni di monte delle 3 aree di cantiere più il sito di monte del **Gl12**, il sito di **controllo** (di monte, Bergantino) e il **recettore indiretto** (con effetti cumulati di valle, Occhiobello).

In **fase CO**: si effettueranno **3 campagne di monitoraggio** per anno - nel corso della realizzazione delle opere (con particolare riferimento ai periodi che precedono l'avvio delle attività, entro due settimane dalla conclusione delle attività, e dopo una settimana dalla conclusione delle attività), in modo da quantificare l'eventuale effetto memoria a breve termine degli impatti della fase CO (mesi: variabili a seconda dell'organizzazione delle attività; si rimanda al GANTT, cap. 8). Le **stazioni di campionamento saranno complessivamente 8**: le stazioni di monte e di valle delle 3 aree di cantiere e il sito di **controllo** (di monte, Bergantino) e il **recettore indiretto** (con effetti cumulati di valle, Occhiobello); le stazioni riferite ai singoli gruppi di intervento saranno attivate nel momento dell'attivazione delle attività medesime (cfr. **Tabella 2**).

In **fase PO** si effettueranno **4 campagne di monitoraggio annuali** (analogamente alla fase **AO**). Le misure spettrometriche (L) saranno acquisite nel corso di **una campagna di monitoraggio** nelle annualità **AO** e **PO1,5** (con particolare riferimento alla fase estiva di magra; mese: indicativamente prima decade di **settembre**, anche se questa indicazione potrà essere soggetta ad ampia variabilità a seguito degli andamenti climatici inter-annuali). Il macrobenthos sarà monitorato nelle annualità **PO2,5**.

Metodologie di riferimento - AS

I campionamenti e le analisi di acque superficiali saranno effettuati in accordo con la normativa vigente e con metodi ufficiali riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale. La metodologia di riferimento sarà quella IRSA-CNR, ISPRA o APHA (*American Public Health Association*; cfr. **Tabella 3**) (a seconda del parametro *target*). Nello specifico, il campione acquoso sarà:

- prelevato in maniera tale che mantenga inalterate le proprie caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche fino al momento dell'analisi;
- conservato in modo tale da evitare modificazioni dei suoi componenti e delle caratteristiche da valutare (come indicato dalla norma ISO 5667-3 e dalla Linea Guida SNPA 13/2018).



Figura 1 – Localizzazione delle stazioni di monitoraggio della componente AS (BI e L); il segmento delimitato di rosa = misure spettroradiometriche (AS_AO_L_01).

Per la raccolta delle misure spettroradiometriche “relative alle forme di fondo periodicamente emergenti” sono previste campagne di misure in fase **AO** e in fase **PO1,3**. In entrambe le fasi si effettuerà **una campagna di monitoraggio** finalizzata a delineare lo scenario di base (in fase **AO**) – contemporaneamente alla campagna per la componente **AS** – e le modifiche all’assetto del corso fluviali in fase *post operam*.

Focalizzeremo la nostra attenzione sulla fase estiva di magra quando le unità morfologiche sono più chiaramente identificabile e caratterizzabili (periodo **agosto-settembre**), anche se questa indicazione potrà essere soggetta ad ampia variabilità a seguito degli andamenti climatici inter-annuali. **L'obiettivo è acquisire informazioni sulla geometria alveale delle forme periodicamente emergenti (sabbioni/ghiaioni) che includono habitat/habitat di specie (es., 3270, habitat per limicoli fluviali) di particolare importanza nel contesto del tratto medio-basso del Po.**



Figura 2 – Localizzazione delle stazioni di monitoraggio dei descrittori morfologici; le aree bianche = segmenti fluviali per il calcolo degli indicatori *HMS* e *HQA* del metodo CARAVAGGIO (da monte a valle, AS_xx_P_01, 02 e 03); in giallo i limiti dei segmenti per l'applicazione del sistema IDRAIM (secondo la suddivisione elaborata dall'ADBPO: limiti PO_32 a monte del ponte di Castelmassa, PO_33 a monte dell'immissione del Panaro per il primo stralcio).

In accordo alle indicazioni metodologiche del sistema di valutazione IDRAIM, nonostante le diverse scale temporali di applicazione dell'*IQM* e *IQMm*, essendo quella di quest'ultimo 5 ÷ 10 anni, nel caso presente può risultare di interesse valutare le incidenze di progetto al tempo **PO_{1,3}** e **5** (con la contestuale valutazione dell'*IQM*). Analogamente, si intende fissare lo stesso orizzonte temporale per la caratterizzazione degli indici del metodo CARAVAGGIO. A livello spaziale, si intende calcolare gli indici *HMS* (*Habitat Modification Score*) e *HQA* (*Habitat Quality Assessment*) all'interno di tre segmenti distinti di 500 m, mentre *IQM* e *IQMm* saranno valutati prendendo in considerazione il segmento omogeneo delimitato dai punti **PO₃₂** e **PO₃₃** (che ricomprende tutti i GI del I stralcio di progetto) (**Figura 2**). Il rilievo dell'andamento dei livelli di falda sarà condotto in continuo, ad intervalli orari.

Relativamente alla verifica della consistenza delle opere di difesa spondale (**R**) saranno condotti con cadenza trimestrale nei primi 2 anni successivi alla realizzazione delle opere previste in progetto (**PO_{1,2}**) e dopo ogni evento di piena significativo (con portate superiori a 4'000 mc/s, pari all'incirca alla portata di piena ordinaria). In funzione degli esiti dei rilievi che verranno effettuati nei primi 2 anni successivi alla realizzazione delle opere in progetto, si valuterà l'utilità di ampliare la fase di monitoraggio e la frequenza nei successivi anni (da **PO₃** a **PO₅**).

In merito alle **immagini satellitari**, sono state acquisite per l'intero tratto in studio immagini a **media risoluzione** (**IMR**, 10 m; programma COPERNICUS-ESA che garantisce una copertura in continuo ad alta risoluzione temporale, con risoluzione temporale di 5,5 giorni). **Nel corso del monitoraggio AO non sono**

state segnalate, infatti, situazioni di criticità e/o identificati ambiti di particolare interesse conservazionistico (mosaico di habitat acquatici), non si è pertanto palesata la necessità di acquisire immagini ad alta risoluzione (IAR, nel range 0,5-3,0 m). Verificheremo la necessità di tali approfondimenti anche in fase CO. L'esatto periodo di acquisizione sarà determinato dal meteo locale (immagini *cloud-free*) e dall'andamento idrologico del fiume (in modo da focalizzarci sui periodi di magra o di piena, maggiormente informativi sull'assetto e il funzionamento del tratto fluviale). Sono state acquisite immagini per i mesi di febbraio, maggio-agosto e novembre 2024 (6 mesi anno), infittendo l'acquisizione nei periodi tardo-primaverili-estivi (almeno 2 immagini per i mesi di luglio e agosto 2024). Nel caso specifico del primo anno di monitoraggio non è stato possibile recuperare immagini utili alla finalità del monitoraggio per il mese di settembre 2024. Si ritiene, in ogni caso, più che sufficiente il dataset alimentato e indagato (con complessive 8 immagini) per valutare i trend nel breve periodo di solidi sospesi/torbidità e lunghezza d'onda dominante (si rimanda all'Allegato 1 per tutti gli approfondimenti del caso).

La missione Sentinel-2 comprende due satelliti gemelli (S2A e S2B) polari, multispettrali, ad alta risoluzione spaziale e collocati sulla stessa orbita, ma sfasati di 180° l'uno dall'altro. Questa caratteristica permette di ottenere un tempo di rivisitazione di circa 5 giorni. A bordo di questi satelliti è presente il sensore ottico MSI (*MultiSpectral Instrument*) dotato di 13 bande caratterizzate da una risoluzione spaziale variabile (10, 20 e 60 m). Nello specifico, il fascio di luce in entrata viene diviso e focalizzato su due gruppi di piani focali separati: uno per le bande del VIS-NIR (Visibile-Vicino Infrarosso, 11 bande: 442-1376 nm) e l'altro per le bande dello SWIR (Infrarosso ad onde corte, 2 bande: 1610-2202 nm).

Le immagini satellitari Sentinel-2 (S2) dell'area di interesse prive di nuvole e altri disturbi ottici (ad esempio, *sun glint*) saranno state scaricate dai portali "https://scihub.copernicus.eu/" e "https://catalogue.onda-dias.eu/catalogue/" come Livello 1 (non corrette atmosfericamente) e ri-campionate alla medesima risoluzione spaziale (10 m). Il processamento delle immagini S2 sarà effettuato tramite la rete neurale ACOLITE (Vanhellemont & Ruddick 2016⁸) che è in grado di effettuare la correzione atmosferica, mascherare automaticamente i pixel d'acqua e fornire come prodotto le *Remote Sensing Reflectance* (Rrs), ovvero le riflettanze al suolo corrette atmosfericamente, dalle quali sarà possibile generare mappe tematiche relative ai diversi parametri di qualità delle acque: solidi sospesi (*Suspended Particulate Matter*, SPM) e coordinate cromatiche. Nello specifico, l'algoritmo da utilizzare per ottenere i valori di SPM (espressi in g/m³) è il "SPM_Nechad_2016" (Nechad et al., 2010⁹).

In particolare, con riferito agli specifici analiti che dovranno essere considerati, i criteri generali individuati sono illustrati nella tabella (Tabella 3) che segue:

Tabella 3 – Criteri generali dei Parametri da monitorare per la componente AS (riquadri i descrittori relativi alla Condizione ambientale n. 7, richiamata alla Condizione ambientale n. 5m).

Parametri	Unità misura	Valori limite*	Range naturale [†]	Valori soglia	Metodi analitici/controllo
A. Idrocarburi totali	mg/L	5	na	5	Manuali e Linee Guida 123/15; UNI EN ISO 9377-2:2002

⁸ Vanhellemont Q. & Ruddick K., 2016. Acolite for Sentinel-2: Aquatic applications of MSI imagery. In Proceedings of the 2016 ESA Living Planet Symposium, Prague, Czech Republic, 9-13. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016ESASP.740E..55V/abstract>

⁹ Nechad B., Ruddick K., Park Y., 2010. Calibration and validation of a generic multisensor algorithm for mapping of total suspended matter in turbid waters. *Remote Sensing of Environment*, 114(4), 854-866. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.11.022>

Parametri	Unità misura	Valori limite*	Range naturale†	Valori soglia	Metodi analitici/controllo
B. Solidi sospesi totali	mg/L	80	15 – 1096	80	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met.2090
C. Clorofilla <i>a</i>	mg/m ³	na	0 – 70 ^s	na	<i>idem</i> - Met. 9020
D. DIN = Dissolved Inorganic Nitrogen	mg/L		0,80 – 3,20	1,26 ^s (N-NO ₃ + N-NH ₄)	somma delle tre componenti
D1. Nitrati (NO ₃ ⁻)		20	0,80-2,90	20	<i>idem</i> - Met. 4020
D2. Nitriti (NO ₂ ⁻)		0,6	0,005-0,002	0,6	<i>idem</i> - Met. 4020
D3. Ione ammonio (NH ₄ ⁺)		15	0,01-0,30	15	<i>idem</i> - Met. 4030
E. Fosforo reattivo solubile (SRP)	mg/L	na	<0,01 – 0,15		<i>idem</i> - Met. 4110
F. N totale (TN)	mg/L	na	1,2 – 4,9		<i>idem</i> - Met. 4060
G. Azoto organico (AzO)	mg/L	na		na	<i>idem</i> - Met. 5030
H. P totale (TP)	mg/L	10	0,02 – 0,41	0,1 ^s	<i>idem</i> - Met. 4060
I. Parametri da sonda multiparametrica					APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003
I1. Temperatura	°C	na[1]	6 – 24 ^s	35	<i>idem</i> - Met. 2100
I2. pH	unità di pH	5,5-9,5	7,4 – 8,6 ^s	5,5; 9,5	<i>idem</i> - Met. 2060
I3. Ossigeno disciolto	%	na	80 – 104 ^s	na	APHA Standard Methods for Examination of water and wastewater 2005 4500 OGB
I4. Conducibilità	µS/cm	na	225 – 490 ^s	na	APHA Standard Methods for Examination of water and wastewater 2005 2510B
L. Misure spettroradiometriche	riflettanza	na	0 – 1	na	IOCCG Protocol Series, 2019
M. Macrobenthos					ARPA Lombardia, ARPAE Emilia-Romagna, ARPA Piemonte, ARPAV Veneto (2021)
M1. STAR_ICMi [±]		0,48	0,72-1,00	0,48	<i>idem</i>

N. Portate fluviali del Po	mc/s	na	na	4000 mc/s ^Φ	cfr. metodi Monitoraggio idrografico AIPO
O. Descrittori meteo-climatici annuali					cfr. metodi Struttura SIMC di ARPAE
O1. Temperatura massima media	°C	na	na	na	"
O2. Anomalie della temperatura massima media	°C	na	na	na	"
O3. Precipitazioni cumulate	mm	na	na	na	"
O4. Anomalie assolute delle precipitazioni cumulate	mm	na	na	na	"
O5. Bilancio idroclimatico	mm	na	na	na	"
O6. Anomalie del bilancio idroclimatico	mm	na	na	na	"

P. Metodo CARAVAGGIO					Manuale di applicazione del metodo CARAVAGGIO
P1. HMS				0 / ≥ 73	" "
P2. HQA				≤ 24 / ≥ 64	" "
Q. Metodo IDRAIM					
Q1. IQM	classi discrete			> 0,85**	IDRAIM, Manuali e Linee Guida ISPRA 131/2016
Q2. IBM	funzioni continue e classi discrete			na	IDRAIM, Manuali e Linee Guida ISPRA 131/2016
R. Rilievi topografici	coordinate UTM32-WGS84 e	na	na	na	Linee Guida Regionali per la riqualificazione integrata dei corsi

Parametri	Unità misura	Valori limite*	Range naturale†	Valori soglia	Metodi analitici/controllo
	quote ortometriche espresse in m s.m.				d'acqua naturali dell'Emilia-Romagna
R1. Sommità della sponda	coordinate UTM32-WGS84 e quote ortometriche espresse in m s.m.	na	na	na	" "
R2. Approfondimento fondali	coordinate UTM32-WGS84 e quote ortometriche espresse in m s.m.	na	na	na	" "

* ai sensi del D.Lgs. 152/06 (Allegato 5, Tabella 3) per "acque di scarico superficiali"; † naturale, nel senso misurato in natura, ma come già esplicitato nel testo, il tratto di fiume Po in analisi non ha condizioni chimico-fisiche "naturali", ma sostanzialmente artificializzate; Dx = parametri da sonda multiparametrica; na = non applicabile; * dati da Tavernini et al. (2008)¹⁰ per il tratto di Po presso Viadana (MN); na[1] = il D.Lgs. 152/06 riporta indicazioni sui limiti del delta di temperatura tra le acque immesse e il corpo recettore (non applicabili al caso in esame); * DM 8 Novembre 2010 n° 260; * si riferiscono alle soglie Sufficiente/Scarso (0,48) e Buono/Sufficiente (0,72) per le metriche componenti lo STAR_ICMi, per lo STAR_ICMi e per l'indice MTS nei fiumi molto grandi e/o non accessibili (ai sensi del "Supplemento ordinario n. 31/L alla GAZZETTA UFFICIALE Serie generale - n. 30"); ° individuata come soglia di criticità per la successiva verifica della stabilità delle arginature nel tratto (pari all'incirca alla portata di piena ordinaria); ** limiti della classe elevata dell'IQM; na = non applicabile

Per quanto riguarda le **metodologie di controllo dell'affidabilità dei dati**, la validazione dei dati sarà effettuata mediante comparazione con le serie storiche di dati eventualmente disponibili per il corpo idrico in esame.

I dati saranno elaborati in accordo alla letteratura scientifica di settore e le normative di riferimento (**criteri di elaborazione**), l'eventuale presenza di **anomalie** sarà adeguatamente indagata, secondo le indicazioni delle Linee Guida PMA VIA (cfr. *Figura 5.1 – Processo di gestione delle anomalie*). Alcuni parametri che saranno quantificati non presentano valori limite e/o soglia e un **range** naturale nel contesto di analisi. **A tale riguardo, in assenza di limiti di legge applicabili ai parametri selezionati, si procederà – nel corso dei monitoraggi AO – all'analisi e sistematizzazione dei riferimenti assimilabili e/o alla letteratura scientifica disponibile sul tema. Tali informazioni saranno poi implementate al fine di proporre limiti/soglie per la successiva valutazione dei dati di monitoraggio.**

Sulla base delle informazioni riportate in **Tabella 3**, da cui si evince un'elevata variabilità dei parametri, riteniamo che la possibile incidenza di anomalie sia poco probabile. In più, considerando le misure specifiche che saranno adottate alla scala di singolo GI per gestire i possibili sversamenti accidentali (si rimanda per approfondimenti al PIANO DI CANTIERIZZAZIONE; ALLEGATO 7, §4.1.7) riteniamo che la possibile incidenza di anomalie per il parametro "Idrocarburi totali" (l'unico parametro che le potrebbe manifestare) sia estremamente ridotta. In ogni caso sarà cura del **PMA** indagare con attenzione la variabilità che sarà eventualmente osservata a carico dei parametri target per la componente **AS**.

¹⁰ Tavernini et al., 2008. Physical factors and dissolved reactive silica affect phytoplankton community structure and dynamics in a lowland eutrophic river (Po River, Italy). *Hydrobiologia* 669: 213-225. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0688-2>

VALORI SOGLIA - AS

Nel caso specifico della componente **AS**, i **valori soglia** delineati in **Tabella 3** sono più che adeguati a identificare **livelli di attenzione** con la consapevolezza che la tipologia delle opere che saranno realizzate non determinerà un impatto sulla qualità fisico-chimica del corpo idrico interessato (fiume Po) se non in termini (potenziali) di (i) idrocarburi totali (livello attenzione = **5 mg/L**) e solidi sospesi totali (**80 mg/L**).

In riferimento a quest'ultimo parametro, da considerarsi il più rilevante nel contesto della presente indagine per identificare effetti significativi determinati dalla realizzazione delle opere, sebbene del tutto temporanei, come soglia di criticità proponiamo di considerare un **incremento del 50% delle concentrazioni di solidi sospesi misurate a monte del cantiere con valori di base superiori ai 40 mg/L**, di fatto prossimi o superiori alla soglia ai sensi del D.Lgs. 152/06 (Allegato 5, Tabella 3) per "acque di scarico superficiali". I dati raccolti tra 2023 e 2024, come riportato nella tabella di riferimento in Allegato 1, evidenziano come nei momenti idrologici di media-bassa portata il tenore dei solidi sospesi sia di circa 30 mg/L, la soglia di 40 è del tutto coerente con gli obiettivi della valutazione. *In più, i modelli idrologici indicano che l'effetto del plume di torbidità in condizioni di uno scenario di magra del Po è in grado di determinare un apprezzabile aumento dei solidi in sospensione solo nell'intorno dei punti di rilascio (dei materiali per la realizzazione dei pennelli) per una lunghezza verso valle di qualche centinaio di metri. Oltre questa distanza l'effetto sul potenziale incremento della torbidità è trascurabile e nell'ordine di circa **5 mg/L** o meno.*

3. COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE (GW)

In riferimento alla componente **GW** = Acque sotterranee, gli **OBIETTIVI SPECIFICI** del **PMA** sono valutare/delineare:

1. *l'andamento dei livelli di falda nelle aree golenali in corrispondenza dei siti di intervento, mediante l'impiego di piezometri su entrambe le sponde (per la durata del cantiere; ai sensi della [Condizione ambientale n. 5l](#)).*

La componente **SE** sarà oggetto di caratterizzazione in **FASE AI**, a partire dalla fase (**CO**). Nello specifico, attraverso la raccolta di informazioni da una serie di piezometri collocati nell'intorno spaziale delle aree di cantiere (GI). L'acquisizione dei dati è stata avviata a marzo 2025, si prevede pertanto di poter disporre di una serie di misure per un breve periodo **AO**. Indicazioni definitive su questo aspetto potranno essere delineate sono nel **Report#2**.

3.1 PREMESSA - GW

Nel contesto della componente **GW**, a partire dalla fase **CO**, in riferimento [alla Condizione ambientale n. 5l](#), si è provveduto all'avvio del monitoraggio in continuo dell'**andamento dei livelli di falda**.

A tale riguardo, per quanto concerne il **monitoraggio dei livelli della falda nelle aree golenali**, il riferimento operativo è rappresentato dalle attività condotte nell'ambito del progetto "*Definizione del modello geologico e idrogeologico della zona arginale del fiume Po in destra idrografica da Boretto (RE) a Ro (FE)*" a cura di Severi & Biavati (2013). Il progetto chiarisce che – in ambito di golena – "a partire dal piano campagna per 10-15 m di profondità la successione è costituita da alternanze di strati decimetrici di limi sabbiosi, sabbie limose e limi più o meno argillosi, caratterizzati, soprattutto nella parte inferiore di questo intervallo, dalla presenza di sostanza organica. Si tratta di depositi di tracimazione del fiume Po che, alla luce delle conoscenze stratigrafiche disponibili a scala regionale, e delle datazioni al carbonio-14 (¹⁴C) effettuate appositamente, è possibile attribuire all'Olocene. Questi sedimenti sono sede nella loro porzione più alta (una decina di metri circa), di un acquifero freatico caratterizzato da una conducibilità idraulica stimabile grossomodo come ordine di grandezza in 10⁻⁵ m/s. Nella stratigrafia degli acquiferi adottata dalla Regione Emilia-Romagna quest'acquifero freatico è denominato A0". Inferiormente, sino ad una profondità di 50 m dal piano campagna, è presente un corpo sabbioso di spessore pluridecametrico, di cui a volte nella parte terminale dei sondaggi si è intercettato il contatto basale su dei limi argillosi. Questo corpo sabbioso è molto continuo lateralmente, e si spinge a sud del Po per oltre una decina di chilometri; è costituito da depositi di riempimento di paleo canali del fiume Po che, alla luce delle conoscenze stratigrafiche disponibili a scala regionale, e delle datazioni al ¹⁴C effettuate appositamente, è possibile attribuire alla parte terminale del Pleistocene, ed in alcuni casi, nella parte sommitale anche all'Olocene. Questi sedimenti sono sede di un acquifero confinato caratterizzato da una conducibilità idraulica stimabile grossomodo come ordine di grandezza in 10⁻³-10⁻⁴ m/s. Quest'acquifero confinato è denominato A1 nella stratigrafia degli acquiferi adottata dalla Regione Emilia-Romagna. *Generalmente, tale acquifero risulta essere in contatto idraulico con il fiume Po e pertanto in prossimità del fiume, l'acquifero perde le sue caratteristiche di confinamento (sia osserva una saldatura tra l'acquifero freatico e il confinato).*

In continuità con quanto applicato da Severi & Biavati (2013), il cui contributo rappresenta il fondamentale riferimento scientifico per il presente **PMA**, se ne adotteranno le metodiche, limitatamente all'analisi (come chiaramente indicato dal **Parere n. 279**) dell'**acquifero confinato in ambito golenale**.

Parametri analitici - GW

A. Monitoraggio livelli di falda in golenale

A1. livello piezometrico dell'acquifero confinato

Localizzazione dei punti/stazioni/aree di monitoraggio - GW

Per quanto concerne il monitoraggio della falda freatica, il **Parere n. 279** indicava la necessità di effettuarlo nel contesto delle aree golenali in corrispondenza dei siti di intervento mediante l'impiego di piezometri su entrambe le sponde. Come chiarito, infine, nel parere di ARPAL n. 28848 del 14/10/2024 – per l'adempimento della condizione ambientale corrispondente – sono stati individuati **8 piezometri (Tabella 4, Figura 3)**.

Tabella 4 – Descrizione dei punti e della periodicità di campionamento per la componente GW.

Codice Area/Punto di Monitoraggio	(GI)	Descrizione Ambito	Periodicità
1-46_C	2	a monte del GI2 (riferimento RER)	<i>in continuo (orario)</i>
2- GW_CO1,2_A_01	3	nell'intorno del GI3	<i>in continuo (orario)</i>
3- GW_CO1,2_A_02	3	nell'intorno del GI3	<i>in continuo (orario)</i>
4-53_C	3	a valle del GI3 (riferimento RER)	<i>in continuo (orario)</i>
5- GW_CO1,2_A_03	7	nell'intorno del GI7	<i>in continuo (orario)</i>
6- GW_CO1,2_A_04	7	nell'intorno del GI7	<i>in continuo (orario)</i>
7-61_C	12	a monte del GI12 (riferimento RER)	<i>in continuo (orario)</i>
8- GW_CO1,2_A_05	7	nell'intorno del GI3	<i>in continuo (orario)</i>

Frequenza e durata del monitoraggio e metodologie di riferimento - GW

In riferimento al monitoraggio dell'andamento dei livelli di falda nelle aree golenali, esso consiste in una acquisizione del livello piezometrico a intervalli orari. Al fine di poter cogliere le variazioni piezometriche – e date le indicazioni raccolte da Severi & Biavati (2013) – sarà realizzato un **piezometro di profondità pari a 15 m**, la cui fenestratura (finalizzata a caratterizzare le variazioni piezometriche della falda) sarà definita in relazione alla profondità del corpo sabbioso sede dell'acquifero (*a seguito dell'analisi stratigrafica da effettuare nel corso della perforazione, come da metodologica standardizzata, cfr. Severi & Biavati, 2013*). I dati acquisiti nel corso della realizzazione dei piezometri ha evidenziato la necessità di realizzare la fenestratura nell'orizzonte -2 / -8/10 m.

La sonda di monitoraggio, da posizionare in corrispondenza della fenestratura dei piezometri, sarà collegata a un *datalogger* per la memorizzazione dei dati (raccolti a intervalli di **6 ore**), a sua volta oggetto di periodico *download* manuale. Le sonde da installate leggeranno il livello della falda come **profondità rispetto al piano campagna** (soggiacenza della falda), per garantire la comparazione dei livelli tra i diversi piezometri, e con il livello del Po, questi dati saranno riferiti al livello del mare. Le letture rispetto al piano campagna saranno quindi riferite al livello del mare sottraendo il loro valore alla quota topografica del piano campagna dei

piezometri, dedotta dal DTM aggiornato che sarà fornito da AIPO e generato da rilievi LIDAR (precisione centimetrica). I dati di monitoraggio della falda saranno poi confrontati con il livello idrometrico del fiume Po e con i dati di precipitazione, entrambi forniti da [Struttura Idro-Meteo-Clima \(SIMC\) di ARPAE](#) – attraverso la sistematizzazione dei dati relativi “all’andamento meteo-climatico – incluse le precipitazioni – e della portata del fiume Po” ottemperando in tal modo alle [Condizioni ambientali n. 5m](#) e 7¹¹.

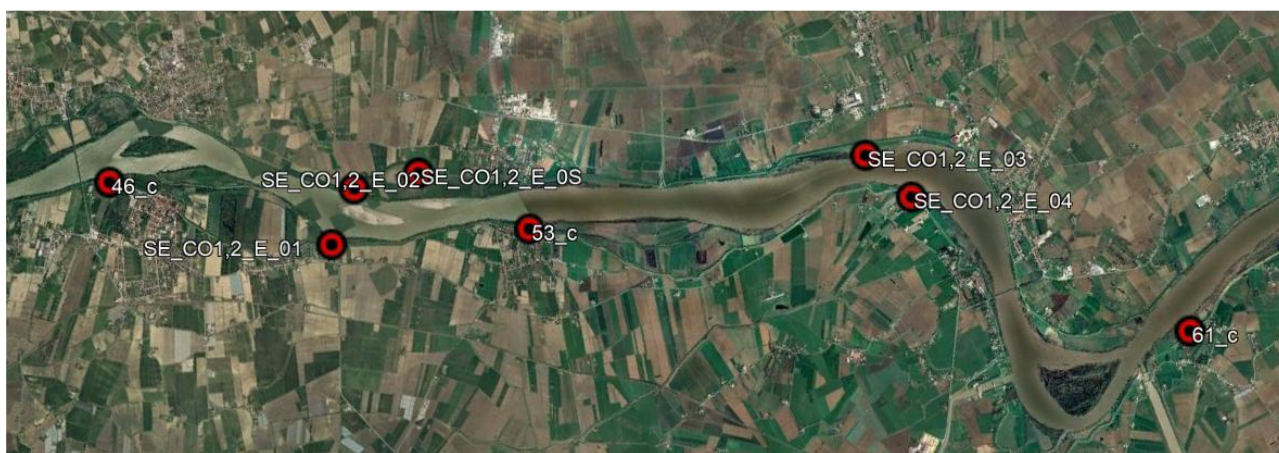


Figura 3 – Localizzazione delle stazioni di monitoraggio della componente GW (i piezometri).

In particolare, con riferimento agli specifici fattori da indagare, i **criteri generali** individuati sono illustrati nella [Tabella 5](#).

Tabella 5 – Criteri generali dei Parametri da monitorare per la componente GW.

Parametri	Unità misura	Valori limite	Range naturale	Valori soglia	Metodi analitici/controllo
A. Monitoraggio livello della falda in golena					
A1. livello piezometrico dell'acquifero confinato	profondità del livello piezometrico rispetto al piano campagna, riferiti al livello del mare				Severi & Biavati (2013)

Per quanto riguarda le **metodologie di controllo dell'affidabilità dei dati**, la validazione dei dati sarà effettuata mediante comparazione con la serie storica di dati eventualmente disponibili per il corpo idrico in esame. I dati saranno elaborati in accordo alla letteratura scientifica di settore e le normative di riferimento (**criteri di elaborazione**), l'eventuale presenza di **anomalie** sarà adeguatamente indagata, secondo le indicazioni delle Linee Guida PMA VIA (cfr. [Figura 5.1 – Processo di gestione delle anomalie](#)). Alcuni parametri che saranno quantificati non presentano valori limite e/o soglia e un **range** naturale nel contesto

¹¹ Ai fini dell'assolvimento della [Condizione ambientale n. 7](#), anticipata dalla [Condizione ambientale n. 5m](#), si provvederà alla redazione di uno specifico documento metodologico da sottoporre alla validazione da parte dell'Ente vigilante e dagli Enti coinvolti.

di analisi. A tale riguardo, in assenza di limiti di legge applicabili ai parametri selezionati, si procederà – nel corso dei monitoraggi **AO** – all'analisi e sistematizzazione dei riferimenti assimilabili e/o alla letteratura scientifica disponibile sul tema. Tali informazioni saranno poi implementate al fine di proporre limiti/soglie per la successiva valutazione dei dati di monitoraggio.

A tale riguardo, considerando le misure specifiche che saranno adottate alla scala di singolo cantiere per gestire i possibili sversamenti accidentali (si rimanda per approfondimenti al PIANO DI CANTIERIZZAZIONE; ALLEGATO 7, §4.1.7) riteniamo che la possibile incidenza di anomalie per il parametro "Idrocarburi totali" sia estremamente ridotta. In ogni caso sarà cura del PMA indagare con attenzione la variabilità che sarà eventualmente osservata dei parametri target per la **componente GW**. Particolare attenzione sarà rivolta, infine, al tema degli approfondimenti dei fondali in prossimità delle difese spondali ove – sulla base della modellazione idraulica a fondo mobile – sono state evidenziate variazioni attese significative. Se tali scenari saranno confermati, nel corso delle attività di monitoraggio si attiveranno azioni di consolidamento delle difese spondali, previa concertazione con gli Enti di controllo.

VALORI SOGLIA - GW

Nel caso specifico della componente **GW**, non è possibile ad oggi indicare dei **valori soglia** e con ogni probabilità non è ipotizzabile una loro successiva identificazione ai fini dei presenti **MA**, finalizzati a valutare le interferenze della realizzazione delle opere sulle componenti ambientali. Come è facile intuire non è possibile immaginare un effetto significativo di un elemento quali i pennelli oggetto di azione (data la loro geometria) su fenomeni complessi e di grande scala quali l'interazione tra l'acquifero superficiale e l'andamento delle portate del fiume Po. I primi dati relativi all'andamento della falda dei contesti golenali saranno resi disponibili con il **Report#2**.

4. COMPONENTE SUOLO (SU)

In riferimento alla componente **SU = Suolo**, gli **OBIETTIVI SPECIFICI** del **PMA** sono valutare/delineare:

1. la possibile immissione di carichi inquinanti dovuti a sversamenti accidentali (alterazione chimico-fisica; IMPATTO MEDIO, **CO**).

La componente **SE** sarà oggetto di caratterizzazione in **FASE AI** in corrispondenza del **MA CO**. Nello specifico, nel corso della **FASE AI** sarà caratterizzato l'intorno spaziale delle aree di cantiere (GI) nel corso delle attività di lavorazione.

4.1 PREMESSA - SU

Si procederà alla quantificazione del livello di contaminazione da idrocarburi, mediante la caratterizzazione degli Idrocarburi totali (Idrocarburi pesanti + leggeri), solo in condizioni di emergenza: 1) in concomitanza di eventi di sversamento (direttamente osservati, attraverso l'uso di *kit* di campionamento in dotazione a ciascun cantiere in attività), o 2) nel caso in cui si verificassero eventi meteorici eccezionali con fenomeni di allagamenti ed esondazioni tali da interessare le aree di cantiere. Una dettagliata disamina delle misure di mitigazione rispetto a tale impatto è riportata nel "PIANO DI CANTIERIZZAZIONE" del progetto esecutivo, cui si rimanda per approfondimenti. Gli eventuali campioni raccolti saranno poi analizzati secondo metodiche standard (Manuali e Linee Guida 75/11¹²). A tale riguardo, prima dell'avvio dei lavori – ai sensi della Condizione ambientale n. 5h – si provvederà a fornire a Regione Emilia- Romagna (Servizio Valutazione Impatto e Promozione Sostenibilità Ambientale), ad ARPAE SAC Ferrara e ad Ausl Ferrara l'estratto relativo al programma dei monitoraggi e al piano di emergenza.

Parametri analitici - SU

A. Idrocarburi totali

Localizzazione dei punti/stazioni/aree di monitoraggio - SU

Frequenza e durata del monitoraggio - SU

Metodologie di riferimento - SU

I campionamenti e le analisi necessarie per monitorare la **componente SU** saranno effettuati in accordo con la normativa vigente e con metodi ufficiali/scientifici riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale. La metodologia di riferimento è quella IRSA-CNR, ISPRA o relativa a progetti che hanno approfondito i parametri *target*. Nello specifico, quando necessario, il campione di suolo/sedimento sarà:

- prelevato in maniera tale che mantenga inalterate le proprie caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche fino al momento dell'analisi;
- conservato in modo tale da evitare modificazioni dei suoi componenti e delle caratteristiche da valutare (come indicato dalla norma ISO 5667-12 dalla Linea Guida SNPA 13/2018).

¹² <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010400/10425-mlg-75-2011.pdf/>

In particolare, con riferimento ai descrittori che devono essere considerati, i **criteri generali** individuati sono illustrati nella **Tabella 6**.

Tabella 6 – Criteri generali dei Parametri da monitorare per la componente SU.

Parametri	Unità misura	Valori limite*	Range naturale [†]	Valori soglia	Metodi analitici/controllo
A. Idrocarburi totali	mg/kg	10+50 [§]	0,5-0,6 [‡]	10+50	Manuali e Linee Guida 75/11

*ai sensi del D.Lgs. 152/06 (Allegato 5, Tabella 3) per "acque di scarico superficiali"; §sommatoria di Idrocarburi Leggeri (C_{≤12}) che hanno valore limite 10 mg/kg e Idrocarburi Pesanti (C_{>12}) che hanno valore limite 50 mg/kg; †naturale, nel senso misurato in natura, ma come già esplicitato nel testo, il tratto di fiume Po in analisi non ha condizioni chimico-fisiche "naturali", ma condizioni sostanzialmente modificate dagli impatti antropici esercitati a scala di bacino; ‡da sedimenti di Po presso foce Panaro (da http://www.adbpo.it/download/PdGPo_24febbraio2010/PDGPo_ELABORATO_02_PressioniImpatti/PDGPo_ELABORATO_2_4_PdG_Po-ELABORATO_2_4_100210.pdf; figura 3-3); na = non applicabile

Per quanto riguarda le **metodologie di controllo dell'affidabilità dei dati**, la validazione dei dati sarà effettuata mediante comparazione con la serie storica di dati eventualmente disponibili per il corpo idrico in esame. I dati saranno elaborati in accordo alla letteratura scientifica di settore e le normative di riferimento (**criteri di elaborazione**), l'eventuale presenza di **anomalie** sarà adeguatamente indagata, secondo le indicazioni delle Linee Guida PMA VIA (cfr. *Figura 5.1 – Processo di gestione delle anomalie*). Alcuni parametri che saranno quantificati non presentano valori limite e/o soglia e un **range** naturale nel contesto di analisi. **A tale riguardo, in assenza di limiti di legge applicabili ai parametri selezionati, si procederà – nel corso dei monitoraggi AO – all'analisi e sistematizzazione dei riferimenti assimilabili e/o alla letteratura scientifica disponibile sul tema. Tali informazioni saranno poi implementate al fine di proporre limiti/soglie per la successiva valutazione dei dati di monitoraggio.**

A tale riguardo, considerando le misure specifiche che saranno adottate alla scala di singolo cantiere per gestire i possibili sversamenti accidentali (si rimanda per approfondimenti al PIANO DI CANTIERIZZAZIONE; ALLEGATO 7, §4.1.7) riteniamo che la possibile incidenza di anomalie per il parametro "Idrocarburi totali" sia estremamente ridotta. In ogni caso sarà cura del PMA indagare con attenzione la variabilità che sarà eventualmente osservata dei parametri target per la **componente SE**. Particolare attenzione sarà rivolta, infine, al tema degli approfondimenti dei fondali in prossimità delle difese spondali ove – sulla base della modellazione idraulica a fondo mobile – sono state evidenziate variazioni attese significative. Se tali scenari saranno confermati, nel corso delle attività di monitoraggio si attiveranno azioni di consolidamento delle difese spondali, previa concertazione con gli Enti di controllo.

VALORI SOGLIA - SU

Nel caso specifico della componente **SU**, è da considerarsi oltre il **valore soglia** di attenzione l'accadimento di un rilascio accidentale di idrocarburi, non è necessario identificare una quantità da considerarsi critica. Diviene essenziale ragionare in termini di PREVENZIONE – come richiamato nel PIANO DI CANTIERIZZAZIONE sopracitato.

5. COMPONENTE FLORA E VEGETAZIONE (FV)

In riferimento alla componente **FV = Flora e Vegetazione**, gli **OBIETTIVI SPECIFICI** del **PMA** sono valutare/delineare:

1. le interferenze dell'opera su habitat di interesse comunitario/habitat di specie (al fine di confermare il giudizio di incidenza \leq "minore", ed escludere impatti imprevisti);
2. l'aggiornamento del livello delle conoscenze (attualmente scarso) in relazione alla componente *target* (sia in termini di scenario di base che di risposte ecologiche al nuovo assetto idrologico che sarà determinato dalla realizzazione delle opere).

La componente **FV** sarà oggetto di caratterizzazione sia in **FASE AI** che in **FASE AII**, nelle fasi temporali **AO**, **CO** e **PO_{1,3,5}**, non limitandosi all'intorno spaziale dei GI appartenenti al primo stralcio funzionale (**GI₂**, **3** e **7**) (FASE AI), ma avendo come area d'azione tutto il tratto di Po tra Bergantino e Occhiobello (FASE AII). Le informazioni relative alla componente **FV** saranno raccolte, infatti, con l'obiettivo non solo (i) di monitorare i possibili effetti della realizzazione dei GI sugli habitat/habitat di specie, ma anche (ii) per aggiornare (verificare) le informazioni oggi disponibili sugli habitat della RN2000 insistente nell'area vasta di progetto. Alla raccolta di dati puntuali – ottenuti secondo approcci consolidati (rilievi fitosociologici) – si assocerà il ricorso a metodiche di fotointerpretazione per estendere spazialmente lo studio e caratterizzazione degli habitat fluviali/perifluviali (oggetto della **FASE AII**).

5.1 PREMESSA - FV

Per quanto concerne le interferenze dell'opera sugli habitat di interesse comunitario/di specie, si è valutata una possibile insorgenza di **alterazioni** collegate alle modifiche morfologiche indotte dalle opere (**LIVELLO MINORE = SIGNIFICATIVITÀ BASSA**), con una conseguente semplificazione della matrice ambientale. A ciò si potrebbero, altresì, associare la sottrazione di "superfici naturali o semi-naturali" con la possibile alterazione delle popolazioni di fauna (secondo fattore di indagine) (trascurabile/minore) ("*realizzazione delle opere non impatta l'attuale struttura e le funzioni specifiche dell'ecosistema fluviale del Po a lungo termine o in modo irreversibile*"; cfr. pag. 65, D.07).

Diviene prioritario quindi valutare l'assetto attuale della matrice degli habitat (con particolare riferimento agli habitat di interesse comunitario segnalati nel tratto: codici **3130**, **3150**, **3270**, **6430**, **91E0***, **91F0** e **92A0**), e seguirne l'evoluzione. Data la natura puntuale degli interventi, si è proceduto alla caratterizzazione della componente **FV** nell'intorno delle aree di cantiere (*buffer* 100 m) nel corso della fase **AO**, e lo sarà anche in fase di costruzione (**CO**) e al termine delle attività (**PO_{1,3,5}**). Allo stesso tempo, le cartografie degli habitat disponibili per il tratto di fiume oggetto di intervento saranno verificate e validate in fase **AO**, per poi essere nuovamente verificate in fase **PO₃** – in modo da lasciare un lasso di tempo adeguato alla vegetazione di riarrangiarsi a seguito della conclusione dei lavori. **Data la maggior dinamicità delle unità vegetazionali associate all'alveo attivo, la cartografia relativa ai codici 3130, 3150 e 3270 sarà aggiornata anche in fase CO₂.**

In corrispondenza di ciascun GI, è stata identificata un'area di indagine da sottoporre ad analisi fitosociologica (identificazione e descrizione delle unità vegetazionali/di habitat, mediante il ricorso al

metodo fitosociologico; cfr. Braun-Blanquet 1928¹³) che include un'area *buffer* di ca. 100 m tutto attorno alle aree di cantiere (**Figura 4**), che va ricordato sono state definite solo a marzo 2025 (per tutti i dettagli relativi a questo aspetto si rimanda all'**Allegato 1**). La caratterizzazione degli habitat/habitat di specie è stata poi ampliata a tutto il tratto di Po in esame – all'interno della Fascia A PAI (o della strada alzaia che delimita l'area golenale aperta). I dati acquisiti sono stati utilizzati per la verifica e validazione delle cartografie degli habitat disponibili. In termini pratici, i monitoraggi sono stati avviati **nel corso del 2023 quando è stato condotto un sopralluogo intensivo di tutta la fascia A PAI¹⁴ in esame – nell'ambito della fase di monitoraggio pre-AO (stagione vegetativa 2023) – che ha permesso di rilevare la vegetazione presente**. Il tema della **dislocazione** spaziale dei *plot* di monitoraggio è approfondito nel sotto-paragrafo "Localizzazione dei punti/stazioni di monitoraggio - FV" e in **Allegato 1**.

L'obiettivo è stato quello di ottenere una **restituzione esaustiva delle caratteristiche composizionali e strutturali delle unità di habitat/habitat di specie presenti** e permettere la redazione (ri-edizione) di una cartografia tematica associata (**Carta delle unità cenologiche/di uso del suolo** dell'intero tratto di fiume tra Bergantino-Occhiobello all'interno della Fascia A PAI e/o della strada alzaia che delimita l'area golenale aperta), digitalizzata alla **scala 1:2000**. **Non ci si è limitati a identificare le parcelle occupate da habitat ma si è generata una cartografica complessiva riportando le informazioni dell'uso suolo secondo i livelli più aggiornati di classificazione a scala regionale per tutta l'area di studio**. Si è provveduto alla redazione di una **versione #1** al termine della fase **AO**, che costituirà lo scenario di base, che poi verrà aggiornata in fase **CO2** (per il solo alveo attivo; versione **#2**) e **PO3 (versione #3)**. Infatti, va ricordato che il contesto di riferimento di maggiore interesse nell'ambito del presente **PMA** è rappresentato dall'alveo attivo e dal contesto golenale più prossimo ad esso; settori intrinsecamente interessati da un certo tasso di dinamicità – specialmente a carico degli habitat associati alle forme fluviali di fondo (cfr., habitat 3270).

Parametri analitici - FV

A. Area occupata

B. Struttura & Funzioni

B1. Analisi della vegetazione

B1-1. Composizione floristica; B1-2. Dominanza specie tipiche indicatrici; B1-3. Copertura totale; B1-4. Frequenza delle specie tipiche indicatrici; B1-5. Presenza specie significative; B1-6. Frequenza delle specie ruderali/esotiche e sinantropiche; B1-7. Rapporto specie alloctone/autoctone; B1-8. Qualità e grado di conservazione di habitat di interesse naturalistico; B1-9: stato fitosanitario

B2. Metriche del paesaggio

B2-1. Dinamiche spaziale degli habitat

C. Qualità habitat

C1-1. presenza impatti antropici diretti¹⁵

Localizzazione dei punti/stazioni di monitoraggio - FV

Per ciascuna tipologia di habitat saranno raccolti dati da un congruo numero di stazioni, la cui effettiva numerosità è dipendente: i) dalla rappresentatività spaziale locale delle superfici occupate dagli habitat, e

¹³ Braun-Blanquet J., 1928. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde, Berlin.

¹⁴ e/o della strada alzaia che delimita l'area golenale aperta.

¹⁵ La segnalazione di impatti (in termini di minacce/pressioni) utilizzerà le codifiche dell'art.17 della Direttiva Habitat.

ii) dalla variabilità cenologica (composizionale) degli habitat nell'area di studio (al fine di poter disporre di un numero di rilievi capaci di cogliere questa variabilità). La rappresentatività spaziale degli habitat – al fine di definire uno sforzo di campionamento commisurato alla complessità cenologica attesa – può essere categorizzata facendo riferimento alle valutazioni riportate nel *Protocollo operativo per il monitoraggio regionale degli habitat di interesse comunitario in Lombardia* (Brusa et al., 2017¹⁶).



Figura 4 – Aree relative alle occupazioni temporanee – dall'alto in basso relative ai GI2, 3 e 7.

Localizzazione dei punti/stazioni di monitoraggio - FV

Per ciascuna tipologia di habitat saranno raccolti dati da un congruo numero di stazioni, la cui effettiva numerosità è dipendente: i) dalla rappresentatività spaziale locale delle superfici occupate dagli habitat, e ii) dalla variabilità cenologica (composizionale) degli habitat nell'area di studio (al fine di poter disporre di

¹⁶ Brusa G., Cerabolini B.E.L., Dalle Fratte M., De Molli C., 2017. Protocollo operativo per il monitoraggio regionale degli habitat di interesse comunitario in Lombardia. Versione 1.1. Università degli Studi dell'Insubria - Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Osservatorio Regionale per la Biodiversità di Regione Lombardia.

un numero di rilievi capaci di cogliere questa variabilità). La rappresentatività spaziale degli habitat – al fine di definire uno sforzo di campionamento commisurato alla complessità cenologica attesa – può essere categorizzata facendo riferimento alle valutazioni riportate nel *Protocollo operativo per il monitoraggio regionale degli habitat di interesse comunitario in Lombardia* (Brusa et al., 2017¹⁷). A tale scopo, è possibile definire la relazione che deve sussistere tra: 1) superficie unitaria standard habitat-dipendente (la superficie da indagare per acquisire un rilievo fitosociologico rappresentativo; $\leq 4, 16, 25, 49, \text{ o } 225 \text{ m}^2$) e 2) la superficie cumulata dall'habitat all'interno dell'area da indagare (espressa in m^2) (**Tabella 7**; derivata dal protocollo a cura di Brusa e colleghi, 2017). Incrociando questi due valori si desume il numero di rilievi ritenuto rappresentativo ed esaustivo per analizzare un dato habitat in un dato contesto ambientale.

Tabella 7 – Relazione tra numero di rilievi da raccogliere in campo in funzione 1) delle superfici unitarie dei rilievi per tipologia ($\leq 4, 16, 25, 49, 225$) e 2) della superficie occupata dall'habitat all'interno del Sito (espressa in m^2), nel caso presente si considereranno le superfici occupate dagli habitat all'interno dell'area di studio (segmento Bergantino-Occhiobello). Dati Brusa et al. (2017).

Numero di rilievi	Superficie del plot (m^2)				
	≤ 4	16	25	49	225
1	<100	<300	<500	<1000	<4000
2	<200	<600	<1000	<2000	<8000
3	<400	<1200	<2000	<4000	<16000
4	<800	<2400	<4000	<8000	<32000
5	<1600	<4800	<8000	<16000	<64000
6	<3200	<9600	<16000	<32000	<128000
7	<6400	<19200	<32000	<64000	<256000
8	<12800	<38400	<64000	<128000	<512000
9	<25600	<76800	<128000	<256000	<1024000
10	≥ 25600	≥ 76800	≥ 128000	≥ 256000	≥ 1024000

Di seguito si riportano le superfici cumulate occupate (*in un tale contesto di applicazione è di primario interesse considerare l'ordine di grandezza di queste superfici*), così come deducibili dalle cartografie regionali¹⁸ degli habitat di interesse segnalati¹⁹ (effettivamente cartografati) nel tratto/area vasta di indagine e il numero derivato di rilievi "necessari" per analizzarli correttamente.

3130	2.37 ha (23700 m^2)	9 rilievi
3150	11.40 ha (114000 m^2) ²⁰	10 rilievi

¹⁷ Brusa G., Cerabolini B.E.L., Dalle Fratte M., De Molli C., 2017. Protocollo operativo per il monitoraggio regionale degli habitat di interesse comunitario in Lombardia. Versione 1.1. Università degli Studi dell'Insubria - Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Osservatorio Regionale per la Biodiversità di Regione Lombardia.

¹⁸ Si è optato per l'utilizzo delle informazioni cartografiche perché, ad esclusione del sito "Golena di Bergantino", gli altri due siti RN2000 interessati dalle opere includono vaste aree di territorio (incluso gli ambiti deltizi del Po) poste al di fuori dell'area vasta di interesse, il ricorso dunque ai dati riportati nei formulari standard sarebbe stata del tutto fuorviante per la quantificazione dello sforzo di campionamento.

¹⁹ Le cartografie consultate (carta degli habitat regionali) non riportano informazioni relative all'habitat 3150 nell'area vasta di studio.

²⁰ La stima della superficie occupata dall'habitat 3150 è derivata dal formulario standard del sito IT3270022.

3270	41.00 ha (410000 m ²)	10 rilievi
6430	20.00 ha (200000 m ²)	10 rilievi
91Eo*	41.00 ha (410000 m ²)	8 rilievi
91Fo	21.00 ha (210000 m ²)	7 rilievi
92Ao	36.00 ha (360000 m ²)	8 rilievi

In base a tali indicazioni, si assume una numerosità pari a **10 rilievi per tipologia di habitat** come *target* di progetto. Tra tutte le stazioni (*plot*) che saranno monitorate in fase **AO (relativamente alla stagione vegetativa 2025)**, sarà selezionata una serie di ***plot* (rilievi)** da categorizzare come **permanenti**²¹ (al più 3 per ciascuna tipologia di habitat identificati, pari a 21 *plot* permanenti complessivi, considerando i 7 tipi di habitat da sottoporre a monitoraggio, quelli ad oggi segnalati). Tali *plot* (monitorati in **AO, CO_{1,2}, PO_{1,3,5}**) permetteranno la comprensione le dinamiche cenologiche che interessano il fiume Po nel tratto.

Il monitoraggio della **componente FV** è finalizzato, dunque, a indagare la diversità cenologica del tratto fluviale in analisi, offrendo le informazioni di base per lo studio sincronico delle dinamiche della vegetazione indotte dalla realizzazione dei lavori per tutte le cenosi rilevanti presenti nell'area di studio. Si è provveduto a identificare i singoli punti/aree di monitoraggio definitivi entro 3 mesi dell'avvio della fase AO, sulla base delle indagini effettuate in fase pre-AO, come dettagliato in Allegato 1.

Qualora si rivelasse l'eventuale presenza di ulteriori formazioni vegetazionali di interesse naturalistico, si procederà ad includerle nel presente monitoraggio, in modo da verificare la loro tutela e conservazione nel tempo, ad esempio rispetto alla possibile ingressione di specie vegetali alloctone.

Sintesi delle evidenze raccolte su habitat/vegetazione del Po nel corso della stagione vegetativa 2023²²

Nel corso della **stagione vegetativa 2023**, nell'ambito delle attività propedeutiche alla definizione del **PMA (pre-AO)**, nei mesi da giugno a settembre 2023 è stato analizzato il tratto dell'asta fluviale del Po in studio, effettuando venti rilievi di vegetazione idro-igrofila golenale (INTEGRATIVI RISPETTO AL PROGRAMMA DI MONITORAGGIO – che fa riferimento come periodo **standard AO** alla stagione vegetativa 2024), focalizzando l'attenzione sugli habitat acquatici (3130, 3150, 3270), di margine (6430) e ai boschi ripari (91Eo*, 91Fo, 92Ao), come precedentemente identificati. È stato applicato, come indicato, il metodo di Braun-Blanquet (1928), d'uso comune in questo genere d'indagini, eseguendo rilievi di superficie variabile da 16 a 225 m², secondo il tipo di vegetazione. Di seguito si riportano le principali evidenze raccolte, utili per una preliminare validazione dei metodi qui proposti.

La flora osservata è nel complesso povera, monotona e ricca di elementi esotici (neofite): sono stati censiti in tutto 94 *taxa*, 91 dei quali identificati a livello di specie, e nei singoli rilievi il numero di specie è in media 9,7, variabile da un minimo di 5 a un massimo di 15 (solo all'Oasi di Malcantone si raggiungono valori maggiori, pari a 21 e 31 specie per rilievo, ma si tratta di un vero e proprio caso limite (un bosco aperto con

²¹ Localizzati nel corso della fase **AO**, e che speriamo possano essere mantenuti nel tempo, essendo l'area di indagine potenzialmente soggetta – come già ribadito – da una notevole dinamicità, nel caso non fosse possibile replicare le aree nel tempo (in particolare in corrispondenza delle forme di fondo, che rappresentano il contesto ecologico di maggior interesse per l'area) se ne identificheranno altre in prossimità dei punti precedentemente localizzati.

²² Per gli approfondimenti si rimanda all'**Allegato 1**.

ampie radure soggette a movimento di terra per la presenza del gasdotto, ove le specie ruderali e tipiche d'incolti e zone calpestate si mischiano a quelle dei boschi igrofili golenali). Le specie alloctone sono 21 (22,3% della lista), delle quali ben 14 invasive a scala nazionale. Le specie più comuni, censite in almeno metà dei rilievi, sono *Amorpha fruticosa* (presente in 29 rilievi), *Rubus caesius* (28), *Salix alba* (22), *Morus alba* (21), *Urtica dioica* (20), e *Acer negundo* (18): se ne evince il notevole grado d'inquinamento floristico e d'eutrofizzazione delle acque e dei suoli, giacché sia *R. caesius* sia *U. dioica* sono specie spiccatamente nitrofile. Solo in due casi non sono state censite specie alloctone: in tutti gli altri rilievi, esse sono in media 2,5 (ossia il 25,8% del numero medio di specie presenti in ogni rilievo), variabili da un minimo di 1 a un massimo di 7. Un quarto del corredo floristico delle comunità è costantemente rappresentato da specie esotiche.

La cospicua presenza di *S. alba* testimonia sì la frequenza delle formazioni riparie di bosco igrofilo in qualche modo ascrivibili all'habitat 92A0, ma l'osservazione diretta restituisce un quadro abbastanza semplificato: gl'individui sono spesso senescenti, talvolta già morti (anche numerosi esemplari nello stesso sito); la rinnovazione è molto scarsa e limitata a pochissime piante giovani, facilmente a causa della vigorosa competizione di *A. fruticosa*, che non di rado forma macchie quasi impenetrabili. Anche presso il Bosco di Porporana il *Salicion albae* è in cattivo stato, con molti alberi morti o che sviluppano vegetazione di soccorso sul tronco o sui rami principali. Solo in due casi il saliceto pare in condizioni migliori: al Parco golenale del Gruccione (Sermide), ove nell'ampia depressione colonizzata dal bosco igrofilo *S. alba*, in genere, si mostra con piante adulte e in buono stato, e nella golena di Stienta, ove è stato censito un interessante consorzio dominato da *S. alba* e *Populus alba* (valori di copertura fra 2 e 5 e fino a 4, rispettivamente). Resta però inteso che tali formazioni sono sempre più o meno interessate dalla presenza di specie esotiche, a volte anche in modo pesante. Da rilevare che numerose altre aree, pure individuate nel corso della definizione dello studio come di interesse per la caratterizzazione delle cenosi forestali, non sono state sottoposte a rilievo della vegetazione: trattasi di formazioni ruderali-nitrofile, in genere densissime, con flora banale o esotica (*A. fruticosa* e *S. alba*, *A. fruticosa* e *R. caesius* misti a individui di *Robinia pseudoacacia* e *Populus deltoides*, *A. fruticosa* in consorzi puri, ecc.).

Nel tratto preso in esame non sono stati osservati consorzi di vegetazione acquatica e igrofila riconducibili agli habitat 3130, 3150 e 3270: con ogni probabilità, stanti l'inquinamento, l'eutrofia e la torbidità delle acque del Po nel suo basso corso, non esistono le condizioni ambientali necessarie al loro sviluppo, in una forma compatibile con le declaratorie dei manuali di interpretazione. Non sono state osservate nemmeno vegetazioni di transizione fra zone umide e terraferma (habitat 6430), né boschi igrofili ad *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior* (habitat 91E0*): anche per questi, con ogni probabilità, non sussistono le condizioni ambientali necessarie, per l'invadenza e l'abbondanza della flora esotica. Per l'esperienza degli autori, in pianura padana l'habitat 91E0* non esiste, o se esiste è estremamente raro e localizzato in contesti extra-golenali. Quanto ai boschi ripari a *Quercus robur*, *Ulmus* spp. e *Fraxinus* spp. (habitat 91F0), nell'unico punto in cui sono stati osservati consorzi riconducibili a questo tipo di vegetazione, essi si presentavano nettamente dominati da *Ulmus minor* (valore di copertura 4 in ambo i rilievi), con un sottobosco piuttosto denso a *R. caesius* (valore di copertura 4 e 3 nei due rilievi) e notevole presenza di *Hedera helix helix* (copertura pari a 4 e 1): rispetto alla combinazione fisionomica di riferimento (*sensu* Biondi et al., 2010²³), si

²³ Biondi E., Blasi C., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato G., Venanzoni R., Zivkovic L., 2010 – Manuale Italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE. In rete al link: <http://vnr.unipg.it/habitat/>

potrebbe interpretare come un degrado e un impoverimento della comunità vegetale, oppure come un'immaturità della comunità stessa.

Frequenza e durata del monitoraggio - FV

Lo schema temporale dei monitoraggi è il seguente: le campagne di caratterizzazione (da compiersi in due momenti della stagione fenologica; mesi: tra **giugno** e **ottobre**, differenziati a seconda delle tipologie di habitat) saranno condotte nella fase **AO**, **CO** e in tre momenti successivi alla realizzazione delle opere (per le annualità **PO1,3,5**, con approfondimenti in continuo = **tutti gli anni all'interno delle aree buffer**). Si armonizzeranno le diverse campagne di misura sulle componenti **FV** e **SE**, in modo da procedere all'acquisizione simultanea delle informazioni relative alle unità di habitat utili all'implementazione dei prodotti ottenuti applicando tecniche di fotointerpretazione e/o telerilevamento, e la generazione della cartografia derivata per l'intero tratto (**AO**, **PO3**).

Nello specifico, in relazione a quanto indicato dalle schede di monitoraggio degli habitat (**Manuali e linee guida 142/2016**²⁴), i periodi di campionamento habitat-specifici saranno i seguenti: **3130** (estate), **3150** (luglio/settembre), **3270** (luglio/ottobre), **6430** (maggio/giugno), **91Eo*** (maggio/luglio), **91Fo** (aprile/giugno), **92Ao** (giugno/settembre). Questi riferimenti temporali si riferiscono, appunto, alle indicazioni del Manuale italiano sopraccitato, su recenti indicazioni di Regione Veneto si concorda sulla necessità di uniformare le tempistiche, effettuando due campagne di monitoraggio in periodo primaverile e tardo estivo. In tal modo il rilievo sarà più consono rispetto ai cicli fenologici delle cenosi nell'area di interesse, permettendo in ogni modo di mantenere una totale confrontabilità tra tutti i dati raccolti (nel corso del 2023 e 2024, e quello delle campagne che verranno).

Metodologie di riferimento - FV

Il monitoraggio degli habitat è coerente con quanto delineato nel Manuale di riferimento nazionale edito da ISPRA nel 2016, integrato con le indicazioni elaborate nel contesto del progetto LIFE GESTIRE2020, e il ricorso a tecniche di fotointerpretazione e/o attraverso il telerilevamento. Con specifico riferimento alla cartografia, essa sarà redatta coerentemente con le specifiche cartografiche richieste dalle regioni incluse all'interno dell'area vasta, concordando un formato ritenuto adeguato allo scopo. Per Regione Veneto il riferimento è rappresentato dalla D.G.R. n. 1066/2007 (come specificatamente richiesto dalla Condizione ambientale n. 5k).

Nell'area oggetto di intervento, **non sono segnalate specie vegetali di interesse comunitario**, quindi non è stato predisposto un piano di monitoraggio *ad hoc*. Nel caso in cui, nel corso dello svolgimento dei monitoraggi, si identificasse una specie vegetali di interesse all'interno delle aree target si procederà ad integrare il presente PMA (sulla falsa riga di quanto qui proposto per gli habitat e in accordo alle linee guida ISPRA "Manuali e linee guida 140/2016"). Nei formulari standard dei siti RN2000 (aggiornati al 2019) direttamente interessati dalle opere sono riportate una serie di specie vegetali di interesse [nelle tabelle "3.3 Other important species of flora and fauna (optional)"]. Tra quelle segnalate, i taxa di maggior interesse risultano essere presenti nei siti: *Euphorbia palustris* L., *Gratiola officinalis* L., *Leucojum aestivum* L., *Nymphoides peltata* (S.G.Gmel.) Kuntze, *Oenanthe aquatica* (L.) Poir., *Salvinia natans* (L.) All. e *Trapa natans*

²⁴ Consultabile al link: https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida?b_start:int=20

L. Nel corso dei sopralluoghi di campo finalizzati al monitoraggio degli habitat sarà posta particolare attenzione all'identificazione (e resa cartografica) di queste specie. **Al termine del biennio di monitoraggio 2023-2024 è possibile chiarire come nessuna delle specie sopra elencate è stata identificata all'interno delle aree target, dei plot monitorati e, in generale, nel tratto di Po analizzato.** Non è stato, pertanto, necessario avviare specifici approfondimenti popolazionistici.

Approfondendo gli specifici ambiti di indagine della **componente FV** oggetto di monitoraggio, la metodologia di riferimento è quella ISPRA, che identifica i seguenti descrittori a scala di singolo habitat target (**Tabella 8**):

Tabella 8 – Parametri/Descrittori/Strumenti/Dati/Unità di misura suggeriti per il monitoraggio degli Habitat di interesse comunitario segnalati nel tratto di fiume Po oggetto di adeguamento idraulico, secondo il "Manuali e linee guida 142/2016 - ISPRA".

Habitat	Parametri	Descrittori	Strumenti/Dati/Unità di misura
3130	Area occupata Struttura & Funzioni	Area occupata Analisi della vegetazione Metriche del paesaggio Analisi delle acque Idro-morfologici	GIS/telerilevamento/1 m ² Ricoprimento tot vegetazione/copertura specie dominanti, tipiche, rare, interesse, indicatori di fenomeni dinamici Dimensione <i>patch</i> Sonda multiparametrica Variazione profondità/batimetria stazioni
3150	Area occupata Struttura & Funzioni	Area occupata Analisi della vegetazione Metriche del paesaggio Analisi delle acque Analisi dei sedimenti Idro-morfologici	GIS/telerilevamento/1-4 m ² Ricoprimento tot vegetazione/copertura specie dominanti, tipiche, rare, interesse, indicatori di fenomeni dinamici Dimensione <i>patch</i> Sonda multiparametrica Metodi standard/sostanza organica/TP Variazione profondità/batimetria stazioni
3270	Area occupata Struttura & Funzioni	Area occupata Analisi della vegetazione Metriche del paesaggio Analisi dei sedimenti	GIS/telerilevamento/4 m ² Ricoprimento tot vegetazione/copertura specie dominanti, tipiche, rare, interesse, indicatori di fenomeni dinamici Dimensione <i>patch</i> /dinamica idromorfologica Metodi standard/tessitura del substrato
6430	Area occupata Struttura & Funzioni	Area occupata Analisi della vegetazione Metriche del paesaggio	GIS/telerilevamento/16 m ² Ricoprimento tot vegetazione/copertura specie dominanti, tipiche, rare, interesse, indicatori di fenomeni dinamici Dimensione <i>patch</i> /dinamica idromorfologica
91Eo	Area occupata Struttura & Funzioni	Area occupata Analisi della vegetazione Metriche del paesaggio	GIS/telerilevamento/80-100 m ² Ricoprimento tot vegetazione (%/altezza strato arboreo, arbustivo, erbaceo) / copertura specie tipiche, meso-xerofile, nitrofile, aliene, indicatori di fenomeni dinamici/vitalità/rinnovo/classi età/necromassa Dimensione <i>patch</i> /dinamica idromorfologica
91Fo	Area occupata Struttura & Funzioni	Area occupata Analisi della vegetazione Metriche del paesaggio	GIS/telerilevamento/225 m ² Ricoprimento tot vegetazione (%/altezza strato arboreo, arbustivo, erbaceo) / copertura specie tipiche, meso-xerofile, nitrofile, aliene, indicatori di fenomeni dinamici/vitalità/rinnovo/classi età/necromassa Dimensione <i>patch</i> /dinamica idromorfologica
92Ao	Area occupata Struttura & Funzioni	Area occupata Analisi della vegetazione Metriche del paesaggio	GIS/telerilevamento/100-225 m ² Ricoprimento tot vegetazione (%/altezza strato arboreo, arbustivo, erbaceo) / copertura specie tipiche, meso-xerofile, nitrofile, aliene, indicatori di fenomeni dinamici/vitalità/rinnovo/classi età/necromassa Dimensione <i>patch</i> /dinamica idromorfologica

Sulla base, dunque, delle indicazioni riportate in **Tabella 8**, è possibile derivare i **criteri generali** di valutazione, relativi ai parametri che saranno quantificati nel corso dei monitoraggi, come illustrato nella **Tabella 9** che segue:

Tabella 9 – Criteri generali dei Parametri da monitorare per la componente FV.

Parametri	Unità misura	Valori limite	Range naturale [†]	Valori soglia [*]	Metodi analitici/controllo
A. Area occupata	m ² /ha	na	na	na	Manuali e Linee Guida 142/16
B. Struttura & Funzioni					Manuali e Linee Guida 142/16
<i>B1. Analisi della vegetazione</i>	na	na	na	na	""
B1-1. Composizione floristica [§]	na	na	na	na	Manuali e Linee Guida 142/16; Linee Guida PMA VIA
B1-2. Dominanza specie tipiche indicatrici	%	na	na	20-80%	manuale-Habitat-lombardia ²⁵
B1-3. Copertura totale	%	na	na	20-40%	""
B1-4. Frequenza delle specie tipiche indicatrici	%	na	na	15-50%	""
B1-5. Presenza specie significative	n° specie	na	na	≥1	""
B1-6. Frequenza delle specie ruderali/esotiche e sinantropiche	%	na	na	≤10-30%	Manuali e Linee Guida 142/16; Linee Guida PMA VIA; manuale-Habitat-lombardia
B1-7. Rapporto specie alloctone/autoctone	%	na	na	na	Manuali e Linee Guida 142/16; Linee Guida PMA VIA
B1-8. Qualità e grado di conservazione di habitat di interesse naturalistico	na	na	na	na	""
B1-9. Stato fitosanitario [*]	na	na	na	na	""
<i>B2. Metriche del paesaggio</i>					Manuali e Linee Guida 142/16
B2-1. Dinamiche spaziali degli habitat	m ² /ha	na	na	na	Manuali e Linee Guida 142/16; Linee Guida PMA VIA
C. Qualità habitat					
<i>C1-1. presenza impatti antropici diretti</i>	p/a	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16; art.17 DH

^{*} applicabile alle unità forestali; [†] naturale, nel senso misurato in natura, ma come già esplicitato nel testo, il tratto di fiume Po in analisi non ha condizioni chimico-fisiche "naturali", ma condizioni sostanzialmente modificate dagli impatti antropici esercitati a scala di bacino; ^{*} valori indicativi, per ciascun habitat ci sono valori delineati nei documenti elaborati nell'ambito del progetto LIFE GESTIRE2020; na = non applicabile; p/a = presenza/assenza; [§] include le informazioni relative ai corotipi e alle forme biologiche *sensu Raunkiaer*.

Rispetto al tema della valutazione dello stato fitosanitario, all'interno dei *plot* forestali identificati come *plot* permanenti per i monitoraggi futuri, gli approcci classici finalizzati alla valutazione di mortalità/infestazione saranno integrati attraverso la raccolta di informazioni sul diametro degli individui a petto d'uomo, dando inoltre un giudizio sulla fisionomia della chioma, del fusto, del colletto, e dell'eventuale presenza di trauma o malattie/parassitosi. **Tutto ciò a partire dai monitoraggi 2025.**

Il parametro "**A-Area occupata**" sarà derivato mediante tecniche di fotointerpretazione e/o mappe generate durante i sopralluoghi di campo, integrati eventualmente con prodotti telerilevati. Per quanto riguarda il parametro "**B-Struttura & Funzioni**", esso include la descrizione dell'analisi strutturale e compositiva (che comprende anche l'analisi della componente floristica e il suo valore conservazionistico) e l'analisi del paesaggio (dinamiche spaziali degli habitat). La componente floristica sarà indagata all'interno dei *plot* (permanententi e non) per la caratterizzazione fitosociologica degli habitat

²⁵ https://www.naturachevale.it/wp-content/uploads/2014/04/D1-LIFE-GESTIRE_Relazione-finale-Insubria_NEW_01.pdf

applicando metodiche standard (Braun-Blanquet, 1928, 1964; Pignatti, 1959²⁶). Si acquisiranno informazioni relative: alla frequenza delle specie ruderali, esotiche e sinantropiche, il contributo in termini di diversità e struttura delle specie alloctone (con particolare riferimento alle specie aliene invasive di particolare rilevanza) così come dei corotipi e delle forme biologiche secondo la metodologia di *Raunkiær*. Per quanto riguarda le unità forestali (g1Eo, g1Fo, g2Ao), sarà caratterizzato anche lo stato fitosanitario delle unità rilevate (*presenza di patologie/parassitosi, alterazioni della crescita, tasso di mortalità/infestazione delle specie chiave*). Le metriche del paesaggio sono principalmente rappresentate dalle caratteristiche geometriche delle *patch* di habitat (desumibili dalla cartografia di habitat).

Per quanto riguarda la formalizzazione delle schede di monitoraggio, esse faranno riferimento a quanto definito dalle Linee Guida PMA VIA e dal documento "Protocollo operativo per il monitoraggio regionale degli habitat di interesse comunitario in Lombardia, versione 1.1" (aggiornato al 2017)²⁷, in **Allegato 2** è riportata la scheda per il presente monitoraggio – che prevede l'acquisizione anche di informazioni relative alla **presenza di impatti diretti – da esplicitare in termini di minacce e pressioni secondo le codifiche dell'art.17 della Direttiva Habitat**. Per quanto riguarda, invece, le **metodologie di controllo dell'affidabilità dei dati**, la validazione dei dati sarà effettuata mediante comparazione con la serie storica di dati eventualmente disponibili per il corpo idrico in esame (rilievi pregressi della vegetazione).

I dati saranno elaborati in accordo alla letteratura scientifica di settore (**criteri di elaborazione**), mentre il tema delle **anomalie** non è "univocamente applicabile" al contesto della presente componente ambientale (la totalità dei parametri che saranno quantificati non presenta valori limite e/o soglia e un *range* naturale nel contesto di analisi). **A tale riguardo, in assenza di limiti di legge applicabili ai parametri selezionati, si procederà – nel corso dei monitoraggi AO – all'analisi e sistematizzazione dei riferimenti assimilabili e/o alla letteratura scientifica disponibile sul tema. Tali informazioni saranno poi implementate al fine di proporre limiti/soglie per la successiva valutazione dei dati di monitoraggio.** Particolare attenzione sarà comunque rivolta alla valutazione del ruolo delle specie indicatrici di disturbo (nitrofile e invasive) e associate a variazioni dei processi idrogeomorfologici (da caratterizzare nell'ambito della valutazione del parametro "*Metriche del paesaggio*") nello strutturare e indirizzare le dinamiche evolutive della vegetazione (gli indicatori specifici sono dettagliati nel **cap. 7**, componenti **PA** e **II**). A tale riguardo si valuterà l'utilità di ricorrere agli indicatori ecologici (per es., indici di Landolt e/o di Ellenberg).

VALORI SOGLIA – FV

Nel caso specifico della componente **FV**, sulla base degli esiti dei monitoraggi **pre-AO** e **AO**, proponiamo di identificare una serie di **valori soglia** di criticità per le comunità di interesse conservazionistico presenti e riconosciute nel tratto, vale a dire le "*vegetazioni igrofile annuali dei depositi di accumulo sabbioso-limoso ricchi in composti azotati*" (riferibili al codice habitat **3270**) e le "*boscaglie di salici dei contesti ripari e retro-ripari di fiumi e torrenti*" (riferibili al codice habitat **g2Ao**).

²⁶ Braun-Blanquet J., 1964. Pflanzensozologie, 3sted. - Springer, Wien; Pignatti S, 1959. Fitogeografia in Cappelletti C. Trattato di Botanica. pp. 681-811 UTET Nuova ed. Geobotanica.

²⁷ Brusa G., Cerabolini B.E.L., Dalle Fratte M., De Molli C., 2017. Protocollo operativo per il monitoraggio regionale degli habitat di interesse comunitario in Lombardia. Versione 1.1. Università degli Studi dell'Insubria - Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Osservatorio Regionale per la Biodiversità di Regione Lombardia; <http://www.biodiversita.lombardia.it/images/HABITAT/pdf/manuale-HABITAT-lombardia.pdf>

Gli indicatori prescelti, per i quali identificare i valori soglia, sono tra quelli proposti da Brusa et al. (2017) per la valutazione di STRUTTURA, FUNZIONI e PROSPETTIVE delle cenosi selezionate.

Nello specifico: per l'habitat **3270** gli indicatori sono: **Cop-ter** (copertura totale delle terofite [%]; in qualità di indicatore di struttura); **Spe-sig** (presenza di specie significative (Allegati 92/43/CE, specie protette regionali, Liste Rosse, endemiche); in qualità di indicatore di funzioni); ed **Ind-deg** (indicatore di degrado, piante esotiche [%]; in qualità di indicatore di prospettive). I corrispettivi valori soglia sono rappresentati: (i) dal raggiungimento di valori medi <25% per l'indicatore **Cop-ter**, (ii) dal passaggio alla classe mediocre da ottimale per l'indicatore **Spe-sig** (nel caso le cenosi **3270** descritte in **AO** fossero di classe ottimale) e (iii) per l'indicatore **Ind-deg** il superamento della soglia % di alienità dell'80% (rispetto al valore medio **AO**).

Per i saliceti bianchi (**92Ao**) gli indicatori prescelti sono: **Cop-dom** (copertura specie tipiche dominanti, strato arboreo [%]; in qualità di indicatore di struttura); **Spe-sig** (specie significative (Allegati 92/43/CE, specie protette regionali, Liste Rosse ecc.) [n.]; in qualità di indicatore di funzioni); e **Ind-deg** (indicatori di degrado, piante esotiche [%]; in qualità di indicatore di prospettive). I corrispettivi valori soglia sono rappresentati: (i) dal raggiungimento di valori medi <60% per l'indicatore **Cop-dom**, nel caso i valori **AO** fossero di classe superiore, (ii) dal passaggio alla classe mediocre da ottimale per l'indicatore **Spe-sig** (nel caso le cenosi a Salice bianco descritte in **AO** fossero di classe ottimale) e (iii) per l'indicatore **Ind-deg** lo scadimento il superamento della soglia % di alienità dell'60% (rispetto al valore medio **AO**).

Nel caso, infine, all'interno delle aree di cantiere, che si suppone verranno solo parzialmente utilizzate e/o attrezzate visto l'interesse a realizzare le opere secondo un approccio "fluviale" (massimizzando le attività da pontone), si dovrebbero rilevare tassi di infestazione/copertura di specie alloctone invasive superiore al **60% delle aree interessate** – si procederà a interventi attivi di tipo gestionale, mediante sfalci ripetuti (almeno 2 a distanza di 20 giorni) da svolgere all'inizio della stagione vegetativa successiva data la natura quasi esclusivamente annuale di queste entità (attesa all'interno di aree sottoposte a medio disturbo).

Rispetto, quindi, ai descrittori proposti in **Tabella 9**, l'analisi dei dati raccolti e l'approfondimento delle metodiche più aggiornate disponibili in letteratura ha suggerito di optare per gli indicatori di STRUTTURA, FUNZIONI e PROSPETTIVE ricavabili dal lavoro di Brusa et al. (2017) – per i quali è possibile indicare valori soglia concreti e consolidati. In tal modo è stato possibile semplificare la procedura di valutazione rendendola più efficace, secondo lo schema operativo di seguito illustrato. Gli indicatori di Brusa et al. (2017) **Cop-ter/ Cop-dom** sono complementari ai parametri B1-2 e B1-3; l'indicatore **Spe-sig** a sua volta è complementare ai parametri B1-4 e B1-5, mentre l'indicatore **Ind-deg** è complementare ai parametri B1-6 e B1-7. Quanto al parametro B1-8 (*Qualità e grado di conservazione di habitat di interesse naturalistico*) nell'ambito del presente studio si è inteso esprimerlo in termini di Pressioni e Minacce. Questo parametro sarà ulteriormente implementato nel corso dei monitoraggi, quando sarà possibile ricostruire le dinamiche nel tempo degli indicatori di STRUTTURA, FUNZIONI e PROSPETTIVE. Quanto alla possibilità di ricorrere agli indicatori ecologici (per es., indici di Landolt e/o di Ellemberg), anche questi aspetti saranno affrontati al termine del monitoraggio della fase **CO** quando avremo a disposizione almeno tre anni di monitoraggio (almeno per i *plot* permanenti e le cenosi di particolare interesse conservazionistico, quali le comunità di codice 3270, 91Eo*, 91Fo e 92Ao).

6. COMPONENTE FAUNA (FA)

In riferimento alla **componente FA = Fauna**, gli **OBIETTIVI SPECIFICI** del **PMA** sono valutare/delineare:

1. le interferenze dell'opera sulla fauna di interesse comunitario e gruppi bioindicatori (al fine di confermare il giudizio di incidenza \leq "minore", ed escludere impatti imprevisti);
2. l'aggiornamento del livello delle conoscenze (attualmente limitato) in relazione alla componente target (sia in termini di scenario di base che di risposte ecologiche al nuovo assetto idrologico che sarà determinato dalla realizzazione delle opere);

La **componente FA** sarà oggetto di caratterizzazione in **FASE AI**, nelle fasi temporali **AO** e **PO_{1,3,5}**, indagando l'intorno spaziale delle aree incluse nel primo stralcio funzionale (GI₂, 3 e 7), e due settori di interesse aggiuntivi (che fungono da area di **controllo** e **recettore indiretto**, necessarie per validare i dati raccolti nelle aree interessate dai lavori ed escludere "effetti esterni/indipendenti" riconducibili alla crisi climatica o alla gestione del bacino sotteso al tratto in esame) al fine di integrare le conoscenze attuali e contribuire a risolvere i *gap* conoscitivi, alla scala ampia, del tratto di Po in analisi. **Solo la componente ITTICA sarà monitorata in tutte le annualità da monitorate (fino al 2032).**

6.1 PREMESSA - FA

Per quanto concerne le interferenze dell'opera sulla fauna di interesse comunitario, si è valutata come "**LIVELLO MINORE = SIGNIFICATIVITÀ BASSA**" la possibile insorgenza di **alterazioni** collegate alle modifiche morfologiche indotte dalle opere (*"realizzazione delle opere non impatta l'attuale struttura e le funzioni specifiche dell'ecosistema fluviale del Po a lungo termine o in modo irreversibile"*; cfr. pag. 68, D.07). A ciò si potrebbero altresì associare la sottrazione di "superfici naturali o semi-naturali" con la possibile alterazione delle popolazioni di fauna (secondo fattore di indagine) (trascurabile/minore).

Diviene prioritario, quindi, valutare lo stato di conservazione **AO** delle componenti animali di maggior rilevanza nel contesto dell'area di studio, vale a dire la COMPONENTE ITTICA, l'AVIFAUNA e L'ERPETOFAUNA, e seguirne l'evoluzione (le risposte a livello di comunità e di singola specie) a seguito della realizzazione degli interventi (in fase **PO_{1,3,5}**). Sono da caratterizzare, inoltre, gli **invertebrati terrestri** (identificando i **COLEOTTERI CARABIDI** e i **LEPIDOTTERI DIURNI** come gruppi *target* – *essendo considerati, a livello internazionale, componenti ecosistemiche bioindicatrici estremamente affidabili*²⁸), la TERIOFAUNA e la CHIROTTEROFAUNA, come specificatamente richiesto dal **Parere n. 279**, con la medesima scansione temporale. Data la natura puntuale degli interventi e le tecniche costruttive non si rileva l'esigenza di effettuare rilievi nella fase **CO**, se non per la **COMPONENTE ITTICA**.

Analogamente alla componente habitat, nel corso del 2023 è stato condotto un sopralluogo intensivo delle componenti *target* animali (esclusa l'AVIFAUNA), nell'ambito della fase di monitoraggio pre-AO (stagione vegetativa 2023; cfr. Allegato 1). Oggetto di approfondimento sono state le aree target (i 3 GI inclusi nel primo stralcio e due aree di **controllo** e **recettore indiretto**, dettagliate di seguito nel testo) di progetto, e

²⁸ I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità. Manuali e Linee Guida APAT 34/2005.

le comunità di PESCI, RETTILI e ANFIBI, COLEOTTERI CARABIDI, LEPIDOTTERI DIURNI, la TERIOFAUNA e CHIROTTEROFAUNA. Queste informazioni sono state utilizzate per selezionare i siti/stazioni da includere nel monitoraggio **AO** (a partire da **fine febbraio 2024**), di seguito dettagliati.

Parametri analitici - FA

A. Popolazione di specie

A1. Ittiofauna

A1-1. n° di individui per specie; A1-2. indice di abbondanza stimata

A2. Avifauna

A2-1. numerosità (N); A2-2. densità (D)

A3. Erpetofauna

A3-1: abbondanza

A4. Coleotteri Carabidi

A4-1: numerosità (N); A4-2: densità di attività (DA).

A5. Lepidotteri diurni

A5-1: numerosità (N); A5-2: densità (D).

A6. Teriofauna

A6-1: numerosità (N); A6-2: densità (D).

A7. Chiroterofauna

A7-1: numerosità (N); A7-2: densità (D).

B. Comunità

B1. Ittiofauna

B1-1. n° totale delle specie ittiche; B1-2. n° specie autoctone; B1-3. n° specie esotiche; B1-4. n° specie ad elevata selettività ambientale; B1-5. n° esemplari per classi di età; B1-6. n° esemplari o+

B2. Avifauna

B2-1: ricchezza (R); B2-2. diversità Shannon (H); B2-3. equiripartizione (J)

B4. Coleotteri Carabidi

B4-1: ricchezza (R); B4-2: diversità Shannon (H); B4-3: equiripartizione (J).

B5. Lepidotteri diurni

B5-1: ricchezza (R); B5-2: diversità Shannon (H); B5-3: equiripartizione (J).

B6. Teriofauna

B6-1: ricchezza (R); B6-1: Indice di Livello Trofico; B6-3: diversità Shannon (H); B6-4: equiripartizione (J).

B7. Chiroterofauna

B7-1: ricchezza (R); B7-2: diversità Shannon (H); B7-3: equiripartizione (J).

C. Qualità habitat

C1-1. presenza vegetazione aquatica/palustre; C1-2. presenza siti di riproduzione; C1-3. presenza specie competitrici alloctone; C1-4. presenza impatti antropici diretti

Localizzazione delle stazioni/transetti di monitoraggio - FA

COMPONENTE ITTICA. La **COMPONENTE ITTICA** (n. FA.1) è stata indagata in quattro sezioni fluviali (**Figura 5**), poste rispettivamente: i) in corrispondenza del **GI3** (*l'unico tra i gruppi inclusi nel primo stralcio funzionale, ad avere dimensioni e una diversificazione ambientale sufficienti per essere oggetto di campionamenti potenzialmente indicativi delle risposte di questa componente alla realizzazione delle opere;* FA_xx_A1_02), ii) alla fine del tratto oggetto di intervento (in prossimità del nucleo di Stienta; si veda **Figura 8**; FA_xx_A1_04). In tal modo è stato possibile valutare gli effetti diretti determinati dalla realizzazione delle

opere (G13) e quelli cumulati (Stienta). Sono state inoltre identificate una stazione intermedia (iii), in corrispondenza del G17 (FA_xx_A1_03), e una (iv) di monte (FA_xx_A1_01) – all'inizio del tratto oggetto di intervento – che corrisponde alla **stazione 132** (Sermide, MN; prog. km 527,4) monitorata nell'ambito della redazione della "Carta ittica del fiume Po"²⁹, i cui dati sono stati utilizzati come riferimento di medio termine (la carta è stata edita nel 2009, e i dati si riferiscono al 2007). All'interno delle sezioni, rilievi *ad hoc* sono stati effettuati in corrispondenza delle infrastrutture artificiali quali **prismate/massicciate** – se presenti – in modo da raccogliere informazioni sulla modalità di interazione tra questa componente e quelle infrastrutture che possono essere in qualche modo considerate analoghe a quelle che verranno realizzate.



Figura 5 – Localizzazione delle sezioni fluviali per il monitoraggio della componente ittica.

COMPONENTE ORNITICA. L'**AVIFAUNA** (componente FA.2) è stata caratterizzata nell'intorno dell'area di cantiere G13 (FA_xx_A2_02) e in **due aree** non direttamente interessate dai lavori (poste all'interno del tratto di fiume Revere-Ferrara) che fungono da **controllo** (area di monte) e da **recettore indiretto** (area di valle) degli impatti. Queste due aree sono state considerate come un'unica unità operativa, mantenendo costante lo sforzo di campionamento previsto per il sito G13 (per rendere comparabili i dati acquisiti in tutte le aree monitorate). Le due aree non direttamente interessate dai lavori sono, rispettivamente i segmenti fluviali posti in corrispondenza dell'ampia area di **deposito posta poco a monte della golena di Bergantino** (FA_xx_A2_01), e l'area di **deposito posta di fronte al nucleo di Stienta** (FA_xx_A2_03; Figura 6). Al loro interno sono stati identificati i transetti di monitoraggio (2 per area, 1000 m cumulati).

COMPONENTI COLEOTTERI CARABIDI + LEPIDOTTERI DIURNI. Queste due componenti (n. FA.4 e 5, **rispettivamente**) sono state caratterizzate in corrispondenza di **tutte e 3 le aree di cantiere** (FA_xx_A4,5_02; FA_xx_A4,5_03, FA_xx_A4,5_04) e in **due aree** non direttamente interessate dai lavori (poste all'interno del tratto di fiume di interesse) che fungono sia da **controllo** e da **recettore indiretto** degli impatti (Figura 7). **Per le aree di cantiere, le due componenti sono state caratterizzate all'interno di un buffer di circa 600 m,**

²⁹ Op.cit.

delimitato esternamente (lungo il gradiente corpo idrico – ambienti ripariali) dalla fascia A PAI (e/o della strada alzaia che delimita l'area golenale aperta) e dal corpo idrico permanente del fiume. Le due aree non direttamente interessate dai lavori (ove si applicherà il medesimo sforzo di campionamento rispetto alle aree di cantiere) differiscono da quelle identificate per l'ornitofauna, e sono, rispettivamente, la Riserva di interesse locale "Golena di Bergantino" (<https://www.comune.bergantino.ro.it/hh/index.php>) – inclusa nel S.I.C. IT3270017 "Delta del Po: tratto terminale e delta veneto" (FA_xx_A4,5_01) e nella Z.P.S. IT3270022 "Golena di Bergantino" nel settore ricompreso nel territorio comunale di Bergantino (RO) – e il "Bosco di Porporana" (<https://servizi.comune.fe.it/4360/il-bosco-di-porporana>), un'area di riequilibrio ecologico che ricade nel comune di Ferrara (FE) (FA_xx_A4,5_05).

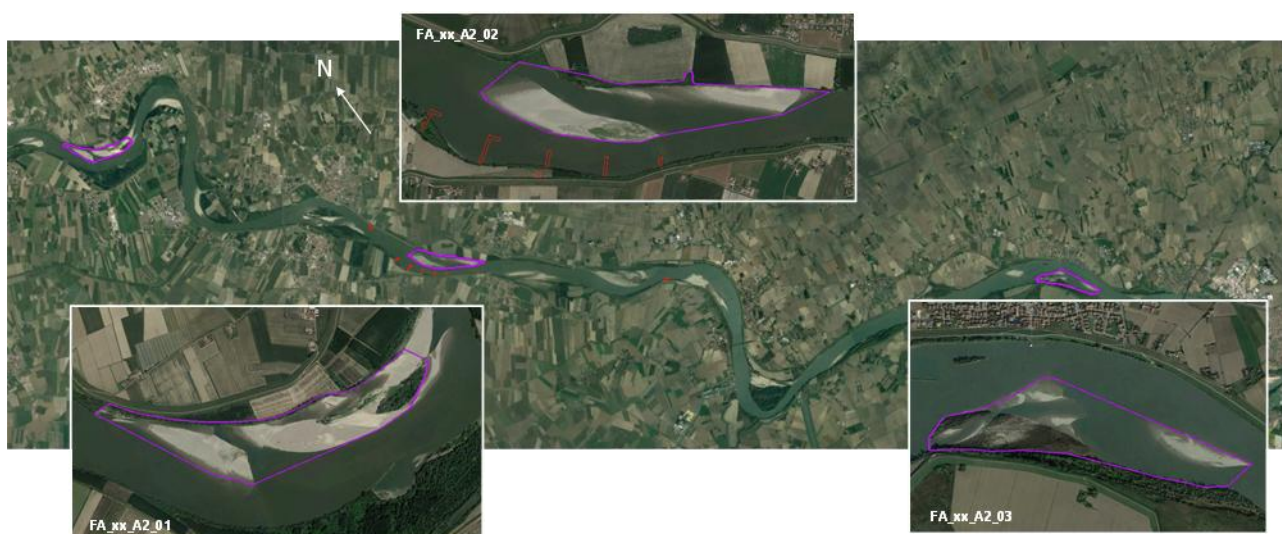


Figura 6 – Localizzazione delle aree/siti per il monitoraggio della componente ornitica.

COMPONENTI ERPETOFAUNA + TERIOFAUNA + CHIROTTEROFAUNA. Queste componenti (FA.3, FA.6 e FA.7, rispettivamente) sono state caratterizzate in corrispondenza dell'area di cantiere **Gl3** e in due aree non direttamente interessate dai lavori (Golena di Bergantino + Bosco di Porporana) che fungono rispettivamente da **controllo** e da **recettore indiretto** degli impatti (Figure 7 e 8). L'unica eccezione è rappresentata dalla fase di monitoraggio esplorativo relativo alla ricerca dei rifugi della **CHIROTTEROFAUNA**, che avrà come *target* tutte e cinque le aree di monitoraggio (cfr. schema di campionamento per COLEOTTERI CARABIDI + LEPIDOTTERI DIURNI) (cfr., Figura 11). Come già ampiamente illustrato, la presente ripartizione spaziale degli approfondimenti è motivata dal fatto che il **Gl3** è l'unico gruppo di intervento incluso nel primo stralcio funzionale ad avere una dimensione e una diversificazione ambientale sufficienti per essere oggetto di campionamenti rappresentativi delle componenti animali sopraelencate (e delle loro risposte alla realizzazione delle opere).



Figura 7 – Localizzazione delle aree/siti per il monitoraggio della componente a lepidotteri/carabidi.

Il presente [Report#1](#) offre, dunque, non solo una valutazione coerente delle possibili interferenze generate dal programma di intervento ma anche un aggiornamento del livello delle conoscenze sulle componenti animali target per il tratto di Po in analisi nel suo complesso (incluso nel monitoraggio due delle aree a maggior vocazione faunistica dell'intero tratto fluviale). Garantendo, infine, la valutazione critica degli (eventuali) impatti non previsti ad una scala spaziale adeguata (di tratto fluviale) – oltre a fungere da riferimento per i futuri stralci funzionali dell'opera di adeguamento nel suo complesso.

Nonostante la natura dinamica, imprevedibile, dell'area da sottoporre a monitoraggio – nel corso dei monitoraggi AO si è provveduto a confermare i singoli punti/transetti di monitoraggio indagati nel corso del 2023 (preAO) come riportato in Allegato 1.

Frequenza e durata del monitoraggio & metodologie - FA

Lo schema temporale dei monitoraggi è il seguente: l'articolazione temporale delle campagne di misura è **specie/gruppo di specie dipendente** (come dettagliato nei paragrafi successivi). Gli approfondimenti conoscitivi sono stati condotti nelle fasi **pre-AO**, **AO** e lo saranno nelle fasi **PO** (per tre annualità complessive, **PO_{1,3,5}** – in aderenza alle indicazioni del **Parere n. 279**). Solo per la COMPONENTE ITTICA si prevedono monitoraggi in fase CO (e in tutte le annualità di monitoraggio) in tutte e 4 le sezioni di monitoraggio.

Analogamente, ciascuna componente seguirà specifici protocolli di monitoraggio. Il riferimento generale per la fauna è rappresentato dal Manuale nazionale edito da ISPRA nel 2016 (**Manuali e linee guida 141/2016**³⁰), integrato con le indicazioni metodologiche elaborate nell'ambito del progetto LIFE GESTIRE2020 e con quanto dettagliato di seguito nel testo.

Si armonizzeranno le diverse campagne di misura sulle componenti **SE**, **FV** e **FA**, in modo da procedere all'acquisizione simultanea delle informazioni relative alle unità di habitat utili all'implementazione dei prodotti ottenuti applicando tecniche di telerilevamento, e la generazione delle carte derivate (per esempio per qualificare il parametro "Qualità degli habitat"³¹).

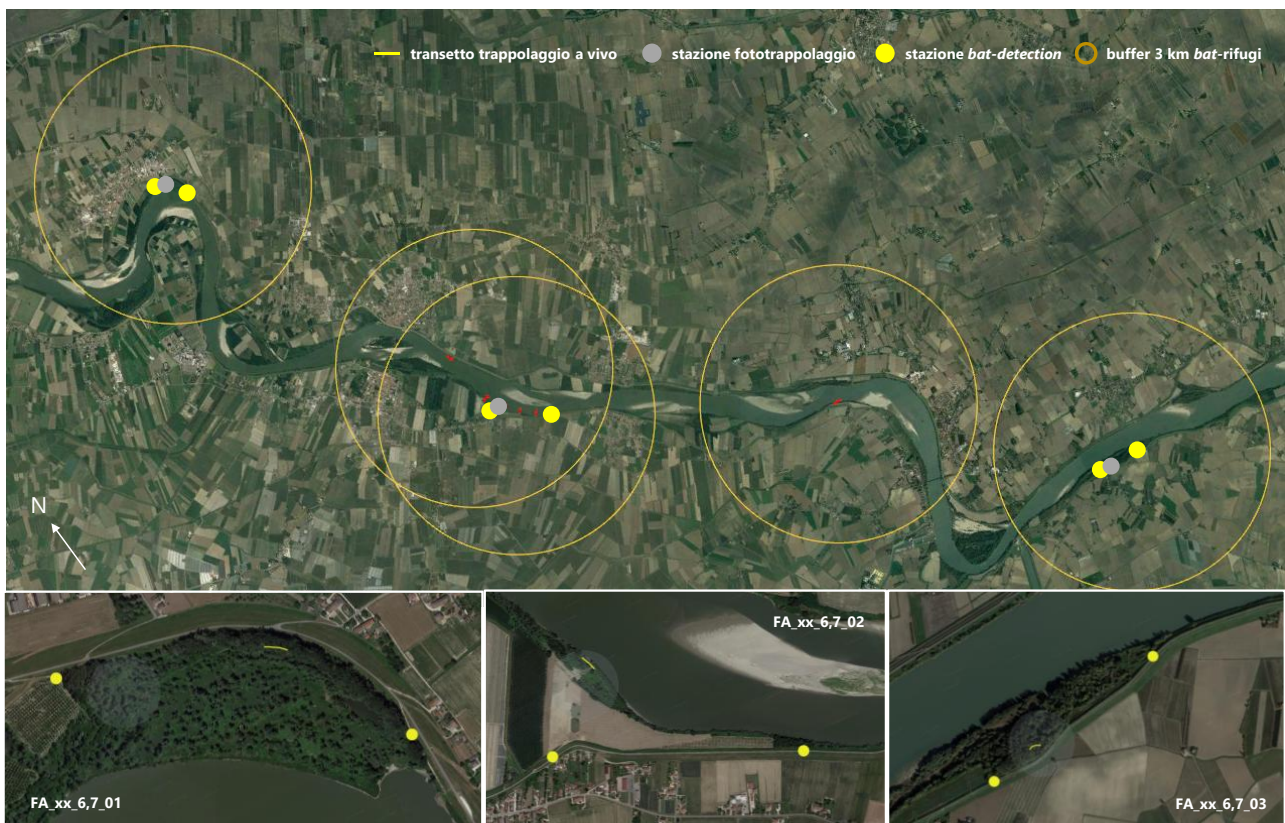


Figura 8 – Localizzazione delle aree/siti per il monitoraggio delle componenti: teriofauna (l'indicazione del sito specifico di fototrappolaggio è generica) e chiroterofauna.

³⁰ Accessibile qui: https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida?b_start:int=20

³¹ Come già introdotto per la componente **FV**, il descrittore C.1-4, la segnalazione di impatti (in termini di minacce/pressioni) utilizzerà le codifiche dell'art.17 della Direttiva Habitat

Dettagli operativi - FA

COMPONENTE ITTICA. Data la dimensione e complessità del corpo idrico oggetto di analisi, le due campagne di misura (per anno) sono condotte rispettivamente in fase di magra (in corrispondenza del periodo di massima criticità idrologica per il Po che corrisponde alla fase di attivazione delle opere di adeguamento delle condizioni di navigabilità oggetto di valutazione = fine agosto, prima metà di settembre) e in una successiva fase con portate assestate su valori medi per il periodo autunnale. Si ritiene di interesse focalizzarci su questi due momenti per ricostruire la struttura e la qualità della comunità ittica, acquisendo dati in due fasi temporali prossime (in modo da ridurre eventuali *bias* dovuti alla comparsa di eventi estremi tra le diverse fasi di campionamento di una medesima annualità, ad es., piene), evitando di interferire con i periodi riproduttivi di altre specie di interesse locale, così come degli uccelli acquatici o ecologicamente legati all'acqua.

In merito alla possibilità di acquisire delle repliche temporali della comunità ittica, vale la pena ricordare che per la redazione della "Carta ittica del fiume Po" gli approfondimenti conoscitivi sono stati condotti unicamente nella fase di magra e, che tale scelta, è stata ampiamente giustificata nei materiali e metodi dello studio. Nel presente caso, in accordo alle indicazioni emerse nel corso della condivisione della bozza di PMA, si è deciso di aggiungere al periodo di magra («il più favorevole per effettuare campionamenti nel tratto medio-basso del Po», cfr. Puzzi et al., 2009³²) un secondo periodo di analisi (periodo autunnale). I dati raccolti in autunno andranno valutati, pertanto, "con cautela" data la loro intrinseca elevata "sperimentalità".

In **Tabella 10** si riportano i parametri/Descrittori/Strumenti/Dati/Unità e Frequenza/periodo di misura suggeriti per il monitoraggio delle specie ittiche *target*.

Tabella 10 – Parametri/Descrittori/Strumenti/Dati/Unità e Frequenza/periodo di misura suggeriti per il monitoraggio delle specie ittiche di interesse comunitario (*target*) segnalate nel tratto di fiume Po oggetto di adeguamento idraulico.

Specie	Parametri	Descrittori	Strumenti/Dati/Unità di misura	Frequenza/periodo
<i>Acipenser naccarii</i>	Popolazione	Abbondanza	Imbarcazioni attrezzate per indagine dei grandi fiumi (cfr. normativa EN 1411:2003; protocollo APAT 2007)	Fase estiva/autunnale
	Qualità habitat	Assetto Idrogeomorfologico		
<i>Alosa fallax</i>	Popolazione	Abbondanza	Imbarcazioni attrezzate per indagine dei grandi fiumi (cfr. normativa EN 1411:2003; protocollo APAT 2007)	Fase estiva/autunnale
	Qualità habitat	Assetto Idrogeomorfologico		
<i>Barbus plebejus</i>	Popolazione	Abbondanza	Imbarcazioni attrezzate per indagine dei grandi fiumi (cfr. normativa EN 1411:2003; protocollo APAT 2007)	Fase estiva/autunnale
	Qualità habitat	Assetto Idrogeomorfologico		
<i>Chondrostoma soetta</i>	Popolazione	Abbondanza	Imbarcazioni attrezzate per indagine dei grandi fiumi (cfr. normativa EN 1411:2003; protocollo APAT 2007)	Fase estiva/autunnale
	Qualità habitat	Assetto Idrogeomorfologico		
<i>Sabanejewia larvata</i>	Popolazione	Abbondanza	Imbarcazioni attrezzate per indagine dei grandi fiumi (cfr. normativa EN 1411:2003; protocollo APAT 2007)	Fase estiva/autunnale
	Qualità habitat	Assetto Idrogeomorfologico		

³² Op. cit.; <https://www.adbpo.it/download/CartaItticaPo2009/autori.htm>

Il protocollo adottato (coerentemente con quanto attuato per la redazione della Carta ittica del fiume Po; cfr. [Piano generale di monitoraggio della fauna ittica del Po](#)) prevede l'uso di un'imbarcazione equipaggiata con la strumentazione idonea all'elettropesca (mediante l'ausilio di un elettro-storditore barellabile collegato a più cavi – catodi – per espandere l'effetto attrattivo, **elettropesca manovrata da barca**), con cui campionare – in modo non letale e con rilascio degli esemplari nei medesimi siti di cattura – un'area rappresentativa di fiume. L'impiego dell'elettrostorditore sarà integrato con l'utilizzo di **nasse e/o reti** da collocarsi in corrispondenza delle primate e/o dei segmenti fluviali "infrastrutturati" – che rappresentano mesohabitat "modello" rispetto a quanto sarà realizzato nel corso del progetto – nel caso in cui vi fossero le condizioni idrologiche per consentire l'uso di tali strumenti di indagine. In tal modo sarà possibile caratterizzare (mediante un approccio qualitativo) anche le comunità di profondità (sempre in accordo con quanto indicato nei materiali e metodi applicati per la redazione della Carta ittica del fiume Po). *Va – in ogni caso – rilevato che nella redazione della Carta ittica del fiume Po per la stazione di Sermide non è stato ritenuto di utilità/necessario ricorrere anche le reti per la caratterizzazione della comunità ittica locale.*

Quanto riportato sopra, si riferisce a metodiche oramai consolidate in letteratura – ampiamente utilizzate, per esempio, in centro Europa. Nel caso presente, per area rappresentativa si intende un tratto fluviale la cui estensione in senso longitudinale (monte-valle) sia proporzionale all'ampiezza dell'alveo (normativa EN 1411:2003; protocollo APAT 2007³³). I descrittori che saranno ricavati sono riportati in **Tabella 11**.

Tabella 11 – Criteri specifici dei Parametri da monitorare per la componente ittiofauna e specie di pesci target.

Comunità ittica/Specie	Descrittori	Metodi per GI	Frequenza/periodo
Popolazione	Ricchezza specifica, e presenza di gruppi di specie target (autoctone, esotiche, ad alta selettività ambientale)	Elettropesca da imbarcazione; nasse/reti	2 sessioni x anno (periodi di riferimento: magra tardo estiva + fase autunnale)
Specie*	n° di individui per specie; indice di abbondanza stimata; n° esemplari per classi di età; n° esemplari o+	Elettropesca da imbarcazione; nasse/reti	2 sessioni x anno (periodi di riferimento: magra tardo estiva + fase autunnale)

*con particolare riferimento alle specie target "Acipenser naccarii; Alosa fallax; Barbus plebejus; Chondrostoma soetta; Sabanejewia larvata".

A loro volta questi descrittori sono definiti da una serie di attributi e metriche, in sintesi:

- Abbondanza di ciascuna specie
 - n° di individui per specie;
 - indice di abbondanza stimata;
- Composizione specifica della comunità ittica
 - n° totale delle specie ittiche (R);
 - n° specie autoctone;
 - n° specie esotiche;
 - n° specie ad elevata selettività ambientale;
- Struttura demografica delle singole popolazioni
 - n° esemplari per classi di età;
 - n° esemplari o+

³³APAT, 2007 – Protocollo di campionamento e analisi della fauna ittica dei sistemi lotici. In: "Metodi Biologici per le Acque. Parte I". Manuali e Linee Guida APAT, Roma, pp. 31.

COMPONENTE ORNITICA. Per l'**AVIFAUNA**, il riferimento metodologico è il documento "Programma di monitoraggio scientifico della Rete Natura 2000 in Lombardia PARTE PRIMA: FAUNA". L'habitat target da sottoporre a monitoraggio sono gli **spazi aperti legati all'alveo attivo e alle forme di fondo periodicamente emergenti** (che sono gli habitat direttamente impattati dalle opere e dalla modifica dell'assetto idrologico durante le fasi di attivazione dei pennelli, le magre estive; ma che – come è logico aspettarsi – **non sono sempre accessibili**), al cui interno tutta la comunità ornitica sarà caratterizzata.

Al fine di poter valutare lo *status* di conservazione della comunità ornitica nelle aree di monitoraggio (nell'intorno del **GI3** e in **due aree** non direttamente interessate dai lavori: l'ampia area di deposito posta a monte di Bergantino + area di deposito posta di fronte al nucleo di Stienta; codice area: FA_xx_A2_ox; **Figure 9, 12-14**) si è deciso di riferirsi a metodiche classiche che prevedono la ricognizione delle specie presenti lungo transetti di riferimento (**identificati in modo da permettere la visuale sul corpo idrico fluviale**) – **la cui rappresentatività spaziale include un "buffer spaziale" di circa 200 m a cavallo della linea del transetto stesso** (± 100 m tutt'attorno alla linea di rilievo). Ciò permette di acquisire le informazioni relative alle specie di uccelli che frequentano (in fase **AO**) o che frequenteranno (in fase **PO**) gli habitat oggetto di monitoraggio (sponde fluviali, e le forme di fondo periodicamente emergenti) (**Figure 9-11**).

Come dettagliato nei documenti tecnici di presentazione delle opere di progetto (cui rimandiamo per i necessari approfondimenti), la loro realizzazione influenzerà, infatti, la dinamica locale dei sedimenti con la creazione di aree di deposito e zone umide temporanee. Ci possiamo quindi aspettare cambiamenti minimi di habitat (un ampliamento locale degli habitat tuttora presenti) che potrebbero, in ogni caso, attrarre specie di uccelli non presenti o che non utilizzano attualmente le aree prossime ai GI. Dato che tali effetti si concentreranno nel periodo estivo (di magra) il campionamento delle specie ornitiche sarà concentrato nel periodo primaverile (da **marzo** a **luglio**; 7 campagne) con una fase di controllo invernale (**dicembre-febbraio**, 4 campagne) + una campagna a **ottobre**.

Approfondimenti conoscitivi saranno poi condotti a seguito della verifica della presenza di specie di particolare interesse conservazionistico nel contesto ecologico di monitoraggio (sabbioni e isole fluviali), rappresentati dalla Sterna comune (*Sterna hirundo*) e dal Fraticello (*Sterna albifrons*). In presenza di individui di queste due specie si metteranno in atto le indicazioni metodologiche come predisposte nell'ambito del LIFE GESTIRE 2020. **Al termine della fase di analisi AO, sarà possibile stilare l'elenco delle specie target da sottoporre a monitoraggio in fase PO.** Anticipiamo che le specie osservate rientrano nella componente tipica (banalizzata) del contesto planiziale del fiume Po senza segnalazioni di particolare rilievo conservazionistico che imporrebbero approfondimenti specie-specifici. Peraltro, in loco non sono segnalati siti riproduttivi per le specie target di limicoli, data l'intrinseca elevata variabilità idrologica del tratto.

La raccolta dei dati di presenza si effettua, come già precedentemente introdotto, lungo transetti per permettere un'adeguata esplorazione delle aree da monitorare, con l'acquisizione delle informazioni relative alla presenza di tutte le specie di uccelli contattate (visivamente e al canto). I transetti identificati sono riportati nelle immagini che seguono (**Figure 9-11**), corredate da alcune considerazioni sulla loro significatività/rappresentatività raccolte nel corso della prima fase di monitoraggio **AO** (a partire da metà marzo 2024).

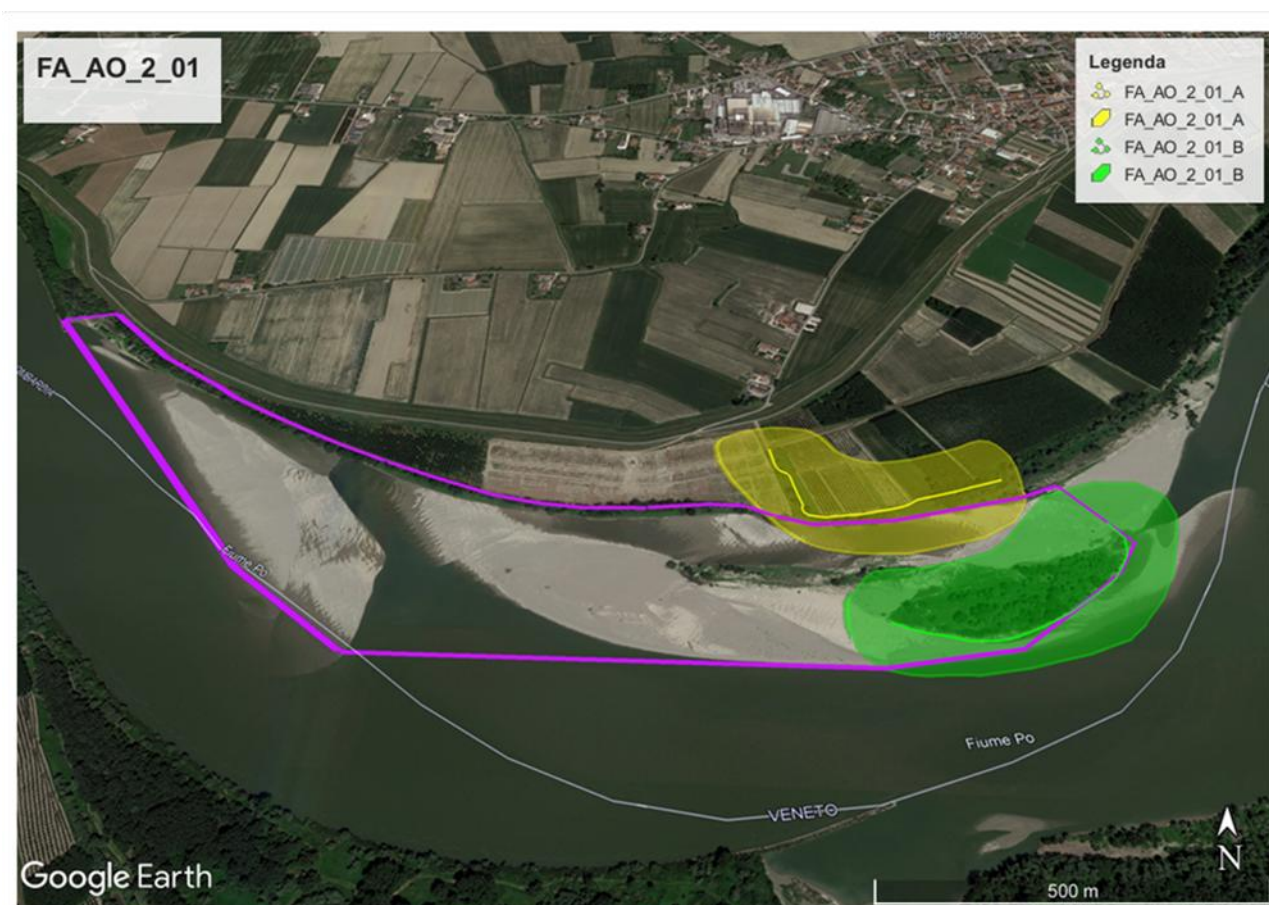


Figura 9 – Localizzazione dei transetti relativi all'area di Bergantino (i buffer riportati sono indicativi e utili a chiarire ai lettori l'area di interesse ai fini dell'analisi delle comunità di uccelli).

All'interno dell'area di Bergantino, il transetto di sponda (in giallo in **Figura 9**; FA_AO_2_01_A) è stato identificato in modo da intercettare la maggior parte delle tipologie di copertura del suolo presenti nella porzione terrestre dell'area di monitoraggio. Condizioni simili, anche se con minore variabilità, sono presenti anche nella porzione di monte dell'area di monitoraggio, dove però la sponda fluviale è percorribile con molta difficoltà e la visuale sul corso d'acqua è fortemente limitata. Per quanto riguarda il secondo transetto (relativo all'area di greto/alveo; **Figura 9**, FA_AO_2_01_B – evidenziato in verde), finalizzato al monitoraggio delle specie che frequentano le lenti di sabbia e le aree limitrofe a queste.

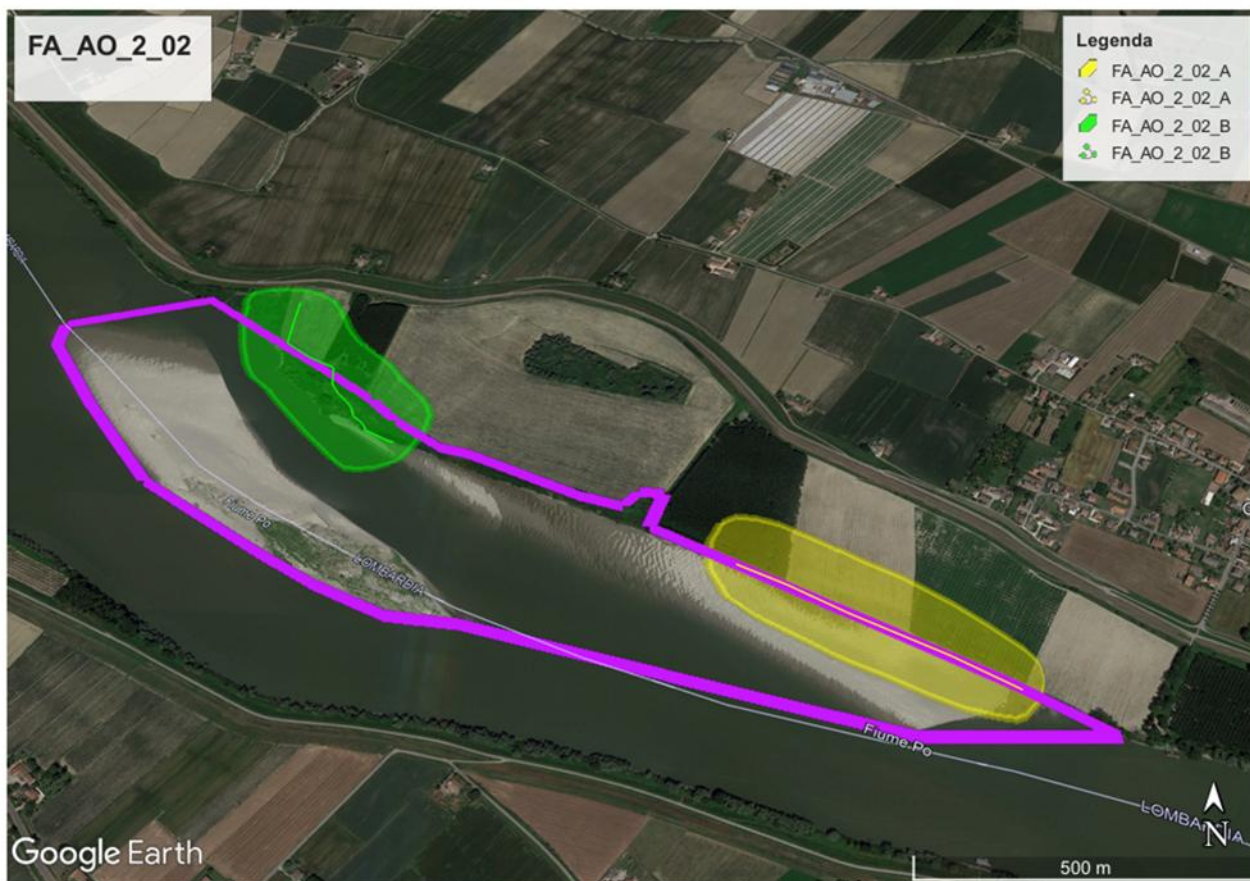


Figura 10 – Localizzazione dei transetti relativi all'area del GI3 (i buffer riportati sono indicativi e utili a chiarire ai lettori l'area di interesse ai fini dell'analisi delle comunità di uccelli).

Analogamente a quanto evidenziato per l'area di Bergantino, in corrispondenza dell'area di intervento **GI3** sono stati identificati 2 transetti. In giallo (FA_AO_2_01_A) è evidenziato il transetto relativo all'ambito alveale (Figura 10). Il secondo transetto, evidenziato in verde (FA_AO_2_01_B) si posiziona, invece, nella porzione di monte dell'area target, intercettando una buona variabilità di tipologie di uso del suolo e con l'ultimo tratto del transetto (quello più a sud) che si espone sul corso d'acqua e sulle spiagge più importanti dell'area. A tale riguardo, è stato possibile raccogliere informazioni relative anche alle specie associate all'isola fluviale (esposta a giugno 2024), caratterizzata da una buona presenza di volatili. Quella porzione di alveo non è però raggiungibile a piedi e lo sarà difficilmente anche con portate più contenute rispetto a quelle rilevate nel corso della tarda primavera – estate 2024, per questo motivo non è stato approntato uno specifico transetto in tale settore. Si intenderà, in ogni caso, acquisire segnalazioni sulla comunità ornitica presente mediante l'uso di binocolo e/o cannocchiale. Il 21 giugno 2024 è stato possibile identificare la presenza di numerosi gabbiani reali e una beccaccia di mare, in interazione trofica (alimentazione) con il luogo.

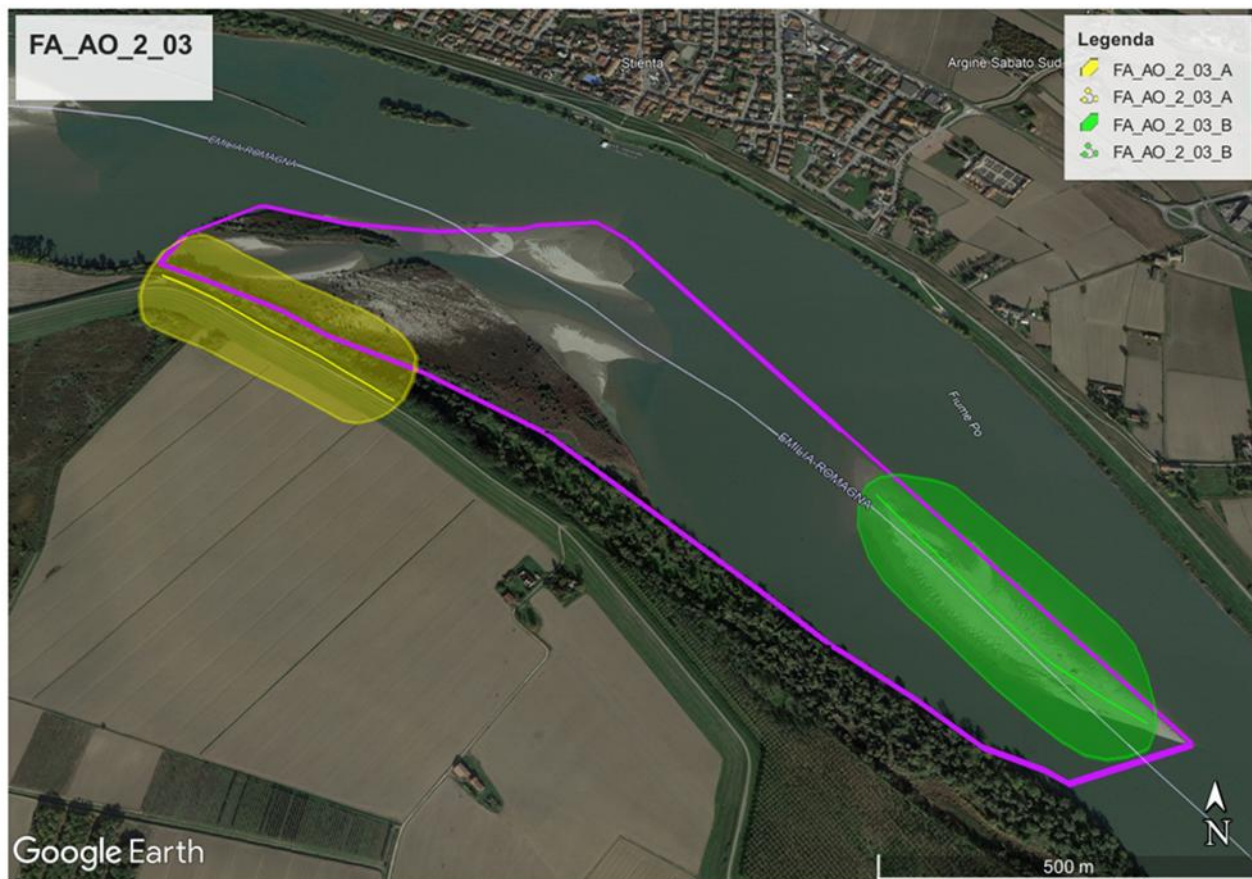


Figura 11 – Localizzazione dei transetti relativi all'area di monitoraggio presso Stienta (i buffer riportati sono indicativi e utili a chiarire ai lettori l'area di interesse ai fini dell'analisi delle comunità di uccelli).

Nel contesto dell'area da monitorare presso Stienta – si è deciso di identificare il transetto "terrestre" (evidenziato in giallo; FA_AO_2_03_A; **Figura 11**) nel segmento di monte dell'argine ove è possibile monitorare in modo efficace le specie che frequentano il mosaico ambientale di sponda. Per quanto riguarda, invece, l'ambito alveale si è deciso di identificare il transetto lungo l'isola di sabbia – che si può osservare in **Figura 11**, posta centralmente. Nella impossibilità di raggiungere la lente di sabbia/dei depositi e/o di percorrere il transetto in piena sicurezza si procederà al rilievo mediante l'ausilio di cannocchiali dalla sponda opposto (presso Stienta) – tale opzione sarà messa in opera solo a seguito dell'impossibilità di raggiungere il transetto da monitorare in condizioni idrologiche avverse al fine di mantenere nel tempo la raccolta dei dati. Riteniamo, infatti, che si più rilevante poter disporre di dati in continuo piuttosto che utilizzare sempre il medesimo metodo campionario viste le peculiarità ecologico-funzionali delle aree da monitorare. Nel corso dei campionamenti estivi della fase AO la fattibilità di tale opzione è stata ampiamente verificata.

Nel caso si identificassero delle colonie di sternidi, si procederà all'identificazione di almeno 3 punti di osservazione specifici per la conta delle coppie in nidificazione. In **Tabella 12** si riportano le informazioni di sintesi riferite a descrittori, metodi e frequenze (Ma, Ap, Mg, Gi, Lu, Di, Ge e Fe = marzo, aprile, maggio, giugno, luglio, ottobre, dicembre, gennaio e febbraio).

Tabella 12 – Criteri specifici dei Parametri da monitorare per la componente avifauna (sternidi, ardeidi e limicoli).

	Descrittori	Metodi per GI	Frequenza/periodo	Ma	Ap	Mg	Gi	Lu	Ot	Di	Ge	Fe
Popolazioni	Numerosità, densità N° colonie/coppie,	2 transetti (500 m) / punti specifici di osservazione	12 sessioni x anno	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Comunità	Ricchezza, Diversità, Equiripartizione	2 transetti (500 m)	Annuale (per periodo di indagine)	x	x	x	X	x	x	x	x	x

A livello di singola specie si ricaveranno informazioni relative al n° colonie/coppie/individui (sia totale che riferita alla superficie indagata, densità). A scala di intera comunità, i parametri ecologici che saranno indagati sono ricchezza specifica, diversità ed equiripartizione.

In sintesi:

- Numerosità (N): n° di individui/coppie;
- Densità (D): n° di individui/coppie/ha;
- Ricchezza (R): n° totale delle specie;
- Diversità (H): facendo riferimento all'indice di Shannon: $H = -\sum p_i \log_2 p_i$, dove p_i è la proporzione della i-esima specie (Shannon 1948³⁴);
- Equiripartizione (J): da ricavare da $J = H/H'_{max}$, dove $H'_{max} = \log_2 R$. L'equiripartizione manifesta l'omogeneità di distribuzione delle specie all'interno della comunità. Il valore di J varia da 0 (presenza di una sola specie) ad 1 (presenza di varie specie ugualmente distribuite), ovvero caratterizzate da uguali indici di abbondanza (Pielou 1966³⁵).

ERPETOFAUNA. Al fine di poter valutare lo *status* dell'**ERPETOFAUNA** presente nell'aree di indagine (GI₃ + le due aree non direttamente interessate dai lavori; FA_xx_A3_ox) si sono applicate le metodiche riportate in **Tabella 13** (dettagliate per le specie di interesse comunitario segnalate nel tratto di fiume Po oggetto di adeguamento idraulico) al fine di ottenere dati quantitativi e pertanto comparabili nel tempo e dati qualitativi in riferimento all'utilizzo degli habitat presenti. Tale scelta risulta efficace per due principali fattori: **1** Acquisizione di dati sia quantitativi sia qualitativi (monitoraggio delle **Popolazioni**); **2** Valutazione dell'ecologia e distribuzione delle specie nell'area di indagine (monitoraggio della **Qualità dell'habitat**).

³⁴ Shannon, C.E. (1948). A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27, 379–423.

³⁵ Pielou E.C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theor. Biol. 13: 131-144.

Tabella 13 – Parametri/Descrittori/Strumenti/Dati/Unità e Frequenza/periodo di misura suggeriti per il monitoraggio delle specie di anfibi e rettili di interesse comunitario segnalate nel tratto di fiume Po oggetto di adeguamento idraulico.

Specie	Parametri	Descrittori	Strumenti/Dati/Unità di misura	Frequenza/periodo
<i>Bufo viridis</i>	Popolazione	Numerosità popolazioni	3 transetti (100 m) per area	4 sessioni x anno (marzo/maggio)
	Qualità habitat	Specie competitive		
<i>Hyla intermedia</i>	Popolazione	Abbondanza	3 transetti (100 m) per area	4 sessioni x anno (marzo/maggio)
	Qualità habitat	Complessità mosaico ambientale		
<i>Pelophylax synkl. esculentus</i>	Popolazione	Numerosità	Conteggi, punti di ascolto	4 sessioni x anno (aprile-giugno)
	Qualità habitat	Idoneità dell'habitat		
<i>Rana dalmatina</i>	Popolazione	Abbondanza stimata (ovature)	3 transetti (100 m) per area	4 sessioni x anno (febbraio-marzo)
	Qualità habitat	Complessità mosaico ambientale		
<i>Rana latastei</i>	Popolazione	Abbondanza stimata (ovature)	3 transetti (100 m) per area	4 sessioni x anno (febbraio-marzo)
	Qualità habitat	Complessità mosaico ambientale/specie competitive		
<i>Triturus carnifex</i>	Popolazione	Abbondanza	Conteggi ripetuti	4 sessioni x anno (marzo-inizio aprile)
	Qualità habitat	Assenza di predatori/idroperiodo		
<i>Emys orbicularis</i>	Popolazione	Abbondanza	Conteggi ripetuti su aree note/transetti	4 sessioni x anno (marzo-maggio)
	Qualità habitat	Complessità mosaico ambientale/specie competitive		
<i>Natrix tessellata</i>	Popolazione	Abbondanza	2 transetti (500 m) per area (numero di contatti visivi)	4 sessioni x anno (aprile-giugno)
	Qualità habitat	Complessità mosaico ambientale		

Tali metodologie comprendono principalmente metodi di campionamento lungo transetti, da localizzarsi all'interno delle aree di azione. Il principale riferimento sarà la tecnica del censimento visivo delle specie su percorsi di lunghezza variabile attraverso il metodo dei transetti³⁶ o del *Visual Encounter Surveys* (VES)³⁷, come applicato nel monitoraggio della componente "Anfibi e Rettili" condotta nel periodo 2017-2018 in Regione Lombardia nell'ambito del progetto LIFE GESTIRE2020, integrato con l'uso del guadino (si veda cap. 6 – *Metodi di monitoraggio* del Report Anfibi_Rettili_2017-2018)³⁸.

³⁶ Si esegue un percorso lineare di lunghezza definita e vengono contati gli individui presenti a destra e sinistra del percorso. La distanza tra un transetto e l'altro deve essere fissa e non deve essere inferiore a 5 metri (da Linee Guida PMA VIA).

³⁷ Consiste nel percorrere un'area a piedi, secondo una tempistica stabilita, ed annotare le specie e gli individui osservati durante il percorso. A differenza del transetto di campionamento questo metodo può essere applicato intorno ad una pozza e lungo un percorso a reticolo ed è generalmente utilizzato per monitorare superfici molto ampie.

³⁸ Accessibile qui: https://naturachevale.it/wp-content/uploads/2020/09/D3_Report_Anfibi_Rettili_2017-2018_compressed.pdf

I **MA** sono rivolti ad indagare le specie *target*: *Bufo viridis*, *Emys orbicularis*, *Hyla intermedia*, *Pelophylax synkl. esculentus*, *Rana dalmatina*, *Rana latastei* e *Triturus carnifex*³⁹, specie indicate dai formulari standard e dalla griglia 10x10 km per il tratto di Po interessato dai lavori, con le metodiche e frequenze riportate in **Tabella 14** (Fe, Ma, Ag, Mg, Gi = febbraio, marzo, aprile, maggio, giugno; Diu e Not = diurno e notturno).

Tabella 14 – Criteri specifici dei Parametri da monitorare per l'erpeto fauna.

Specie	Descrittori	Metodi per GI	Frequenza	Fe	Ma	Ap	Mg	Gi	Diu	Not
<i>Bufo viridis</i>	Abbondanza	3 transetto (100 m)	4 sessioni x anno		x	x	x		x	x
<i>Hyla intermedia</i>	Abbondanza	3 transetti (100 m)	4 sessioni x anno		x	x	x		x	x
<i>Pelophylax synkl. esculentus</i>	Abbondanza	Conteggi, punti di ascolto	4 sessioni x anno			x	x	x	x	
<i>Rana dalmatina</i>	Abbondanza	3 transetti (100 m)	4 sessioni x anno	x	x				x	
<i>Rana latastei</i>	Abbondanza	3 transetti (100 m)	4 sessioni x anno	x	x				x	
<i>Triturus carnifex</i>	Abbondanza	Conteggi ripetuti	4 sessioni x anno	x	x				x	
<i>Emys orbicularis</i>	Abbondanza	Conteggi ripetuti su aree note/transetti	4 sessioni x anno		x	x	x		x	
<i>Natrix tessellata</i>	Abbondanza	2 transetti (500 m)	4 sessioni x anno			x	x	x	x	

A livello di singola specie si ricaveranno informazioni relative all'abbondanza, intesa come (n° di individui il cui *home range* interseca il transetto), confrontabili nel tempo, tramite conteggi ripetuti lungo transetti (per es. osservazioni di animali attivi o osservati sotto rifugi artificiali, conteggi di maschi cantori, conteggi di ovature). Si valuterà l'applicabilità al caso studio di modelli *N-mixture*⁴⁰ da cui ottenere stime di abbondanza per specie ad alta contattabilità (*detectability*).

CARABIDOFAUNA. La caratterizzazione dei **COLEOTTERI CARABIDI** è stata effettuata mediante: i) ricerca a vista (per periodi standardizzati, 60 minuti per area target; FA_xx_A4_ox); ii) l'utilizzo di trappole a caduta (*pitfall-trap*) innescate con aceto, applicando metodologie già sperimentate in occasione di ricerche condotte nei contesti del Delta del Po e del ferrarese, integrate (iii) con l'impiego di trappole luminose a caduta (*light pitfall-trap*) (Fabbri & Corazza, 2009⁴¹), a seconda del contesto di studio.

Le metodiche impiegate risultano già ampiamente testate e verificate in contesti territoriali simili all'area di interesse, in alcuni casi nei medesi siti di monitoraggio quali il Bosco di Porporana. La selettività delle trappole risulta, pertanto, di per sé adeguata alla componente *target* (come da Protocollo APAT 2005⁴², cui fanno riferimento i lavori sopraccitati). Occasionalmente tali trappole possono catturare specie di "non carabidi" (es., ragni, altri coleotteri, micromammiferi, anfibi). Per evitare di catturare micromammiferi e piccoli anfibi saranno aggiunte delle retine al di sopra dell'imboccatura delle trappole. Si rileva, in ogni caso, che la frequenza nel controllo non può evitare le occasionali catture di *taxa* di "non carabidi".

³⁹ Recenti monitoraggi che hanno interessato il tratto lombardo del fiume Po (riferiti al 2017-2018) indicano la probabile presenza di tutte le specie in tabella nel tratto di fiume in esame ad esclusione di *E. orbicularis* e *N. tessellata*. Tra questi *taxa*, le specie di maggior interesse sono: *E. orbicularis*, *R. latastei* e *T. carnifex* – le uniche di Allegato II (qui riportate in grassetto).

⁴⁰ Royle, J. A., 2004. N-mixture models for estimating population size from spatially replicated counts. *Biometrics*, 60: 108-115.

⁴¹ Fabbri, R., & Corazza, C., 2009. I Carabidi del sito Natura 2000 "Po da Stellata a Mesola e Cavo Napoleonico (IT4060016): da Pontelagoscuro al Bosco di Porporana (Ferrara, Emilia-Romagna) (Coleoptera Carabidae). Quaderni della Stazione di Ecologia del Civico Museo di Storia Naturale di Ferrara, 19: 81-106.

⁴² Accessibile qui: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/i-coleotteri-carabidi-per-la-valutazione>

Complessivamente sono state utilizzate 10 *pitfall-trap* per ogni area di studio – collocate a transetto trasversalmente all'alveo, lasciate attive di continuo e con rinnovo mensile) – e 6 *light pitfall-trap* collocate negli arenili/riva e arginature per n. 3 notti non consecutive tra giugno (Gi) e agosto (Ag) (**Tabella 15**; Ap, Mg, Gi, Lu, Se, Ot = aprile, maggio, giugno, luglio, settembre e ottobre). Il contenuto delle trappole è stato poi recuperato e le stesse sostituite con cadenze diverse nell'arco del periodo di monitoraggio, in relazione con la maggiore o minore attività degli insetti. Si rimanda all'**Allegato 1** per le prime risultanze ottenute nel corso del monitoraggio **pre-AO**.

Tabella 15 – Criteri specifici dei Parametri da monitorare per la componente dei coleotteri carabidi.

	Descrittori	Metodi per GI	Frequenza/periodo	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	Se	Ot
Popolazioni	Numerosità, Densità	Ricerca a vista / <i>pitfall-trap</i> / <i>light pitfall-trap</i>	8 sessioni x anno (3 sessioni x anno x <i>light pitfall-trap</i>)	x	x	x	x	x	x	x
Comunità	Ricchezza, Diversità, Equiripartizione	Ricerca a vista / <i>pitfall-trap</i> / <i>light pitfall-trap</i>	Annuale (per periodo di indagine)	x	x	x	x	x	x	x

A livello di singola specie sono stati ricavate informazioni relative al n° individui (sia totale che riferita alla superficie indagata, densità). A scala di intera comunità, i parametri ecologici indagati sono: ricchezza specifica, diversità ed equiripartizione.

In sintesi:

- Numerosità (N): n° di individui;
- Densità di attività (DA): [n° di individui/riferita allo sforzo di campionamento (n. trappole x numero giorni di permanenza) x 10;
- Ricchezza (R): n° di specie;
- Diversità (H): facendo riferimento all'indice di Shannon: $H = -\sum p_i \log_2 p_i$, dove p_i è la proporzione della i-esima specie;
- Equiripartizione (J): da ricavare da $J = H/H' \max$, dove $H' \max = \log_2 R$. L'equiripartizione manifesta l'omogeneità di distribuzione delle specie all'interno della comunità. Il valore di J varia da 0 (presenza di una sola specie) ad 1 (presenza di varie specie ugualmente distribuite), ovvero caratterizzate da uguali indici di abbondanza).

LEPIDOTTERI DIURNI. Il monitoraggio degli individui adulti di **LEPIDOTTERI ROPALOCERI DIURNI** è stato effettuato mediante transetti (metodo standard di Pollard), standardizzati per tempo (40 minuti per ciascun transetto, per ciascuna area target; FA_xx_A5_ox) – analogamente a quanto già applicato o in corso di applicazione in programmi di monitoraggio di questa componente ecosistemica lungo il fiume Po (ad es., nell'ambito del progetto "Analisi degli effetti ecologici sulla Lanca di retro-pennello di Gussola a seguito dell'intervento di abbassamento dei pennelli di navigazione del fiume Po in località Isola Maria Luigia") (**Tabella 16**; Ap, Mg, Gi, Lu, Se, Ot = aprile, maggio, giugno, luglio, settembre e ottobre).

Tabella 16 – Criteri specifici dei Parametri da monitorare per la componente dei lepidotteri diurni.

	Descrittori	Metodi per GI	Frequenza/periodo	Ap	Mg	Gi	Lu	Se	Ot
Popolazioni	Numerosità, Densità	2 transetti (300/500 m) / punti specifici di osservazione	5 sessioni x anno	x	x	x	x	x	X
Comunità	Ricchezza, Diversità, Equiripartizione	2 transetti (300/500 m)	Annuale (per periodo di indagine)	x	x	x	x	x	X

A livello di singola specie sono state ricavate informazioni relative al n° individui (sia totale che riferita alla superficie indagata, densità). A scala di intera comunità, i parametri ecologici indagati: sono ricchezza specifica, diversità ed equiripartizione.

In sintesi:

- Numerosità (N): n° di individui;
- Densità (D): n° di individui/riferita allo sforzo di campionamento;
- Ricchezza (R): n° di specie;
- Diversità (H): facendo riferimento all'indice di Shannon: $H = -\sum p_i \log_2 p_i$, dove p_i è la proporzione della i-esima specie;
- Equiripartizione (J): da ricavare da $J = H/H'_{max}$, dove $H'_{max} = \log_2 R$. L'equiripartizione manifesta l'omogeneità di distribuzione delle specie all'interno della comunità. Il valore di J varia da 0 (presenza di una sola specie) ad 1 (presenza di varie specie ugualmente distribuite), ovvero caratterizzate da uguali indici di abbondanza).

TERIOFAUNA. Quello dei mammiferi è uno dei gruppi tassonomici meglio rappresentato da specie con una capacità dispersiva elevata. Proprio per questo motivo, la **MESOTERIOFAUNA** è utilizzata per caratterizzare la composizione delle cenosi presenti nelle aree di monitoraggio [nell'intorno del **GI3** e in **due aree** non direttamente interessate dai lavori: **Golena di Bergantino (controllo)** + **Bosco di Porporana (recettore indiretto)**; FA_xx_A6_ox] e per valutare il ruolo delle suddette aree in termini di contributo dato al mantenimento della connessione ecologica lungo il tratto di fiume Po oggetto degli interventi. Oltre ai mammiferi di medie dimensioni, sono stati oggetto di studio anche i piccoli mammiferi. Vengono considerati tali tutti i mammiferi di dimensioni ridotte appartenenti agli ordini dei Roditori, Soricomorfi, Erinaceomorfi e Lagomorfi (Amori et al., 2008⁴³). La presenza di determinate specie di piccoli mammiferi in aree naturali indica, infatti, un buono stato di conservazione delle stesse sia per il loro fondamentale ruolo all'interno delle catene trofiche sia per la loro elevata sensibilità alla frammentazione degli habitat, come nel caso di molti Soricomorfi e di alcuni Gliridi (Contoli, 1986⁴⁴; Imperio et al., 2007⁴⁵).

Per avere un quadro conoscitivo esaustivo della comunità di mammiferi di media taglia presenti si è applicata la metodologia del fototrappolaggio. L'uso di *camera trap* è ormai ampiamente adoperato per verificare la presenza di specie criptiche in determinati ambienti oppure per stimare la densità di

⁴³ Amori G., Contoli L. & Nappi A., 2008. Mammalia II. Erinaceomorpha, Soricomorpha, Lagomorpha, Rodentia. Fauna d'Italia vol. XLIV. Edizioni Calderini de Il Sole 24 ore Edagricole, Bologna.

⁴⁴ Contoli L., 1986. Sistemi trofici e corologia: dati su Soricidae, Talpidae e Arvicolidae d'Italia predati da *Tyto alba*. *Hystrix* 1: 95-118.

⁴⁵ Imperio S., Panchetti F., Cecere J. G. & Maurizi E., 2007. I Mammiferi: Insettivori, Lagomorfi e Roditori. Quaderni dell'Oasi di Castel di Guido vol. 4. LIPU.

popolazione, limitando al minimo il disturbo degli animali (Heilbrun et al., 2006⁴⁶). Per quanto riguarda la comunità di piccoli mammiferi, essa è stata indagata tramite il trappolamento "a vivo". L'utilizzo di *live trap* è, infatti, affermato e largamente impiegato per studi di carattere ecologico (Flowerdew et al., 2004⁴⁷) ([Tabella 17](#)).

Al fine di poter valutare lo *status* di conservazione della comunità teriologica sono state installate fototrappole nelle aree di monitoraggio (una per area; codifica FA_xx_A6_ft_ox) e sono stati predisposti transetti per il trappolaggio a vivo (uno per area; codifica FA_xx_A6_tv_ox). Ogni transetto è composto ciascuno da cinque trappole "modello Sherman". Il numero di transetti per area è stato stabilito a seguito di un sopralluogo (da verificare la loro numerosità in [Allegato 1](#)). Il campionamento delle specie è stato concentrato nelle stagioni tardo primaverile ed estiva; tali periodi sono caratterizzati da un'elevata attività da parte della microteriofauna. Inoltre, è stato possibile verificare (nel medesimo periodo) l'eventuale riproduzione, l'utilizzo delle aree per la ricerca di risorse trofiche e gli eventuali movimenti dispersivi (principalmente dei giovani) da parte della MESOTERIOFAUNA. Particolare attenzione sarà rivolta verso le specie inserite negli Allegati II e IV della Direttiva 92/43/CEE "Habitat". Maggiori dettagli di tipo operativo sono illustrati in [Allegato 1](#) – ove si riportano gli esiti del monitoraggio pre-AO.

Tabella 17 – Criteri specifici dei Parametri da monitorare per la componente della mesoteriofauna.

	Descrittori	Metodi per GI	Frequenza/periodo	Ap	Mg	Gi	Lu	Ag	Se	Ot
Popolazioni	Numerosità, Densità	Fototrappolaggio / <i>Live Traps</i> (modello Sherman)	6 sessioni x anno	x	x	x	x	x	x	x
Comunità	Ricchezza, Diversità, Equiripartizione	Fototrappolaggio / <i>Live Traps</i> (modello Sherman)	Annuale (per periodo di indagine)	x	x	x	x	x	x	x

A partire dal 2024, a differenza di quanto indicato nel [PMA](#), si è deciso di aggiungere una campagna di rilevamenti anche nel mese di ottobre data la scarsissima mobilità delle specie osservata ad agosto. A livello di singola specie sono state raccolte informazioni relative al n° individui (sia totale che riferita alla superficie indagata, densità). A scala di intera comunità, i parametri ecologici indagati sono: ricchezza specifica, diversità ed equiripartizione.

In sintesi:

- Numerosità (N): n° di individui;
- Densità (D): n° di individui/riferita allo sforzo di campionamento;
- Ricchezza (R): n° di specie;
- Indice di Livello Trofico: Insettivori (Soricomorfi + Erinaceomorfi)/Roditori
- Diversità (H): facendo riferimento all'indice di Shannon: $H = -\sum p_i \log_2 p_i$, dove p_i è la proporzione della i-esima specie;
- Equiripartizione (J): da ricavare da $J = H/H'_{max}$, dove $H'_{max} = \log_2 R$. L'equiripartizione manifesta l'omogeneità di distribuzione delle specie all'interno della comunità. Il valore di J varia da 0 (presenza di una

⁴⁶ Heilbrun, R. D., Silvy, N. J., Peterson, M. J. e Tewes M. E. 2006. Estimating bobcat abundance using automatically triggered cameras. *Wildlife Society Bulletin* 34: 69-73.

⁴⁷ Flowerdew J. R., Shore R. F., Poulton S. M. C. & Sparks T. H., 2004. Live trapping to monitor small mammals in Britain. *Mammal Review* 34: 31-50.

sola specie) ad 1 (presenza di varie specie ugualmente distribuite), ovvero caratterizzate da uguali indici di abbondanza).

Gli individui catturati mediante le trappole “modello Sherman” sono stati caratterizzati in termini biometrici – raccogliendo informazioni relative al “peso (g), alla distanza testa-corpo (mm), alla lunghezza della coda (mm) e del piede posteriore (mm)”. Tali misurazioni (inserite nella scheda di campo, cfr. [Allegato 2](#)), sono raccolte solamente nel caso in cui gli esemplari catturati non siano evidentemente stressati (per evitare eventuali decessi).

CHIROTTEROFAUNA. I CHIROTTERI sono stati rilevati mediante: i) rilevi bioacustici e ii) ricerca attiva di rifugi. La prima metodologia si riferisce al monitoraggio dei Chiroteri in attività, effettuato mediante indagini bioacustiche da postazione fissa. Durante l'attività di campo sono state rilevate le emissioni ultrasoniche dei pipistrelli in volo e in caccia tramite l'utilizzo di dispositivi “bat-detector”. Le emissioni sono state registrate per una successiva analisi per l'identificazione delle specie o gruppi di specie di appartenenza degli individui contattati. I rilievi sono stati effettuati nel corso delle prime ore della notte e hanno durata di 30 minuti (15 min x 2 postazioni di rilevamento per area) per ciascuna area di monitoraggio [codifica stazione rilievo bioacustico: FA_xx_A7_rb_ox; **G13** + 2 aree non direttamente interessate dai lavori, Golena di Bergantino (controllo) + Bosco di Porporana (recettore indiretto)]. I rilevamenti sono stati ripetuti cinque volte nelle medesime postazioni, con cadenza mensile, da maggio a settembre inclusi. Per quanto riguarda, invece, la “ricerca di rifugi” utilizzati dai Chiroteri, questa è stata condotta in un intorno di 3 km dalle aree interessate dagli interventi previsti per il progetto (3 GI + le 2 aree non direttamente interessate dai lavori; codifica stazione rilievo rifugi: FA_xx_A7_rr_ox). L'indagine ha previsto una disamina di dati e fonti bibliografiche disponibili in merito a colonie note. Successivamente, in base anche agli esiti delle indagini bibliografiche, sono stati svolti rilievi sul campo per ispezionare siti potenzialmente idonei all'occupazione, costituiti da cavità naturali e strutture artificiali quali ponti, casolari e edifici storici. Le indagini sono state svolte per un totale di cinque giornate, ripartite nel corso dei cinque mesi di svolgimento dei monitoraggi bioacustici ([Tabella 18](#)). Maggiori dettagli di tipo operativo sono illustrati in [Allegato 1](#) – ove si riportano gli esiti del monitoraggio pre-AO.

I monitoraggi della CHIROTTEROFAUNA sono finalizzati ad ampliare il livello delle conoscenze ecologiche sul tratto di fiume oggetto di interesse, come indicato dalla [Condizione ambientale n. 5](#) (“risolvere i gap conoscitivi alla scala ampia, di corpo idrico o di segmento fluviale omogeneo”). Tali informazioni, integrate nel tempo, permetteranno di derivare indicazioni sullo stato di conservazione e sulla funzionalità dell'interno tratto fluviale, permettendo di superare le limitazioni indotte da indagini eccessivamente sito-specifiche. A tale scopo, e con particolare riferimento alla componente a chiroteri, è opportuno raccogliere dati sia mediante rilievi bioacustici che mediante “conteggi alle colonie”. Infatti, i rilievi bioacustici forniscono indici di abbondanza relativa utili a valutare l'utilizzo del territorio da parte dei pipistrelli in attività trofica o in fase di spostamento, mentre i “conteggi alle colonie”, quando possibili, forniscono informazioni quantitative sulla consistenza delle popolazioni locali.

Quanto agli strumenti utilizzati, il ricorso a dispositivi Wildlife Acoustics Echo Meter Touch 2 ed Echo Meter Touch 2 Pro garantiscono ottimi risultati per quel che riguarda la registrazione di emissioni, e sono inclusi tra i migliori *bat detector* portatili disponibili sul mercato. Una rapida ricerca bibliografica in *Google Scholar*

(https://scholar.google.com/scholar?hl=it&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2021&q=Echo+meter+touch+2&btnG=) permette di verificare l'ampio uso di questi dispositivi per la raccolta di dati utilizzati in ambito di pubblicazioni scientifiche e relazioni tecniche specialistiche.

Andando ad analizzare le differenze tecniche tra i due modelli di Echo Meter Touch (EMT) attualmente in commercio (2 e 2 Pro), possiamo evidenziare:

1. EMT 2 registra file WAV a 256 kHz, mentre EMT 2 Pro consente di registrare file WAV a 256 o 384 kHz;
2. EMT 2 consente di registrare ultrasuoni fino a 120 kHz, mentre EMT 2 Pro consente di registrare ultrasuoni fino a 192 kHz
3. EMT 2 non ha possibilità di regolazione del *gain*, mentre EMT 2 Pro consente di regolarlo su tre livelli;
4. I microfoni dei due dispositivi hanno una risposta leggermente differente in funzione delle frequenze di suoni registrate.

Per quel che riguarda le diverse frequenze di campionamento digitale e il *range* di frequenze di emissioni acustiche registrabili, le specifiche di EMT 2 sono perfettamente idonee alla registrazione di emissioni di Chiroteri europei, poiché nessuna specie nel continente europeo emette ultrasuoni a frequenze superiori a 120 kHz. Un campionamento digitale a frequenza superiore a 256 kHz non apporta differenze apprezzabili in fase di analisi per impulsi ultrasonici di frequenza inclusa entro i 120 kHz. Nell'uso comune, la possibilità di regolazione del *gain* non influisce in maniera sensibile sulle registrazioni per quel che riguarda le fasi di analisi, potendo gestire il parametro anche in fase di post-produzione a lato software (opzione possibile in Kaleidoscope Pro). La possibilità di gestire il livello di *gain* in fase di acquisizione (solo su EMT 2 Pro) è utile in contesti specifici con determinate condizioni ambientali e in lavori con obiettivi particolari (per esempio raccolta dati di singole specie o in contesti ambientali definiti); di contro, nell'ambito di monitoraggi standardizzati che mirano alla raccolta di dati su tutte le specie presenti in contesti ambientali differenti, dove sono presenti anche fonti di disturbo (per esempio rumori derivanti da attività antropiche o emissioni di Ortoteri), si preferisce effettuare registrazioni sempre con le stesse impostazioni per evitare di introdurre variabili aggiuntive nei dati raccolti.

Per quel che riguarda le prestazioni dei microfoni dei due dispositivi EMT 2 e EMT 2 Pro, non ci sono particolari differenze di risposta fino a frequenze di emissione di 60 kHz. Su frequenze superiori, il microfono di EMT 2 Pro ha una risposta migliore. All'atto pratico, questa differenza tecnica influisce poco sulla maggior parte dei monitoraggi, visto che le uniche specie europee con frequenza di emissione superiore ai 60 kHz appartengono esclusivamente al genere *Rhinolophus*. Queste specie sono poco diffuse e generalmente poco rilevabili mediante *bat detector* a causa dell'ecologia e del tipo di emissioni.

Sulla base della nostra esperienza, i risultati delle indagini sono influenzati molto di più dalle condizioni in cui vengono eseguiti i rilievi (disturbo ambientale, rilievi da postazione fissa o in movimento, condizioni meteorologiche) e dalla cura con cui vengono svolte le analisi delle registrazioni (attenzione e esperienza dell'operatore nella verifica di tutte le determinazioni effettuate dai *software* di analisi e nel recupero di impulsi non riconosciuti dai *software*) piuttosto che dal fatto di utilizzare un dispositivo EMT 2 o EMT 2 Pro.

Tabella 18 – Criteri specifici dei Parametri da monitorare per la componente a Chiroterri.

	Descrittori	Metodi per GI	Frequenza/periodo	Ma	Gi	Lu	Ag	Se
Popolazioni	Numerosità, Densità	Indagini bioacustiche (sessioni 30 min)	5 sessioni x anno	x	x	x	x	x
Comunità	Ricchezza, Diversità, Equiripartizione	Indagini bioacustiche (sessioni 30 min)	Annuale (per periodo di indagine)	x	x	x	x	x
Rifugi	Numerosità	Ricerca attiva rifugi	5 sessioni x anno	x	x	x	x	x

A livello di singola specie sono stati ricavate informazioni relative al n° individui (sia totale che riferita alla superficie indagata/sforzo di campionamento, densità). A scala di intera comunità, i parametri ecologici indagati sono: ricchezza specifica, diversità ed equiripartizione.

In sintesi:

- Numerosità (N): n° di individui, n° di rifugi;
- Densità (D): n° di individui/riferita allo sforzo di campionamento;
- Ricchezza (R): n° di specie;
- Diversità (H): facendo riferimento all'indice di Shannon: $H = -\sum p_i \log_2 p_i$, dove p_i è la proporzione della i-esima specie;
- Equiripartizione (J): da ricavare da $J = H/H' \max$, dove $H' \max = \log_2 R$. L'equiripartizione manifesta l'omogeneità di distribuzione delle specie all'interno della comunità. Il valore di J varia da 0 (presenza di una sola specie) ad 1 (presenza di varie specie ugualmente distribuite), ovvero caratterizzate da uguali indici di abbondanza).

Sintesi dei monitoraggi per la componente FA

In particolare, con riferito agli specifici ambiti di indagine della **componente FA** considerati (**Tabella 19**), la metodologia di riferimento è quella ISPRA/LIFE GESTIRE2020 e i **criteri generali** sono riconducibili a due tipologie: quelli relativi alle popolazioni (FA-A), comunità (FA-B) e alla qualità degli habitat (FA-C).

Tabella 19 – Criteri generali dei Parametri da monitorare per la componente FA.

Parametri	Unità misura	Valori limite	Range naturale [†]	Valori soglia	Metodi analitici/controllo
A. Popolazione di specie					
A1-ittiofauna					
A1-1. n° di individui per specie	n° individui per specie	na	na	na	Piano generale di Monitoraggio Pesci Po
A1-2. indice di abbondanza stimata	Classi (1-5)	na	na	na	Piano generale di Monitoraggio Pesci Po
A2-avifauna					
A2-1. numerosità (N)	n° individui/coppie	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
A2-2. densità (D)	n° individui/coppie/ha	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
A3-erpetofauna					
A3-1. abbondanza	n° individui, n° ovature				Manuali e Linee Guida 141/16
A4-coleotteri carabidi					
A4-1. numerosità (N)	n° individui	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
A4-2. densità di attività (DA)	[n° di individui/riferita allo sforzo di campionamento (n. trappole x numero giorni di permanenza) x 10;	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
A5-lepidotteri diurni					

Parametri	Unità misura	Valori limite	Range naturale [†]	Valori soglia	Metodi analitici/controllo
A5-1. numerosità (N)	n° individui	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
A5-2. densità (D)	n° individui/sforzo di campionamento	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
A6-teriofauna					
A6-1. numerosità (N)	n° individui	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
A6-2. densità (D)	n° individui/sforzo di campionamento	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
A7-chiroterofauna					
A7-1. numerosità (N)	n° individui/n° rifugi	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
A7-2. densità (D)	n° individui/sforzo di campionamento	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B. Comunità					
B1-ittiofauna					
B1-1. n° totale delle specie ittiche	n° specie	na	na	na	Piano generale di Monitoraggio Pesci Po
B1-2. n° specie autoctone	n° specie	na	na	na	Piano generale di Monitoraggio Pesci Po
B1-3. n° specie esotiche	n° specie	na	na	na	Piano generale di Monitoraggio Pesci Po
B1-4. n° specie ad elevata selettività ambientale	n° specie	na	na	na	Piano generale di Monitoraggio Pesci Po
B1-5. n° esemplari per classi di età	n° individui	na	na	na	Piano generale di Monitoraggio Pesci Po
B1-6. n° esemplari o+	n° individui	na	na	na	Piano generale di Monitoraggio Pesci Po
B2-avifauna					
B2-1. ricchezza (R)	n° specie	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B2-2. diversità Shannon (H)		na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B2-3. equiripartizione (J)	0-1	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B4-coleotteri carabidi					
B4-1. ricchezza (R)	n° specie	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B4-2. diversità Shannon (H)		na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B4-3. equiripartizione (J)	0-1	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B5-lepidotteri diurni					
B5-1. ricchezza (R)	n° specie	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B5-2. diversità Shannon (H)		na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B5-3. equiripartizione (J)	0-1	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B6-teriofauna					
B6-1. ricchezza (R)	n° specie	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B6-2. indice di livello trofico	(soricomorfi+erinaceomorfi)/roditori				
B6-3. diversità Shannon (H)		na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B6-4. equiripartizione (J)	0-1	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B7-chiroterofauna					
B7-1. ricchezza (R)	n° specie	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B7-2. diversità Shannon (H)		na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
B7-3. equiripartizione (J)	0-1	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
C. Qualità habitat*					Manuali e Linee Guida 141/16; report LIFE GESTIRE2020
C1-1. presenza vegetazione aquatica/palustre	p/a	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
C1-2. presenza siti di riproduzione	p/a	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
C1-3. presenza specie competitrici alloctone	p/a	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16
C1-4. presenza impatti antropici diretti	p/a	na	na	na	Manuali e Linee Guida 141/16; art.17 DH

[†] naturale, nel senso misurato in natura, ma come già esplicitato nel testo, il tratto di fiume Po in analisi non ha condizioni chimico-fisiche "naturali"; na = non applicabile; * da valutare per tutte le componenti faunistiche in analisi; p/a = presenza/assenza

Per quanto riguarda la formalizzazione delle schede di monitoraggio, esse fanno riferimento a quanto definito dalle Linee Guida PMA VIA e dai documenti precedentemente citati ed elaborati nell'ambito del progetto LIFE GESTIRE2020. In **Allegato 2** si riportano le schede predisposte per il presente monitoraggio.

Per quanto riguarda, invece, le **metodologie di controllo dell'affidabilità dei dati**, la validazione dei dati sarà effettuata mediante comparazione con la serie storica di dati eventualmente disponibili per il corpo idrico in esame (ad es., rilievi pregressi della fauna).

I dati saranno elaborati in accordo alla letteratura scientifica di settore (**criteri di elaborazione**), mentre il tema delle **anomalie** non è "univocamente applicabile" al contesto della presente componente ambientale (la totalità dei parametri che saranno quantificati non presente valori limite e/o soglia e un *range* naturale nel contesto di analisi). *A tale riguardo, in assenza di limiti di legge applicabili ai parametri selezionati, si procederà – nel corso dei monitoraggi AO – all'analisi e sistematizzazione dei riferimenti assimilabili e/o alla letteratura scientifica disponibile sul tema. Tali informazioni saranno poi implementate al fine di proporre limiti/soglie per la successiva valutazione dei dati di monitoraggio.*

Particolare attenzione sarà comunque rivolta alla valutazione del ruolo delle specie indicatrici di disturbo e delle pressioni antropiche (da rilevare nell'ambito della valutazione del parametro "*Qualità dell'habitat*") nello strutturare e indirizzare le dinamiche evolutive delle popolazioni delle specie target.

VALORI SOGLIA - FA

Nel caso specifico della componente **FA**, i dati acquisti indicano la presenza nell'area di studio di popolazioni estremamente semplificate e/o banali e, in generale, difficilmente analizzabili. Ciò è particolarmente vero per le comunità terrestri – viste le difficoltà intrinseche sperimentate nel biennio di campionamento 2023 e 2024 essendo i contesti golenali soggetti a un'imprevedibile variabilità idrologica. Si esclude la possibilità (e l'utilità ai fini stessi dei **MA**, vale a dire la successiva valutazione dei dati di monitoraggio) di identificare **valori soglia** (di intervento e/o attenzione) per ERPETOFAUNA, COLEOTTERI CARABIDI, LEPIDOTTERI DIURNI, TERIOFAUNA e CHIROTTEROFAUNA. Ciò è motivato anche dalle scale spaziali delle nicchie ecologiche delle specie appartenenti a questi gruppi sistematici che evadono di gran lunga le scale spaziali all'interno delle quali si è ipotizzato si possano manifestare le interferenze di progetto (limitate, nel caso della torbidità – che va intesa come indicatore principale di impatto della fase **CO** – a poche centinaia di metri di corso d'acqua a valle delle aree di intervento). Al contempo, nel caso dell'ITTIOFAUNA, il tasso di alloctonia delle comunità descritte è così significativo da rendere difficile l'identificazione di soglie di qualche rilevanza operativa. Si ritiene, in ogni caso, che sia questa la comunità faunistica monitorata che interagirà in modo più significativo con le nuove opere, quindi si propone un **valore soglia** per l'indicatore "n° di specie autoctone (parametro B1-2)" valutando in modo critico la scomparsa di entrambe le specie autoctone (*Anguilla anguilla*, *Liza ramada*) ad oggi identificate in modo costante sia nel corso del 2023 e nel 2024 – vale a dire la comparsa di comunità composte esclusivamente da specie alloctone.

7. COMPONENTI paesaggio (PA) ed effetti cumulati (II)

In riferimento alle **componenti PA = Paesaggio e II = effetti cumulati** (rinominati **PI**, come codifica univoca per registrare e inserire i dati nella banca dati di progetto), gli **OBIETTIVI SPECIFICI** del PMA sono valutare/delineare:

1. le interferenze dell'opera sul Paesaggio;
2. quantificare gli Effetti Cumulati dell'opera sulla **componente Paesaggio**.

Le **componenti PA e II** saranno oggetto di caratterizzazione (indiretta) in **FASE All**, in concomitanza con le fasi temporali **AO** e **PO_{1,5}**. L'area di indagine sarà l'intero tratto fluviale (l'unica scala spaziale adeguata a verificare o meno l'insorgenza di impatti alla scala di paesaggio). Come già premesso, non si prevede di implementare specifici approfondimenti su queste due componenti, ma di utilizzare le informazioni acquisite per le componenti **AS, SU e FV** in ottica di area vasta (intero tratto fluviale) al fine di quantificare: 1) le trasformazioni prodotte sull'ambiente circostante dalla realizzazione delle opere; e 2) gli impatti associati.

7.1 PREMESSA - PA & II

Per quanto concerne le interferenze dell'opera sulle **componenti PA e II**, si è valutata una possibile insorgenza di impatti collegati alle modifiche morfologiche indotte dalle opere (**importante**), con una conseguente semplificazione della matrice ambientale. Su questo giudizio pesa lo status di sostanziale irreversibilità dei lavori di adeguamento piuttosto che il loro impatto effettivo, determinato alla luce degli esiti delle modellazioni idrauliche. Sul fronte specifico dell'“interazione tra fattori di impatto” (**II**), si è convenuto che le opere di progetto non siano in grado di generare impatti cumulativi, se non in termini di tipo percettivo. Il progetto prevede la realizzazione di infrastrutture strategiche, ma non di tipo urbanistico, ad esclusione di quelle necessarie alla manutenzione/monitoraggio dello stesso, non configurando di fatto la creazione di effetti cumulativi nel campo della pianificazione territoriale.

Localizzazione dei punti/stazioni/aree di monitoraggio - PA & II

Non saranno identificate aree o siti di monitoraggio specificatamente deputati al monitoraggio delle componenti **PA e II**, si utilizzeranno le informazioni acquisite per le componenti **AS, SU e FV** in ottica di area vasta (intero tratto fluviale).

Parametri analitici - PA & II

A. Rappresentatività

A1-1. Indice di superficie totale per unità di uso suolo

A1-2. Indice di superficie media per unità di uso suolo

A1-3. Indice di Dominanza di Shannon (D_1)

B. Frammentazione

B1-1. Indice di Diversità di Hill (N_1)

B1-2. Landscape Shape Index (LSI)

C. Dinamica

D1-1. Indice di Sharpe (C)

Frequenza e durata del monitoraggio - PA & II

Il monitoraggio delle componenti **PA** e **II** si baserà sui dati acquisiti nel corso degli anni di monitoraggio **AO**, **PO_{1,5}** in modo da ricavare valutazioni per tutto il periodo di analisi (8 anni, comparando **AO** con **PO₅**).

Metodologie di riferimento - PA & II

La **componente PA** sarà analizzata mediante la comparazione tra le carte della conformazione dell'alveo attivo e degli habitat derivate per le fasi di monitoraggio sopra delineate, rispettivamente per le annualità **AO**, **PO_{1,5}** per quanto riguarda le componenti **AS**, **GW**, **SU** e **FV** (attraverso l'elaborazione di una cartografia di sintesi a partire dalla Carta delle unità cenologiche/di uso del suolo). Al termine della fase di monitoraggio **AO** si disporrà della sola cartografia e degli indici relativi al periodo pre-intervento. Il riferimento metodologico è rappresentato da diversi contributi scientifici che sono dettagliati nei singoli sottoparagrafi che introducono i metodi calcolo per ciascuno dei descrittori selezionati. Le singole carte saranno indagate singolarmente e in comparazione tra loro per derivarne indicatori di rappresentatività (*superficie totale*, e *media per unità di uso suolo*, *Indice di Dominanza di Shannon*), diversità (*Indice di Diversità di Hill*), frammentazione (*Landscape Shape Index*) e dinamica (*Indice di Sharpe*), calcolato per l'alveo attivo e per il contesto golenale separatamente. In **Tabella 20** si riportano i **criteri generali** per i descrittori di **PA** e **II**.

Tabella 20– Criteri generali dei Parametri da monitorare per le componenti PA/II.

Parametri	Unità misura	Valori limite	Range naturale [†]	Valori soglia	Metodi analitici/controllo
A. Rappresentatività					
A1-1. <i>Indice di superficie totale per unità di uso suolo</i>		na	na	na	
A1-2. <i>Indice di superficie media per unità di uso suolo</i>		na	na	na	
A1-3. <i>Indice di Dominanza di Shannon (D1)</i>		na	na	na	O'Neill et al. 1988 ⁴⁸
B. Frammentazione					
B1-1. <i>Indice di Diversità di Hill (N₂)</i>		na	na	na	Hill 1973 ⁴⁹
B1-2. <i>Landscape Shape Index (LSI)</i>		na	na	na	Tang et al. 2008 ⁵⁰
C. Dinamica					
D1-1. <i>Indice di Sharpe (C)</i>		na	na	na	Hulshoff 1995 ⁵¹

[†]naturale, nel senso misurato in natura, ma come già esplicitato nel testo, il tratto di fiume Po in analisi non ha condizioni chimico-fisiche "naturali", ma condizioni sostanzialmente modificate dagli impatti antropici esercitati a scala di bacino.

Indice di superficie totale per unità di uso suolo

⁴⁸ O'Neill et al., 1988. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology* 1: 153-162. <https://doi.org/10.1007/BF00162741>

⁴⁹ Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427-432.

⁵⁰ Tang, J., Wang, L., Yao Z. 2008. Analyses of urban landscape dynamics using multi-temporal satellite images: A comparison of two petroleum-oriented cities. *Landscape and Urban Planning*, 87: 269-278. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.06.011>

⁵¹ Hulshoff, M.R. 1995. Landscape indices describing a Dutch landscape. *Landscape Ecology*, 10: 101-111. <https://doi.org/10.1007/BF00153827>

Il valore della superficie totale di una determinata unità di uso suolo/paesaggio ci dà informazioni sulla sua rappresentatività locale.

Indice di superficie media per unità di uso suolo

Il valore della superficie media di una determinata unità di uso suolo/paesaggio ci dà informazioni sulle dimensioni delle *patch* da cui ricavare indicazioni sui tassi di resilienza/resistenza alle perturbazioni.

Indice di Dominanza di Shannon

Questo indice (spesso indicato come D₁) permette di comprendere la complessità e la frammentazione di un determinato paesaggio, in quanto si basa sulla variazione dei rapporti dimensionali tra le *patch*. La formula di tale indice deriva da quella dell'Indice di Diversità di Shannon (H'), leggermente modificato per renderlo applicabile ai tipi di uso del suolo (O'Neill et al. 1988).

$$D_1 = \ln(n) + \sum \left(\frac{n_1}{N} \right) * \ln \left(\frac{n_1}{N} \right)$$

dove: n₁ = superficie della singola classe di uso del suolo

N = superficie totale dell'area di studio

n = numero delle classi di uso del suolo.

Indice di Diversità di Hill

Il Numero di Hill (N₁) (Hill 1973) esprime il numero effettivo di usi del suolo che contribuiscono alla diversità di un determinato paesaggio. Tale valore risulta essere strettamente legato all'Indice D₁ e non è mai superiore al numero delle classi di uso del suolo che compongono un determinato mosaico paesaggistico. Il Numero di Hill viene così calcolato:

$$N_1 = e^{-\sum \left(\frac{n_1}{N} \right) * \ln \left(\frac{n_1}{N} \right)}$$

dove: n₁ = superficie della singola classe di uso del suolo

N = superficie totale dell'area di studio

Landscape Shape Index

Il *Landscape Shape Index* (LSI) serve a calcolare il livello di frammentazione per ogni classe di uso del suolo, basandosi sul perimetro e sull'area (Tang et al. 2008). Più è elevato il valore del LSI maggiore è la frammentazione del paesaggio considerato. Tale indice viene calcolato attraverso la seguente formula:

$$LSI = \frac{p_i}{\sqrt[2]{\pi a_i}}$$

dove: p_i = perimetro complessivo della classe i in metri

a_i = area complessiva della classe i in ettari

Indice di Sharpe

Tramite l'Indice di Sharpe (C) (Hulshoff 1995) è possibile mettere in evidenza la significatività di determinati processi riguardo alle trasformazioni di uso del suolo che sono intercorse in un determinato periodo storico in una stessa area di studio. L'Indice di Sharpe viene così calcolato:

$$C = \left(\frac{pk_2 - pk_1}{t_2 - t_1} \right) / S$$

dove: pk_1 = superficie della singola classe di uso del suolo all'anno t_1 espressa in ettari

pk_2 = superficie della singola classe di uso del suolo all'anno t_2 ($t_2 > t_1$) espressa in ettari

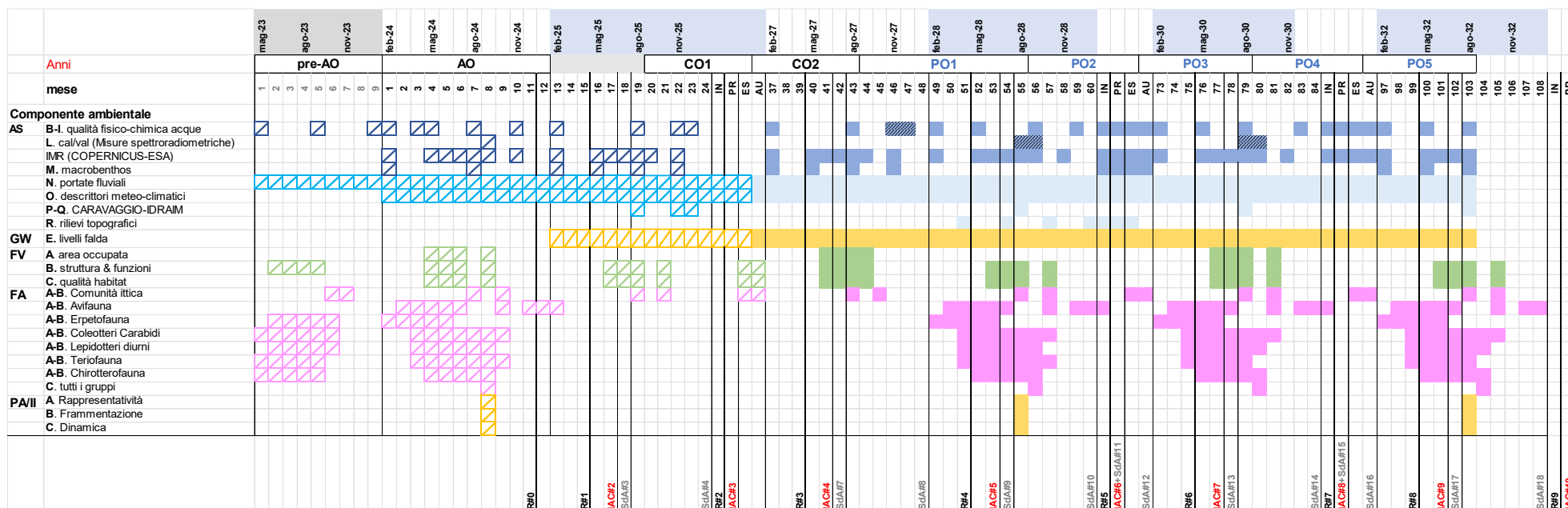
S = superficie totale dell'area espressa in km^2 .

Per quanto riguarda, invece, le **metodologie di controllo dell'affidabilità dei dati**, la validazione dei dati sarà effettuata mediante comparazione con i dati relativi alla fase **AO**. I dati saranno elaborati in accordo alla letteratura scientifica di settore (**criteri di elaborazione**), mentre il tema delle **anomalie** non è "univocamente applicabile" al contesto della presente componente ambientale (la totalità dei parametri che saranno quantificati non presente valori limite e/o soglia e un *range* naturale nel contesto di analisi). **A tale riguardo, in assenza di limiti di legge applicabili ai parametri selezionati, si procederà – nel corso dei monitoraggi AO – all'analisi e sistematizzazione dei riferimenti assimilabili e/o alla letteratura scientifica disponibile sul tema. Tali informazioni saranno poi implementate al fine di proporre limiti/soglie per la successiva valutazione dei dati di monitoraggio.**

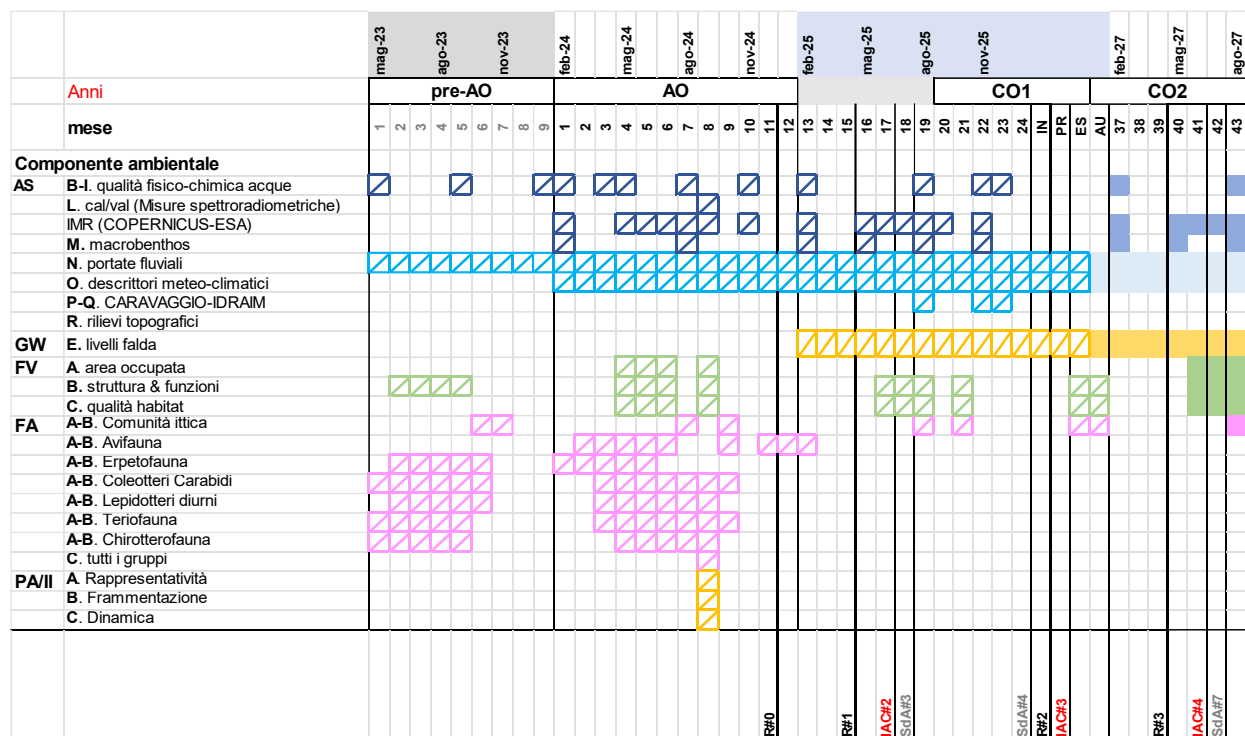
VALORI SOGLIA – PA/II

Nel caso specifico delle componenti **PA/II**, si propongono due **valori soglia** per gli indicatori: (i) "A1-1. Indice di superficie totale per unità di uso suolo" (indicatore di rappresentatività), con particolare riferimento alle categorie **CLC 311(6)** (che include in via prioritaria i "Boschi a prevalenza di specie igrofile") e **33(xx)** (che include in termini generali le "Zone aperte con vegetazione rada o assente"), valutando in modo critico variazioni negative delle superfici totali del **15%**; e (ii) "B1-1. Indice di Diversità di Hill (N_1)" (indicatore di frammentazione), valutando in modo critico variazioni negative dell'indice pari al **10%**. I risultati delle valutazioni nel tempo saranno, poi, analizzate criticamente per valutare un'eventuale revisione dei valori soglia.

8. GANTT



Gantt complessivo del MA (8 anni) – con indicazione delle **attività di monitoraggio**; per gli acronimi si rimanda al testo; le celle evidenziate da una **retinatura nera** indicano “fasi temporali di riferimento” per lo svolgimento delle attività; quelli con solo i contorni e barrati centralmente = campionamenti già effettuati (fino al termine del CO1-I); **R#x** = rilascio dei Report di progetto; **SdA#x** = rilascio dei Report “Stato di Avanzamento”; **IAC#x** = incontri annuali di confronto del gruppo di lavoro. **Il rilascio del R#0 e del SdA#1 sono vincolati all’esito del percorso di verifica dell’ottemperanza del PMA** (non è possibile indicare una tempistica di dettaglio), così come la possibilità di convocare l’incontro **IAC#1**. In alcuni casi, i monitoraggi ricadono a cavallo di due annualità di progetto (per esempio la componente **FV**) ciò è dovuto al fatto che l’inizio della fase di costruzione fissata a settembre 2025 si colloca proprio nella seconda metà della stagione vegetativa-fenologica delle componenti biologiche, spesso quindi i mesi autunnali rappresentano l’inizio di un’annualità di monitoraggio ma biologicamente vanno ricondotti all’annualità di monitoraggio precedente.



Estratto del Gantt del MA (3 anni = AO + CO_{1,2}) – con indicazione delle **attività di monitoraggio**; per gli acronimi si rimanda al testo; le celle evidenziate da una **retinatura nera** indicano "fasi temporali di riferimento" per lo svolgimento delle attività; quelli con **solo i contorni e barrati centralmente** = campionamenti già effettuati (fino al termine del CO₁-I); **R#x** = rilascio dei Report di progetto; **SdA#x** = rilascio dei Report "Stato di Avanzamento"; **IAC#x** = incontri annuali di confronto del gruppo di lavoro. Rimandiamo alla legenda del Gantt generale relativamente al rilascio dei primi documenti di analisi

