
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

**“Linee Guida per la redazione del Progetto di Monitoraggio Ambientale
delle opere soggette a procedura di VIA”**

(Bozza del documento ai fini della consultazione pubblica)

BOZZA

13 marzo 2026

Sommario

Premessa	5
PARTE I – INDICAZIONE DI CARATTERE GENERALE	5
1 Riferimenti normativi e metodologici	5
2 Criteri per la redazione del PMA	5
3 Indicazioni operative generali	5
4 Modalità di restituzione dei dati	5
5 Figure organizzative di riferimento	5
6 Coordinamento con ulteriori strumenti di gestione ambientale	5
PARTE II – INDICAZIONI OPERATIVE SPECIFICHE	6
7 Biodiversità	6
8 Patrimonio agroalimentare	6
9 Suolo	6
10 Sedimenti	6
11 Geologia	6
12 Acque	7
12.1 Acque interne superficiali	7
12.1.1 Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale	7
12.1.2 Ambito oggetto del monitoraggio ambientale	8
12.1.2.1 Ambito normativo	8
12.1.2.2 Ambito di indagine	9
12.1.3 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio	9
12.1.4 Parametri descrittivi (indicatori)	10
12.1.5 Frequenza e durata dei monitoraggi	12
12.1.6 Metodologie di riferimento/tecniche di misura	12
12.1.7 Valori di riferimento	13
12.1.8 Bibliografia	14
12.1.9 Scheda tecnica	15
12.2 Acque marine e marino costiere	25
12.2.1 Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale	25
12.2.2 Ambito oggetto del monitoraggio ambientale	25
12.2.2.1 Ambito normativo	25
12.2.2.2 Ambito di indagine	25
12.2.3 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio	25
12.2.4 Parametri descrittivi (indicatori)	27
12.2.5 Frequenza e durata dei monitoraggi	30

12.2.6	Metodologie di riferimento/tecniche di misura	30
12.2.7	Valori di riferimento	31
12.2.8	Approfondimento: Protocollo <i>Mussel Watch</i> , analisi di <i>biomarkere</i> e stato di salute dei bivalvi	31
12.2.8.1	<i>Ambito normativo</i>	32
12.2.8.2	<i>Metodologie di riferimento</i>	32
12.2.8.3	<i>Localizzazione aree di indagine/punti di campionamento</i>	34
12.2.8.4	<i>Parametri descrittivi</i>	34
12.2.8.5	<i>Frequenza di campionamento</i>	35
12.2.8.6	<i>Metodologie di riferimento/tecniche di misura</i>	35
12.2.8.7	<i>Valori di riferimento</i>	35
12.2.8.8	<i>Bibliografia</i>	36
12.2.9	Scheda tecnica	37
12.3	Acque di transizione	41
12.3.1	Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale	41
12.3.2	Ambito oggetto del monitoraggio ambientale	41
12.3.2.1	<i>Ambito normativo</i>	41
12.3.2.2	<i>Ambito di indagine</i>	42
12.3.3	Obiettivo specifico A. Variazioni delle caratteristiche della colonna d'acqua	44
12.3.3.1	<i>Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio</i>	44
12.3.3.2	<i>Parametri descrittivi (indicatori)</i>	45
12.3.3.3	<i>Frequenza e durata dei monitoraggi</i>	46
12.3.3.4	<i>Metodologie di riferimento/tecniche di misura</i>	48
12.3.3.5	<i>Valori di riferimento</i>	49
12.3.4	Obiettivo specifico B. Variazioni delle caratteristiche idrodinamiche	50
12.3.4.1	<i>Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio</i>	51
12.3.4.2	<i>Parametri descrittivi (indicatori)</i>	51
12.3.4.3	<i>Frequenza e durata dei monitoraggi</i>	52
12.3.4.4	<i>Metodologie di riferimento/tecniche di misura</i>	52
12.3.4.5	<i>Valori di riferimento</i>	53
12.3.5	Obiettivo specifico C. Variazioni delle caratteristiche morfologiche	53
12.3.5.1	<i>Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio</i>	53
12.3.5.2	<i>Parametri descrittivi (indicatori)</i>	54
12.3.5.3	<i>Frequenza e durata dei monitoraggi</i>	54
12.3.5.4	<i>Metodologie di riferimento/tecniche di misura</i>	55
12.3.5.5	<i>Valori di riferimento</i>	55
12.3.6	Obiettivo specifico D. Valutazione degli effetti sulle comunità biologiche	55

12.3.6.1	Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio	57
12.3.6.2	Parametri descrittivi (indicatori)	59
12.3.6.3	Frequenza e durata dei monitoraggi	60
12.3.6.4	Metodologie di riferimento/tecniche di misura	61
12.3.6.5	Valori di riferimento	64
12.3.6.6	Bibliografia	65
12.3.7	Scheda tecnica	67
12.4	Acque sotterranee	76
12.4.1	Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale	76
12.4.2	Ambito oggetto del monitoraggio ambientale	77
12.4.2.1	Ambito normativo	77
12.4.2.2	Ambito di indagine	77
12.4.3	Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio	78
12.4.4	Monitoraggio dello stato quantitativo	81
12.4.4.1	Parametri descrittivi (indicatori)	81
12.4.4.2	Frequenza e durata dei monitoraggi	82
12.4.4.3	Metodologie di riferimento/tecniche di misura	83
12.4.4.4	Valori di riferimento	84
12.4.5	Monitoraggio dello stato qualitativo	84
12.4.5.1	Parametri descrittivi (indicatori)	85
12.4.5.2	Frequenza e durata dei monitoraggi	86
12.4.5.3	Metodologie di riferimento/tecniche di misura	87
12.4.5.4	Valori di riferimento	87
12.4.6	Valori di fondo	88
12.4.7	Scheda tecnica	89
13	Atmosfera	92
14	Sistema paesaggistico	92
15	Agenti fisici	92
16	Cambiamenti climatici	92

12 Acque

L'ambiente idrico è un sistema interconnesso e dinamico di diversi elementi, quali i fiumi, le falde, le lagune o il mare. Tali elementi sono stati suddivisi, nell'ambito delle presenti Linee guida, in diverse sotto tematiche: acque interne superficiali, marine e marino costiere, di transizione, sotterranee. Nei paragrafi seguenti il monitoraggio delle diverse componenti è trattato in modo separato, cosicché è possibile approfondirne in maniera specifica gli elementi rilevanti (parametri, localizzazione, tempistiche). Si ritiene comunque importante evidenziare la necessità di scegliere i parametri di monitoraggio, la localizzazione dei punti, le frequenze e le durate del monitoraggio non solo sulla base degli impatti specifici sulla singola componente ma pure sulla base degli impatti trasversali alle diverse componenti, come conclusione dell'approccio integrato affrontato nel SIA.

12.1 Acque interne superficiali

12.1.1 Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale

Il "Progetto di Monitoraggio Ambientale" relativo alla sotto tematica "acque interne superficiali" è finalizzato a valutare, in relazione alla costruzione, all'esercizio ed alla dismissione dell'opera, le eventuali variazioni, rispetto alla situazione *ante operam*, di tutti i parametri e/o indicatori utilizzati per definirne le caratteristiche. Ciò al fine di:

- (i) confermare le previsioni sugli effetti significativi e negativi inserite nello Studio di Impatto Ambientale;
- (ii) verificare l'efficacia delle misure di mitigazione, emerse anche durante l'iter procedurale, e ben caratterizzate nella loro capacità di prevenire e/o ridurre gli eventuali effetti significativi e negativi;
- (iii) verificare l'efficacia delle misure di compensazione, emerse anche durante l'iter procedurale, e ben caratterizzate nella loro capacità di generare potenzialmente effetti significativi positivi¹;
- (iv) individuare eventuali impatti imprevisti e monitorarne l'entità e l'evoluzione nel tempo.

Di conseguenza, assume particolare rilievo la predisposizione, da parte del proponente, di un quadro completo delle caratteristiche ambientali antecedenti l'avvio dei cantieri e la fase di esercizio dell'opera (cosiddetto scenario di base). Tale quadro *ante operam* è costituito dalla caratterizzazione ambientale riportata nel SIA, integrata dal monitoraggio *ante operam* previsto dal PMA stesso.

In relazione alla significatività degli impatti ambientali – da valutarsi per ciascuna opera specifica – è opportuno che il PMA consenta di verificare anche quanto previsto nel SIA in merito agli obiettivi di qualità, di cui all'articolo 4 della Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro Acque, DQA), stabiliti dall'Autorità di bacino distrettuale per i corpi idrici interferiti dall'opera. Ciò al fine di fornire un quadro chiaro sotto il profilo della DQA, anche rispetto all'applicazione di eventuali deroghe². In altri termini, il PMA dovrà fornire tutti gli elementi utili a determinare, nelle diverse fasi dell'opera, l'eventuale compromissione degli obiettivi di qualità ambientale fissati per i diversi corpi idrici nei Piani di Gestione dei Distretti Idrografici (PdG), ai sensi della DQA³.

Un eventuale scostamento peggiorativo delle condizioni dei corpi idrici interferiti rispetto agli effetti previsti nel SIA dovrà comportare l'attuazione tempestiva di misure aggiuntive, preferibilmente già individuate nel SIA stesso⁴. Per tale motivo, il PMA dovrà chiaramente richiamare e fare riferimento alle soglie definite nel SIA per

¹ Diversamente da quanto previsto dalla normativa VIA, nell'ambito della Direttiva Quadro sulle Acque (DQA) non sono contemplate misure di compensazione; di conseguenza tali misure possono ragionevolmente essere previste nel SIA e quindi opportunamente monitorate nel PMA, ma bisogna considerare che potrebbero non concorrere al rispetto delle prescrizioni di cui alla DQA.

² Ai sensi dell'articolo 4 comma 7 della DQA - trasposti nella normativa italiana dagli articoli 76 e 77 del D.Lgs. 152/06 - è possibile derogare agli obiettivi di qualità stabili per un corpo idrico solo nel caso vengano rispettati alcuni requisiti ben definiti e stringenti. È auspicabile che il PMA, coerentemente con il SIA, fornisca un adeguato contributo informativo per favorire la verifica di tali requisiti.

³ È tuttavia fondamentale precisare che il PMA non deve essere confuso con le attività di caratterizzazione, classificazione e monitoraggio istituzionali dei corpi idrici previste dalla Direttiva Quadro Acque e dal D.Lgs. 152/2006.

⁴ Con riferimento ad eventuali effetti significativi temporanei in fase di corso d'opera sarà necessario fare riferimento alle prescrizioni di cui all'art. 4 comma 6 della DQA, recepiti con l'art. 77 comma 10 del D.Lgs. 152/06.

ciascun parametro individuato, a cui sono associate le eventuali azioni mitigative (si veda il par. 12.1.7 “Valori di riferimento” per dettagli relativi alla definizione delle soglie).

In questo quadro generale, esclusivamente per quanto attiene gli aspetti metodologici, è opportuno fare riferimento, ove possibile e in coerenza con adeguate valutazioni tecnico-scientifiche, a quanto riportato nel D.M. 260/2010. Al contempo, come verrà approfondito nei paragrafi successivi, i metodi indicati nel suddetto D.M. non devono essere considerati esaustivi rispetto alle potenzialità di caratterizzazione e monitoraggio degli elementi costitutivi dell’ecosistema oggetto di valutazione.

Come previsto dal comma 4, lett. c), dell’articolo 25 del D.Lgs. 152/2006, la tipologia dei parametri da monitorare e la durata del monitoraggio dovranno essere proporzionati alla natura, all’ubicazione, alle dimensioni del progetto e alla significatività dei suoi effetti sull’ambiente.

12.1.2 Ambito oggetto del monitoraggio ambientale

12.1.2.1 Ambito normativo

Il PMA dovrà risultare coerente con le indicazioni fornite dal quadro normativo e pianificatorio settoriale, considerando i diversi livelli territoriali.

Di seguito si riportano alcuni riferimenti normativi di interesse:

- D.M. 16/06/2008, n. 131 – Regolamento recante “I criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni”;
- D.M. 14/04/2009, n. 56 – Regolamento recante “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l’identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 152/2006, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’art. 75, comma 3, del D.Lgs. medesimo”;
- Decreto Legislativo 219/2010 – Attuazione della Direttiva 2008/105/CE relativa agli standard di qualità ambientale nel settore delle acque;
- Direttiva 2013/39/UE - del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 agosto 2013 che modifica le Direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque;
- D.M. 08/10/2010, n. 260 – Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo;
- Decreto n. 29/STA del 13.02.2017 di approvazione delle Linee Guida per le valutazioni ambientali ex ante delle derivazioni idriche, in relazione agli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici definiti ai sensi della Direttiva 2000/60/CE;
- Decreto n. 30/STA del 13.02.2017 di approvazione delle Linee Guida per l’aggiornamento dei metodi di determinazione del deflusso minimo vitale al fine di garantire il mantenimento nei corsi d’acqua del deflusso ecologico a sostegno del raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici definiti ai sensi della Direttiva 2000/60/CE;
- Decreto n. 293/STA del 25.05.2017 (modificativo del DD STA 29 del 13-2-2017);
- Direttiva 2008/105/CE – Standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque;
- Direttiva 2009/90/CE – Specifiche tecniche per l’analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque;
- Decisione (UE) 2018/229 della Commissione, del 12 febbraio 2018, che istituisce, a norma della direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall’esercizio di intercalibrazione e che abroga la decisione 2013/480/UE;
- Direttiva 2013/39/UE del 12/08/2013 che modifica le direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque;

- D.L. 12/10/2022 n. 205 - Regolamento recante criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi di cui all'articolo 114, commi 2, 3 e 4 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

12.1.2.2 Ambito di indagine

Per definire l'ambito di indagine del PMA per la sottotematica acque interne superficiali è utile riportare le seguenti definizioni, presenti nell'art. 74 comma 2 del D.Lgs. 152/2006:

- corpo idrico superficiale: un elemento distinto e significativo di acque superficiali, quale un lago, un bacino artificiale, un torrente, fiume o canale, parte di un torrente, fiume o canale, acque di transizione o un tratto di acque costiere;
- fiume: un corpo idrico interno che scorre prevalentemente in superficie ma che può essere parzialmente sotterraneo;
- lago: un corpo idrico superficiale interno fermo;
- corpo idrico fortemente modificato: un corpo idrico superficiale la cui natura, a seguito di alterazioni fisiche dovute a un'attività umana, è sostanzialmente modificata, come risulta dalla designazione fattane dall'autorità competente in base alle disposizioni degli articoli 118 e 120;
- corpo idrico artificiale: un corpo idrico superficiale creato da un'attività umana.

Gli elementi rispetto ai quali deve essere predisposto il PMA comprendono tutti gli ambienti idrici superficiali interni, sulla base di valutazioni sito-specifiche e indipendentemente dalla loro entità (dimensioni, caratteristiche quali-quantitative, ecc.). Tra questi rientrano i corpi idrici significativi – naturali, artificiali e fortemente modificati - ai sensi della DQA, individuati dalle Regioni e riportati nei Piani di Tutela e nei Piani di Gestione delle Acque, a cui si aggiungono, tra gli altri:

- corsi d'acqua non classificati come significativi dalle regioni (es. per motivi dimensionali);
- aree umide non identificate ma funzionalmente collegate a corpi idrici significativi⁵;
- canali artificiali non designati dalle regioni come corpi idrici artificiali o fortemente modificati;
- elementi d'acqua interpretabili come emergenze di acque sotterranee (es. sorgenti, risorgive e fontanili).

È importante considerare che nell'ambito dei corpi idrici sono comprese anche le fasce ripariali e le rive di laghi e invasi, in quanto rientrano negli elementi di qualità idromorfologica e, in parte, negli elementi biologici (es. macrofite).

12.1.3 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

L'individuazione dell'area da sottoporre a monitoraggio dovrà essere definita all'interno del PMA in funzione delle azioni previste e delle diverse fasi progettuali, tenendo conto della sensibilità e/o vulnerabilità dei comparti ambientali interessati.

In particolare, con riferimento alla tipologia di opera e alle fasi di cantiere, la definizione della rete di monitoraggio e la localizzazione dei relativi punti di rilevamento dovranno essere strettamente correlate a:

- le interferenze previste tra l'opera e le componenti ambientali, nonché alla verifica degli impatti potenziali stimati nel SIA;
- la confrontabilità dei risultati nei diversi punti di monitoraggio e la ripetibilità di monitoraggio in tutte le fasi di realizzazione dell'opera. (I punti di monitoraggio devono essere individuati in modo da garantire la confrontabilità e, per quanto possibile, la ripetibilità delle misure tra le diverse fasi (*ante*

⁵ Tali elementi dovranno essere considerati almeno nella misura necessaria a verificare che eventuali impatti dell'opera su di essi comprometta il raggiungimento degli obiettivi ambientali dei corpi idrici a cui sono collegati. Per approfondimenti si veda:

- CIS Guidance n. 2 (<https://circabc.europa.eu/sd/a/655e3e31-3b5d-4053-be19-15bd22b15ba9/guidance%20no%20-%20-%20identification%20of%20water%20bodies.pdf>)
- CIS Guidance n. 12 ([https://circabc.europa.eu/sd/a/47ac25cc-3b7f-4498-a542-afd9e3dc3a4b/Guidance%20No%2012%20-%20-%20Wetlands%20\(WG%20B\).pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/47ac25cc-3b7f-4498-a542-afd9e3dc3a4b/Guidance%20No%2012%20-%20-%20Wetlands%20(WG%20B).pdf))

operam, corso d'opera, post operam); In casi eccezionali in cui si verifichi un'interferenza diretta tra l'opera e i punti originariamente previsti, la rete dovrà essere opportunamente aggiornata, assicurando che tali punti siano comunque monitorati anche durante le fasi di realizzazione e di esercizio, al fine di garantire la continuità e la coerenza del confronto temporale);

- le reti di monitoraggio nazionale, regionale e locale meteo idro-pluviometriche e quantitative già implementate;
- le reti di monitoraggio qualitativo e chimico già attive a livello regionale;
- la corretta individuazione delle stazioni in funzione degli elementi di qualità da monitorare, come indicato nei protocolli nazionali (cfr. paragrafo 12.1.9 "Scheda tecnica"). A tal proposito è importante evidenziare come, in generale, sia improbabile che una singola stazione sia idonea per la caratterizzazione ed il monitoraggio di molteplici parametri, soprattutto con riferimento ai parametri biologici e morfologici.

Pertanto, nel PMA dovranno essere previste:

- stazioni di monitoraggio a scala di sito, strettamente connesse al sito interferito. In particolare, per ciascun corpo idrico direttamente interferito dall'opera dovranno essere localizzati almeno due punti di monitoraggio secondo il criterio idrologico Monte (M) - Valle (V). Tale configurazione consentirà di valutare, in tutte le fasi del monitoraggio, l'eventuale variazione di uno stesso parametro/indicatore tra i due o più punti, al fine di individuare potenziali impatti riconducibili alla presenza di lavorazioni e/o cantieri. Nel caso in cui i corpi idrici interferiti siano di tipo lacustre è necessario individuare le stazioni di "bianco" sulla base del gradiente atteso di impatto dell'opera, individuato nel SIA;
- stazioni di monitoraggio a scala vasta, necessarie per valutare gli eventuali effetti negativi indotti dalla realizzazione e dalla gestione delle diverse tipologie di opere in contesti territoriali più ampi (analisi a scala di area vasta).

Per la scelta dei siti di monitoraggio, così come per altri aspetti pertinenti, il PMA deve tenere conto dei dati ambientali disponibili nell'area. Nello specifico, soprattutto per completare la definizione dello scenario di base, è opportuno che vengano acquisiti ed utilizzati i dati della classificazione e monitoraggio istituzionale svolti dalle Agenzie Regionali o Provinciali per la Protezione dell'Ambiente in ottemperanza alla parte III del D.Lgs. 152/2006⁶. È importante evidenziare che tali dati potrebbero non essere considerati rappresentativi e/o esaustivi per una caratterizzazione iniziale dell'area, per ragioni quali la non adeguata frequenza di monitoraggio ai fini del PMA, la non esaustività degli elementi di qualità monitorati⁷, la localizzazione delle stazioni non ottimale, la classificazione del corpo idrico non basata sul monitoraggio (raggruppamento), ecc.

12.1.4 Parametri descrittivi (indicatori)

La scelta degli indicatori deve essere fatta sulla base dei seguenti criteri:

- le caratteristiche del corpo idrico interferito (e delle sue eventuali connessioni ecologiche e funzionali con corpi idrici limitrofi);
- il tipo di pressione/i che l'opera può determinare, e conseguentemente gli elementi di qualità ambientale che sono più sensibili alle stesse; per quanto riguarda gli elementi di qualità biologica e idromorfologica, oltre alla selezione di quelli più sensibili alle pressioni previste, sarà opportuna una analisi delle metodiche consolidate a livello nazionale che, per il caso specifico (tipologia di corpo idrico, caratteristiche stazionali e struttura delle comunità biologiche) sono più adeguate a caratterizzare la componente e monitorarne gli impatti;

⁶ Per i dati di monitoraggio istituzionale si può fare riferimento al Reporting WISE, messo a disposizione sul portale della EEA: <https://discodata.eea.europa.eu/> e al Sistema Informativo Nazionale per la Tutela delle Acque Italiane SINTAI <https://www.sintai.isprambiente.it/index.xhtml?faces-redirect=true>

⁷ Il monitoraggio eseguito dal sistema agenziale, coerentemente con il DM 260/2010, è caratterizzato da differenti ciclicità ed Elementi di Qualità considerati in funzione delle finalità del monitoraggio stesso. Ad esempio, nel caso di monitoraggio di sorveglianza, gli Elementi di Qualità Biologica vengono monitorati con ciclicità sessennale, quindi con una cadenza che, spesso, non è adeguata alle finalità del PMA.

- l'opportunità di poter evidenziare, in corso d'opera o *post operam*, eventuali impatti non previsti nel SIA e fornire gli elementi utili per l'adozione di eventuali misure correttive.

Alla luce di quanto sopra, per il monitoraggio in corso d'opera (fase di cantiere) e *post operam* (fase di esercizio), il PMA dovrà includere dati relativi a:

- le variazioni dello stato qualitativo dei corpi idrici, anche in relazione agli obiettivi fissati dalla normativa e dagli indirizzi pianificatori vigenti ed in generale in funzione degli impatti rilevati;
- le variazioni delle caratteristiche morfologiche, idrografiche e del regime idrologico ed idraulico dei corsi d'acqua e delle relative aree di espansione;
- le interferenze indotte sul trasporto solido naturale, sui processi di erosione e deposizione dei sedimenti fluviali e le conseguenti modifiche del profilo degli alvei e delle forme fluviali, sugli interrimenti dei bacini idrici naturali e artificiali.

Nell'analisi degli indicatori e indici selezionati, dovrà essere posta particolare attenzione alla valutazione dell'evoluzione dello stato ambientale del corpo idrico⁸. Nel determinare la significatività degli impatti previsti o osservati, sarà necessario effettuare anche:

- un'analisi dei *trend* dei singoli elementi di qualità attraverso la definizione e l'aggiornamento periodico dei Rapporti di Monitoraggio;
- una valutazione della consistenza e dell'estensione della porzione di corpo idrico interessata dagli impatti.

Nella Scheda tecnica contenuta nel paragrafo 12.1.9 (Parte A, B, e C) si riporta un elenco non esaustivo di indicatori, tratti dalle normative di settore vigenti e dalla letteratura di riferimento, che dovranno essere considerati nella predisposizione del PMA.

La Scheda tecnica 1 – Parte A – “Caratterizzazione ecologica e chimica delle acque superficiali interne”, riporta un elenco di parametri biologici, chimico-fisici, morfologici e idrologici utilizzati per la caratterizzazione delle acque superficiali interne (lotiche e lentiche).

Per la scelta degli elementi di qualità da caratterizzare e monitorare, è possibile fare riferimento, in prima istanza, a quanto riportato nelle Tabelle 3.2 e 3.3 dell'Allegato 1 al DM 56/2009, procedendo successivamente alla selezione dei singoli elementi in funzione delle specificità del caso in esame. Per quanto riguarda le sostanze chimiche da considerare, si può inizialmente far riferimento alle tabelle 1/A e 1/B del medesimo D.M. 56/2009 e D.Lgs. 172/2015 che recepisce la Direttiva 39/2013/UE in cui viene riesaminata la lista delle sostanze prioritarie e modifica, per alcune sostanze, gli standard di qualità ambientali (SQA), individuando quelle più idonee in relazione agli impatti attesi sia nella fase di cantiere sia in quella di esercizio. In entrambi i casi, tali elenchi non devono tuttavia essere considerati esaustivi.

La Scheda tecnica 2 – Parte B – “Controllo delle caratteristiche idrauliche” (Verifica degli aspetti quantitativi) riporta un elenco non esaustivo di parametri idraulici individuati come funzionali alla verifica degli aspetti quantitativi delle acque interne superficiali. Tali parametri, selezionati sulla base della normativa di settore vigente e della letteratura tecnica di riferimento, consentono di valutare le potenziali variazioni indotte dall'opera durante le diverse fasi di realizzazione (*ante operam*, corso d'opera, *post operam*).

Per ciascun parametro sono indicati:

- l'ambito e la tipologia di riferimento;
- l'unità di misura;
- la frequenza e la durata dei monitoraggi;
- i criteri per la localizzazione dei punti di rilevamento;
- i principali riferimenti metodologici e normativi per l'esecuzione delle attività di monitoraggio.

L'elenco ha carattere orientativo e dovrà essere integrato e/o adattato in funzione delle specificità dell'opera e del contesto territoriale di riferimento.

⁸ Tra gli altri è utile tenere conto del principio di “non deterioramento” delle singole componenti ecosistemiche del corpo idrico.

La Scheda tecnica 2 – Parte C – “Controllo degli scarichi” (Verifica degli scarichi di acque trattate e non trattate) riporta un elenco di parametri e attività di monitoraggio finalizzati alla verifica delle caratteristiche qualitative e quantitative degli scarichi idrici correlati all’opera. Tali controlli consentono di valutare l’idoneità e la conformità degli scarichi rispetto alle normative vigenti, nonché di individuare eventuali impatti sulle acque superficiali durante tutte le fasi progettuali (*ante operam*, corso d’opera e *post operam*). L’elenco ha carattere orientativo e dovrà essere adattato alle specificità dell’opera, tenendo conto delle indicazioni degli enti competenti e dei vincoli normativi applicabili.

I parametri da monitorare nell’ambito della Scheda tecnica 2 – Parte C - “Controllo degli scarichi” variano in funzione della tipologia di acqua considerata: acque di prima pioggia, acque di seconda pioggia, acque di lavaggio o acque di scarico provenienti dagli impianti di trattamento. La principale normativa di riferimento è il D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., che stabilisce i criteri per la gestione delle acque reflue, comprese quelle meteoriche, nonché i limiti di emissione applicabili agli scarichi. Le acque di prima pioggia sono generalmente soggette a limiti più stringenti, mentre per le acque di seconda pioggia e di lavaggio i parametri di riferimento possono risultare meno restrittivi, in relazione alle normative specifiche, alle caratteristiche dell’area di origine e ai punti finali di scarico.

I parametri da monitorare sono strettamente legati alla natura delle superfici drenanti, mentre quelli relativi al controllo degli scarichi degli impianti di trattamento dipendono dalle caratteristiche specifiche di ciascun impianto

Per le opere che sono oggetto di procedura di Valutazione di Impatto Ambientale avviate precedentemente all’entrata in vigore dell’attuale normativa di settore vigente e/o che hanno già piani di monitoraggio avviati riferiti alla vecchia normativa (D.Lgs. 152/1999 e s.m.i.), potranno essere presi in considerazione gli indicatori/indici ricompresi nei suddetti piani e che sono stati oggetto di indagini pregresse.

12.1.5 Frequenza e durata dei monitoraggi

La durata del monitoraggio, intesa come l’arco di tempo durante il quale il monitoraggio di ciascun indicatore/parametro deve essere eseguito, varia a seconda della tipologia di corpo idrico impattato, della tipologia di opera prevista, della fase di monitoraggio e delle caratteristiche di risposta di ciascun indicatore scelto. In particolare, relativamente alle fasi di monitoraggio, è importante considerare che:

- fase *ante operam*: il monitoraggio dovrà essere avviato a ridosso dell’inizio lavori, con durata generalmente non inferiore ad un anno, al fine di caratterizzare adeguatamente lo stato ambientale di riferimento; tale durata potrà essere maggiore nei casi in cui, sulla base delle informazioni disponibili o delle attività di caratterizzazione iniziale, lo stato *ante operam* risulti instabile in relazione ad eventi eccezionali o pressioni recenti indipendenti dall’opera oggetto di valutazione;
- fase corso d’opera: il monitoraggio dovrà essere continuamente garantito per l’intera durata dei lavori;
- fase *post operam*: il periodo di osservazione dovrà proseguire fino a quando i parametri monitorati mostrino una tendenza alla stabilizzazione oppure fino a quando i valori registrati risultino non più significativi ai fini della valutazione degli effetti residui dell’opera sulla componente.

La frequenza del monitoraggio deve essere definita in relazione al parametro da monitorare, allo scopo di ottenere una caratterizzazione affidabile e rappresentativa in termini ecologici, idromorfologici e chimico/fisici.

In termini generali, e per alcuni degli indicatori/indici, è possibile fare riferimento alla Tab. 3.6 dell’All. 1 al D.M. 56/2009, nonché ai protocolli ufficiali per i campionamenti degli elementi di qualità redatti da ISPRA (si vedano le singole citazioni nella Scheda tecnica, paragrafo 12.1.9).

12.1.6 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

Per l’esecuzione delle attività di monitoraggio (scelta della strumentazione, numero di campioni da rilevare, modalità e frequenza di campionamento, ecc.), è generalmente necessario fare riferimento a quanto previsto dalle linee guida dell’Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e agli standard adottati a livello nazionale.

A tal proposito, si fornisce un elenco indicativo e non esaustivo dei principali riferimenti metodologici:

- APAT IRSA-CNR, 2003. Metodi analitici per le acque. Manuali e linee Guida 29/2003; ISBN 88-448-0083-7.
- APAT, 2007. Metodi biologici per le acque. Protocollo per il campionamento dei parametri fisico-chimici a sostegno degli elementi biologici nei corsi d'acqua superficiali.
- ISPRA, 60/2010. Metodologie di misura e specifiche tecniche per la raccolta e l'elaborazione dei dati idrometeorologici. Manuali e Linee Guida 60/2010. ISBN 978-88-448-0442-8.
- ISPRA, 2011, Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici. Versione 1.1. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.
- ISPRA, 111/2014. Metodi biologici per le acque superficiali interne. Manuali e Linee guida 111/2014. ISBN 978-88-448-0651.
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2014): IDRAIM – Sistema di valutazione idromorfologica, analisi e monitoraggio dei corsi d'acqua – ISPRA – Manuali e Linee Guida 113/2014. Roma, giugno 2014. ISBN 978-88-448-0661-3.
- 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. ISBN 978-88-448-0756-6.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WEF). <http://www.standardmethods.org/>.
- WMO, 2010. Manual on Stream Gauging Volume I – Fieldwork, Volume II – Computation of Discharge. WMO n. 1044; ISBN 978-92-63-11044-2.

È inoltre opportuno che i monitoraggi siano conformi con le pertinenti norme UNI CEN EN ISO, in particolare per le analisi chimico-fisiche⁹.

Infine, il proponente dovrà prevedere nel PMA un sistema di gestione dei risultati del monitoraggio, comprensivo di report di sintesi specifici, finalizzati alla verifica periodica dell'andamento degli impatti ambientali rispetto alle previsioni progettuali.

12.1.7 Valori di riferimento

Come indicato in precedenza, le finalità del PMA consistono nel verificare la coerenza tra gli effetti previsti e quelli effettivamente osservati nel corso del monitoraggio, consentendo così di valutare l'efficacia delle misure adottate e l'eventuale insorgenza di effetti imprevisti in termini di intensità o tipologia. All'interno di ciascuno Studio di Impatto Ambientale deve essere definita la soglia di significatività, funzionale a definire l'entità dell'impatto stimato, riferita a ciascun parametro considerato, che si prevede di superare o meno in una o più delle fasi della realizzazione dell'opera.

L'interpretazione dei valori osservati durante il monitoraggio deve essere coerente con quanto stabilito nel SIA; per ragioni operative, è fondamentale che il PMA faccia riferimento quindi anche a soglie di intervento. Tali soglie possono coincidere con le soglie di significatività, in particolare per quei parametri per i quali non si prevede un impatto significativo. Per quanto riguarda invece gli impatti significativi, le soglie di intervento hanno evidentemente valori superiori alle soglie di significatività e sono individuate facendo riferimento ai valori massimi attesi, in ciascuna fase dell'opera.

Le soglie di intervento, così come le soglie di significatività, possono essere espresse in termini di scostamento rispetto alla condizione *ante operam*. Inoltre, per la definizione delle soglie di intervento, così come per le soglie di significatività, è possibile fare riferimento ai valori richiamati nella normativa di settore o da metodologie consolidate. Occorre tuttavia considerare che tali valori sono spesso definiti per finalità non coincidenti con quelle del procedimento di VIA (ne è un esempio la classificazione dello stato ecologico di un corpo idrico).

⁹ Un elenco delle norme UNI EN ISO riferite alla qualità delle acque è reperibile al seguente link: <https://www.certifico.com/ambiente/documenti-ambiente/257-documenti-riservati-ambiente/19542-norme-tecniche-uni-qualita-dell-acqua>

Il superamento delle soglie di intervento deve necessariamente prevedere l'adozione tempestiva di misure aggiuntive tali da riportare nel più breve tempo possibile i valori sotto tali soglie, previa verifica della correlazione diretta tra le attività associate all'opera e gli impatti osservati. Sia per prevenire il superamento delle soglie di intervento, sia per avere un quadro dettagliato dei rapporti di causalità, nella redazione del PMA si potrà prevedere, se del caso, l'individuazione di soglie di attenzione, inferiori alle soglie di intervento, superate le quali si possono prevedere misure mitigative e/o monitoraggi ad hoc rispetto alla criticità emergente.

Così come le soglie di intervento, anche le soglie di attenzione e le eventuali misure di mitigazione aggiuntive non possono essere generalizzate in questa sede in quanto sono legate alla specificità della tipologia di opera e di contesto ambientale.

Nella Scheda tecnica del paragrafo 12.1.9 (Parte A), per i singoli parametri, è riportata la documentazione ufficiale contenente i valori indicativi di riferimento.

12.1.8 Bibliografia

CIS Guidance 36 (https://circabc.europa.eu/sd/a/e0352ec3-9f3b-4d91-bdbb-939185be3e89/cis_guidance_article_4_7_final.pdf).

CIS Guidance 20 (<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a6f63214-46fb-4ab3-bdd5-3117011d51d4/language-en>).

Environmental Impact Assessment of Projects Guidance on the preparation of the environmental Impact Assessment Report (<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2b399830-cb4b-11e7-a5d5-01aa75ed71a1>).

Environmental impact assessment of projects. Rulings of the Court of Justice of the European Union (nello specifico la C-461/17) (<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a831d19b-6f99-11ed-9887-01aa75ed71a1/language-en>).

Streamlining environmental assessment procedures for energy infrastructure Projects of Common Interest (https://energy.ec.europa.eu/document/download/0c682e37-7e10-4812-b5ef-a81abe89835f_en?filename=20130919_pci-en-guidance.pdf).

Water Framework Directive JASPERS Checklist tool (<https://jaspers.eib.org/knowledge/publications/water-framework-directive-jaspers-checklist-tool>).

12.1.9 Scheda tecnica

In merito alle acque superficiali interne si riportano le seguenti schede tecniche:

- Scheda tecnica 1 – Parte A - Caratterizzazione ecologica e chimica delle acque superficiali interne
- Scheda tecnica 2 - Parte B - “Controllo delle caratteristiche idrauliche” (Verifica degli aspetti quantitativi); Parte C - “Controllo degli scarichi” (Verifica degli scarichi di acque trattate e non trattate)

Scheda tecnica 1 – Parte A - Caratterizzazione ecologica e chimica delle acque superficiali interne

ACQUE INTERNE SUPERFICIALI - CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA E CHIMICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE							
Obiettivi specifici del MA	Tipologia parametro	Tipologia acque interne	Parametro - Indicatore	Metodologia	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi
A. CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA E CHIMICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE	Biologico	Acque lotiche	Indice multimetrico STAR di Intercalibrazione (STAR_ICMI) e singole metriche da cui è composto (macroinvertebrati)	Il metodo ufficiale di riferimento per il calcolo dell'indice è pubblicato sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI.	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice e rapporto tra questo e il valore di riferimento per il tipo di Corpo Idrico, associabili ad un giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)	FREQUENZA: dovrà seguire le indicazioni riportate nei protocolli di settore e della normativa di settore.	In corrispondenza di ciascun corpo idrico interferito dovranno essere individuati almeno due punti di monitoraggio secondo il criterio Monte (M) Valle (V) idrologico con la finalità di valutare, in tutte le fasi del monitoraggio, la variazione dello stesso parametro/indicatore tra i due punti di misura, al fine di poter osservare gli impatti legati alle lavorazioni e all'opera.
			Indice Biotico Esteso (IBE) (macroinvertebrati)	Il metodo è riportato nella Manuale e Linee Guida APAT 29/2003 sezione 9000- indicatori biologici	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice, associabile ad un giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)	DURATA: <u>Ante operam</u> : campagna per almeno un anno.	
			Indice multimetrico di Intercalibrazione (ICMI) e singole metriche da cui è composto (diatomee)	Il metodo ufficiale di riferimento per il calcolo dell'indice è pubblicato sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice e rapporto tra questo e il valore di riferimento per il tipo di Corpo Idrico, associabili ad un giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo). Si possono prendere in considerazione anche le due metriche che lo compongono ovvero il TI e IPS	<u>Corso d'Opera</u> : durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera. <u>Post operam</u> : durata sufficiente a far sicché l'indicatore/l'indice monitorato tenda ad un valore costante, oppure	

ACQUE INTERNE SUPERFICIALI - CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA E CHIMICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE

Obiettivi specifici del MA	Tipologia parametro	Tipologia acque interne	Parametro - Indicatore	Metodologia	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi
			Indice Biologique Macrophytisque en Rivière (IBMR) e IBMR-RQE (macrofite)	Il metodo ufficiale di riferimento per il calcolo dell'indice è pubblicato sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice e rapporto tra questo e il valore di riferimento per il tipo di Corpo Idrico, associabili ad un giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)	fino al raggiungimento di valori non più significativi in relazione agli effetti dell'opera.	
			NISECI (fauna ittica)	Il metodo ufficiale di riferimento per il calcolo dell'indice è pubblicato sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice associabili ad un giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)		
			ISECI (fauna ittica)	Zerunian S., 2004. Proposta di un Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche viventi nelle acque interne italiane. Biologia Ambientale, 18 (2): 25-30, Zerunian S., Goltara A., Schipani I., Boz B., 2009. Adeguamento dell'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche alla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE. Biologia Ambientale, 23 (2): 15-30.	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice associabile ad un giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)		
	Chimico - Fisico		Livello di inquinamento dai Macrodescrittori per lo stato ecologico (LIMeco)	I metodi ufficiali di riferimento per l'applicazione e il calcolo dell'LIMeco sono pubblicati sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI e sul DM 260/10	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice associabile ad un giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)		
	Morfologico		Indice di Qualità Morfologica (IQM)	ISPRA, IDRAIM – Sistema di valutazione IDR morfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua, Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua, 2013. versione aggiornata 2016	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice e rapporto tra questo e il valore di riferimento per il tipo di Corpo Idrico, associabili ad un giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)		

ACQUE INTERNE SUPERFICIALI - CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA E CHIMICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE

Obiettivi specifici del MA	Tipologia parametro	Tipologia acque interne	Parametro - Indicatore	Metodologia	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi
	Morfologico		IQMm	ISPRA, IDRAIM – Sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua, Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua, 2013, versione aggiornata 2016	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice e rapporto tra questo e il valore di riferimento per il tipo di Corpo Idrico, associabili ad un giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)		
	Morfologico		Indice di Qualità dell'Habitat	Tra gli altri è possibile fare riferimento al metodo Caravaggio (Core Assessment of River hAbitat Value and hydromorpholoGical cOndition), il cui metodo ufficiale di riferimento è pubblicato sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice		
	Morfologico		Indice di Funzionalità Fluviale (IFF)	Manuale APAT "I.F.F. 2007 - Indice di Funzionalità fluviale"	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice associabili su un giudizio di qualità su nove classi		
	Idrologico		Indice di Alterazione del Regime Idrologico (IARI)	ISPRA, Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici, 2011. DM 260/10	Valore numerico lungo la scala propria dell'indice e rapporto tra questo e il valore di riferimento per il tipo di Corpo Idrico, associabili ad un giudizio di qualità		
	Biologico	acque lentiche	Indice BQIES, Benthic Quality Index Expected Species (macroinvertebrati)	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI. Tabelle di riferimento di cui al DM 260/10.	Valore numerico, a cui associare giudizio di qualità		
			Indice complessivo per il fitoplancton (ICF), laghi e invasi	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI. Tabelle di riferimento di cui al DM 260/10.	Valore numerico, a cui associare giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)		

ACQUE INTERNE SUPERFICIALI - CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA E CHIMICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE

Obiettivi specifici del MA	Tipologia parametro	Tipologia acque interne	Parametro - Indicatore	Metodologia	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi
			indice IPAM (Italian PYtoplankton Assessment. Method), indice multimetrico che considera la biomassa (concentrazione di clorofilla a e biovolume) e la composizione (indice PTLot)- laghi e invasi (fitoplacton)	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI. Tabelle di riferimento di cui al DM 260/10.	Valore numerico, a cui associare giudizio in 5 classi di qualità		
			MacroIMMI (Macrophytes Italian MultiMetric Index), laghi e invasi (macrofite)	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI. Tabelle di riferimento di cui al DM 260/10.	Valore numerico, a cui associare giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)		
			Indice VL-MMI (volcanic lakes multimetric macrophyte index) laghi vulcanici (macrofite)	https://www.mase.gov.it/portale/documenti/d/guest/azzella_buzzi_marchetto_22052018_vlmmi-pdf	Valore numerico, a cui associare giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)		
			Indice EPI-L (Eutrophication/Pollution Index - Lake) laghi e invasi (diatomee)	ISPRA, Manuali e Linee Guida 111/2014 Metodi biologici per le acque superficiali interne 3050. Protocollo di campionamento e analisi delle diatomee bentoniche dei laghi e degli invasi	Valore numerico, a cui associare giudizio in 5 classi di qualità		
			Indice LFI (Lake Fish Index) laghi e invasi (pesci)	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI. Tabelle di riferimento di cui al DM 260/10.	Valore numerico, a cui associare giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)		

ACQUE INTERNE SUPERFICIALI - CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA E CHIMICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE

Obiettivi specifici del MA	Tipologia parametro	Tipologia acque interne	Parametro - Indicatore	Metodologia	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi
	chimico/fisico		Livello Trofico Laghi per lo stato ecologico (LTLecco)	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI	Valore numerico, a cui associare giudizio di qualità		
	Idrologico		Livello calcolo della sintesi annuale (Sa) dei dati mensili di livello (Im)	Report CNR-ISE, 02.13 Indici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi paragrafo 8.			
	Morfologico		LHS (Lake Habitat Survey)	Report CNR-ISE, 02.13 Indici per la valutazione della qualità ecologica dei laghi paragrafo 8.4.3	L'applicazione del LHS ad un corpo idrico lacustre, sia esso un lago o un invaso, porta, attraverso la compilazione di un database dedicato, alla definizione di due indici LHMS (Lake Habitat Modification Score) e LHQA (Lake Habitat Quality Assessment) che rappresentano rispettivamente un'indicazione di alterazione morfologica e un indice di qualità idromorfologica (o di habitat), dell'ambiente indagato, attraverso i quali è possibile effettuare la classificazione morfologica. Associato al LHS e alle informazioni con esso raccolte, c'è un ulteriore strumento per la definizione della qualità morfologica, che offre anche supporto decisionale per la gestione e il miglioramento dei corpi idrici: il MImAS (Morphological Impact Assessment System) (SNIFFER, 2008b)		

ACQUE INTERNE SUPERFICIALI - CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA E CHIMICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE

Obiettivi specifici del MA	Tipologia parametro	Tipologia acque interne	Parametro - Indicatore	Metodologia	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi
	Chimico	acque lotiche e lentiche	Stato chimico concentrazioni delle sostanze prioritarie (P), le sostanze pericolose prioritarie (PP) * e le rimanenti sostanze (E) Idrocarburi, metalli pesanti, ecc.	Al fine della classificazione dello stato chimico delle acque superficiali e per gli standard di riferimento si rimanda alle tabelle di riferimento di cui al DM 260/10 e al D.Lgs 172/2015 Idrocarburi totali: UNI EN ISO 9377-2:2002	µg/l (standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo SQA-MA)-		
			Durezza	UNI 10505:1996	µg/L di CaCO ₃		
			Cloruro	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 4090 A1	mg/l		
			Ortofosfati	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 4110	µg/L di P-PO ₄ ³⁻		
			Fosforo totale	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 4110	µg P/L		
			Nitrati / azoto nitrico	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 4040	mg/l N-NO ₃		
			Ione ammonio	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 4030	mg/ L di N-NH ₄ ⁺		

ACQUE INTERNE SUPERFICIALI - CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA E CHIMICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE							
Obiettivi specifici del MA	Tipologia parametro	Tipologia acque interne	Parametro - Indicatore	Metodologia	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi
			Azoto totale	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 4060	mg/l N/L		
			Alcalinità	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 2010	mg/L Ca(HCO ₃) ₂		
			Ph	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 2060	numerico		
			BOD5	UNI EN 1899-1:2001	mg(O)/l		
			COD	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 5130	mg(O)/l		
			Ossigeno disciolto	APHA Standard Methods for Examination of water and wastewater ed 21st 2005 4500 - OGB	mg/l e % saturazione		
			Concentrazione di sostanze pericolose nel sedimento (Cadmio - Mercurio - Piombo - PCB - IPA - ecc.)	Diversi approcci	mg/kg s.s		
			Solfati	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 4140B	mg/l		

ACQUE INTERNE SUPERFICIALI - CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA E CHIMICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI INTERNE

Obiettivi specifici del MA	Tipologia parametro	Tipologia acque interne	Parametro - Indicatore	Metodologia	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi
	Microbiologico		Escherichia coli	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 Met. 7030C	UFC/100 ml		
	Fisici		Temperatura dell'acqua	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 Met. 2100	°C		
			Conducibilità	APHA Standard Methods for Examination of water and wastewater ed 21st 2005 2510B	µS/cm		
			Solidi sospesi	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 Met. 2090	g/L		
			Torbidità	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 2110	NTU		
			Trasparenza	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 2120	m		
			Potenziale redox	In situ	mV		
			ALTRI PARAMETRI	Parametri per la classificazione dei corpi idrici a destinazione funzionale (acqua potabile, idonee alla vita dei pesci salmonicoli e ciprinicoli, alla vita dei molluschi) (Allegato 2 Parte III, D.Lgs. 152/2006) ed ecotossicologici	varie		

Scheda tecnica 2 - Parte B - “Controllo delle caratteristiche idrauliche” (Verifica degli aspetti quantitativi); Parte C - “Controllo degli scarichi” (Verifica degli scarichi di acque trattate e non trattate).

ACQUE INTERNE SUPERFICIALI - CONTROLLO DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE						
Obiettivi specifici del MA	parametro indicatore	unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi	Metodologia	
B. CONTROLLO DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE (Verifica degli aspetti quantitativi)	Portata liquida	mc/sec	FREQUENZA: numero di campionamenti per ciascuna fase, deve essere definita in relazione al parametro da monitorare, allo scopo di ottenere una caratterizzazione affidabile. In alcuni, in funzione della fase e delle caratteristiche delle lavorazioni, può essere richiesta la misura in continuo.	In corrispondenza di ciascun corpo idrico interferito dovrà essere posizionato un punto o più punti di monitoraggio con la finalità di valutare, in tutte le fasi di inserimento dell'opera (ante, in corso e post), la variazione dello stesso parametro al fine di poter individuare anche gli impatti determinanti dalla presenza di cantieri.	Le metodologie per il rilevamento della portata/velocità media della corrente, livelli, ecc., nei corsi d'acqua possono comprendere diverse tecniche di misura diretta e indiretta, selezionate in funzione delle caratteristiche del corpo idrico interferito. - Gli strumenti e i metodi utilizzati devono essere adeguati alle dimensioni del corso d'acqua, alla morfologia dell'alveo e ai range di velocità attesi. - Le misurazioni possono essere effettuate da punti di accesso disponibili (es. guadi, ponti, imbarcazioni) o mediante l'installazione di strutture temporanee o fisse; - Corsi d'acqua di grandi dimensioni (non guadabili): le misure potranno essere eseguite in corrispondenza di attraversamenti esistenti oppure con l'impiego di tecniche che consentono il rilievo a distanza o da remoto. - Corsi d'acqua di piccole e medie dimensioni (guadabili): si prediligono tecniche di misura diretta lungo sezioni trasversali opportunamente individuate. Utilizzo di dati esistenti: Qualora siano disponibili serie storiche o misurazioni di portata realizzate da autorità competenti (es. Autorità di bacino, arpa/appa) mediante stazioni idrometriche in prossimità dell'area di interesse, e in assenza di significative alterazioni idrauliche locali (dovute a immissioni o prelievi), sarà possibile fare riferimento a tali dati per integrare - o in casi specifici sostituire - le campagne di misura in sito.	
	Livello idrico / franchi idraulici	m s.l.m.	DURATA: <i>Ante operam:</i> campagna per almeno un anno. Corso d'Opera: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera. <i>Post operam:</i> durata sufficiente a far sicché l'indicatore/l'indice monitorato tenda ad un valore costante, oppure fino al raggiungimento di valori non più	In una sezione significativa in relazione all'opera e alla tipologia di interferenza generata dalle lavorazioni.		
	Portata solida	kg/s				

WMO-n. 1044, Manual on Stream Gauging Volume I – Fieldwork, Volume II – Computation of Discharge, 2010. (<https://library.wmo.int/records/item/35841-manual-on-stream-gauging-vol-ii-computation-of-discharge>)

ACQUE INTERNE SUPERFICIALI - CONTROLLO DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE						
Obiettivi specifici del MA	parametro indicatore	unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi	Metodologia	
	Livello Batimetrico	m s.l.m.	significativi in relazione agli effetti dell'opera.	In una sezione o più sezioni significative in relazione all'opera.		
C. CONTROLLO DEGLI SCARICHI (Verifica degli scarichi di acque trattate e non trattate)	Caratteristiche quantitative acque scaricate (portata liquida)	l/s	Corso d'opera: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera in base alle tipologie di scarico	In corrispondenza di ciascun punto di scarico (subito a monte dello scarico nel recettore).		
	Caratteristiche qualitative acque scaricate	varie	Post operam: secondo le indicazioni della normativa vigente e degli enti competenti per tutto l'esercizio dell'opera in funzione della sua tipologia		Monitoraggio dei parametri indicati nell'allegato 5 alla parte III del D.Lgs. 152/2006	Metodi analitici per le acque APAT - IRSA/CNR Manuali e linee guida 29/2003 e successivi eventuali aggiornamenti

12.2 Acque marine e marino costiere

12.2.1 Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale

La colonna d'acqua è l'ambiente in cui avvengono gran parte dei processi che regolano l'intero sistema marino. Pur essendo una matrice non conservativa, l'acqua riveste una notevole importanza in quanto veicola i contaminanti negli altri comparti marini attraverso i processi di diluizione, dispersione e ripartizione. Le indagini dei parametri fisici e chimici permettono quindi di valutarne lo stato di qualità, ma anche di fornire una base conoscitiva essenziale per lo studio del destino degli inquinanti immessi nell'ambiente e l'individuazione di possibili alterazioni significative del comparto di indagine a cui possono conseguire impatti.

12.2.2 Ambito oggetto del monitoraggio ambientale

12.2.2.1 Ambito normativo

Le attività di monitoraggio del comparto ambientale colonna d'acqua devono tenere in considerazione non solo i principi espressi dalla Direttiva VIA, ma anche le indicazioni contenute nei principali riferimenti normativi in ambito europeo e nazionale. Per quanto riguarda la legislazione europea, la Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE (DQA), recepita a livello nazionale attraverso la Parte Terza del D.Lgs. 152/2006, istituisce un quadro di azione comunitaria in materia di acque interne superficiali, di transizione, costiere e sotterranee, perseguendo scopi che riguardano tanto il profilo ambientale quanto quello più prettamente economico e sociale della gestione della risorsa.

Inoltre, a livello europeo il principale strumento giuridico per proteggere l'ambiente marino è costituito dalla Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino 2008/56/CE (MSFD), recepita dall'Italia con il D.Lgs. 190/2010. La MSFD istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri adottano le misure necessarie per conseguire o mantenere un buono stato ecologico dell'ambiente marino (GES - *Good Environmental Status*) entro il 2020, attraverso l'elaborazione e l'attuazione di strategie intese a proteggere e preservare l'ambiente marino, prevenirne il degrado o, laddove possibile, ripristinare gli ecosistemi marini nelle zone in cui abbiano subito danni. La MSFD richiede, inoltre, di *"stabilire e attuare programmi coordinati di monitoraggio per la valutazione in corso dello stato ambientale delle acque marine"*.

12.2.2.2 Ambito di indagine

L'ambito oggetto del monitoraggio ambientale consiste nella valutazione delle caratteristiche della colonna d'acqua, attraverso l'esecuzione di indagini chimiche e fisiche e, se necessario, anche di indagini biologiche ed ecotossicologiche. Nel complesso, l'approccio adottato dovrà permettere di descrivere e verificare eventuali alterazioni dei parametri in funzione degli impatti attesi.

Per questo, la strategia di monitoraggio deve essere definita, caso per caso, in base allo specifico contesto ambientale in cui l'opera viene realizzata, alle caratteristiche del progetto, alle differenti fasi progettuali (corso d'opera, esercizio e dismissione) e all'entità degli impatti attesi sull'ambiente marino.

Qualora le scelte progettuali siano state effettuate con il supporto di modelli matematici, il programma delle indagini (posizionamento delle stazioni e frequenze di campionamento) dovrà essere pianificato anche tenendo conto dei risultati della modellazione. In tal caso, i modelli dovranno essere opportunamente calibrati e validati durante le diverse fasi del monitoraggio *ante operam*, in corso d'opera e *post operam* (es. Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 169/2017; SNPA, 53/2024).

12.2.3 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

Le aree di indagine devono essere identificate in base alla tipologia dell'opera soggetta a VIA. L'estensione delle aree deve essere tale da comprendere un gradiente completo di un eventuale impatto, ovvero dal punto massimo di pressione (nei pressi dell'opera) fino alla zona di pressione minima o trascurabile, e comunque deve tenere conto delle valutazioni contenute nel SIA. Si dovrà tenere conto anche del tipo di ambiente marino

interessato dall'opera nel suo complesso e, in particolare, se si tratta di un'area marina costiera o di un ambiente *offshore*.

Le acque costiere risentono molto dell'influenza della costa e degli apporti di acque dolci e pertanto le loro caratteristiche chimico-fisiche possono variare notevolmente sia nel tempo che nello spazio; diversamente in mare aperto si hanno caratteristiche più stabili ed omogenee orizzontalmente e una maggior variabilità verticale a causa della stratificazione termica, in particolare durante i periodi estivi. Pertanto, la caratterizzazione in mare aperto può essere effettuata con un numero inferiore di stazioni anche distanti tra loro, ma con un numero maggiore di campioni lungo la colonna d'acqua rispetto alle acque costiere.

La tipologia di opera avrà poi influenza sul tipo di disegno di campionamento ovvero sul numero e posizionamento delle stazioni. In generale, per opere lineari, le stazioni dovranno essere posizionate lungo transetti ortogonali al "tracciato" dell'opera, durante le fasi *ante operam* e *post operam*, mentre durante la fase in corso d'opera i transetti dovranno seguire la direzione della corrente prevalente al momento della misura/campionamento. Per opere areali, le stazioni dovranno essere posizionate a distanze progressive dall'opera lungo uno o più transetti da selezionare in base alle correnti prevalenti. Nell'ambito del disegno di campionamento, andranno individuati uno o più siti di controllo (bianco spaziale), esterni all'areale potenzialmente impattato, da investigare per tutto il corso del monitoraggio al fine di interpretare al meglio la variabilità temporale dei risultati e avere condizioni di confronto.

Ulteriori stazioni di indagine della colonna d'acqua, devono essere previste in prossimità di ecosistemi sensibili o di impianti di allevamento di bivalvi e/o di specie ittiche nell'area di potenziale influenza delle opere, individuata in relazione all'idrodinamica e alle vie di trasporto preferenziale del particolato sospeso e/o delle masse d'acqua contenenti eventuali contaminanti, se oggetto di monitoraggio. In questi casi, le stazioni devono essere previste in posizioni fisse sia all'interno che all'esterno (punti controllo) dell'area di potenziale influenza delle opere.

In relazione alle peculiarità dell'ambito di intervento e in base alle finalità delle indagini, possono essere previste diverse tipologie di stazioni (Lisi *et al.*, Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023):

- stazioni installate su apposite infrastrutture, per l'acquisizione di dati ad alta frequenza (o in continuo) e in posizioni fisse selezionate in funzione dell'idrodinamica locale e della presenza di obiettivi sensibili da tutelare. Tali stazioni possono essere allestite con sonde di diversa tipologia per l'acquisizione di parametri di immediata determinazione (es. temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, fluorescenza, torbidità, correnti, ecc.) ed essere predisposte per il controllo in tempo reale dei parametri idonei a rilevare potenziali impatti mediante l'attivazione di sistemi di preallerta e allerta;
- stazioni da imbarcazione, per misure periodiche da eseguire in punti con posizione fissa per l'intera durata del monitoraggio, oppure in punti o transetti la cui posizione potrà variare nel tempo per seguire fisicamente l'evoluzione di un processo in atto (es. anomalie dei valori del deflusso di scarichi e fiumi e nella formazione di pennacchi termici o di torbida in corso d'opera). Tali imbarcazioni sono generalmente dotate di un sistema profilatore integrato costituito da una sonda multiparametrica, ed eventualmente un correntometro, e di un sistema di campionamento per il prelievo di campioni d'acqua¹⁰ a varie profondità (bottiglia *Niskin* o altro tipo) singolo o multiplo (campionatore del tipo a Rosette®).

Qualora le modalità operative e le misure di mitigazione siano state selezionate con il supporto di modelli matematici di ricostruzione e previsione i risultati degli scenari modellistici potranno essere utilizzati per (Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017; Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023; SNPA 53/2024):

- delimitare l'area all'interno della quale sia lecito attendersi un'alterazione significativa dei gradienti (orizzontali e/o verticali) dei parametri di interesse;
- supportare il posizionamento dei punti di prelievo e la scelta delle frequenze di monitoraggio;
- garantire un'adeguata operatività delle stazioni fisse installate in relazione agli obiettivi sensibili da tutelare e alla tempestiva messa in atto delle previste misure di mitigazione.

¹⁰ I sistemi di campionamento dell'acqua variano in funzione della tipologia di analisi che si deve effettuare sul campione. Si riportano ad esempio le bottiglie *Niskin* o Van Dorn in PVC per la determinazione generica dei parametri chimici e del TSS, oppure le bottiglie GoFlo, in acciaio inox, per indagini più approfondite sulla componente chimica dell'acqua raccolta.

Per quanto riguarda la localizzazione delle stazioni di indagine sulla componente biota, vedere i paragrafi seguenti e l'approfondimento al paragrafo 12.2.8.

12.2.4 Parametri descrittivi (indicatori)

I parametri descrittivi per la verifica e valutazione della variazione delle caratteristiche generali della colonna d'acqua andranno individuati in relazione agli impatti attesi, tenendo conto del tipo di opera e delle caratteristiche ambientali dell'area di intervento.

Monitoraggio dei parametri climatici e meteomarinari

La scelta del disegno di campionamento deve essere supportata da preliminari valutazioni sulle condizioni climatiche e meteomarine del sito di intervento (es. moto ondoso, livelli e correnti, portate fluviali e da scarichi, ecc.) per individuare quelle che possono influenzare maggiormente il trasporto, e più in generale, la tendenza a permanere in colonna d'acqua dei parametri indicatori di interesse.

Le principali forzanti da considerare per definire un corretto piano di campionamento sono generalmente distinte in (Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023):

- meteorologiche (es. campo di vento, pressione atmosferica, apporti pluviometrici);
- meteomarine (es. marea astronomica, meteorologica e moto ondoso);
- idrologiche (es. apporti fluviali e scarichi significativi, gradienti termici e salini).

Verificare l'incidenza delle forzanti maggiormente significative è importante anche per impostare risoluzioni spaziali e temporali delle indagini adeguate alle caratteristiche morfo-batimetriche del sito.

Per le valutazioni delle forzanti si potrà fare riferimento a dati di reti di monitoraggio istituzionali o disponibili presso altri Enti, eventualmente integrate con stazioni aggiuntive qualora si preveda che gli interventi portino a significative alterazioni localizzate (es. del campo di moto) da valutare. Si rimanda a Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 169/2017 e Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023 per una trattazione completa dei parametri climatici e meteomarinari e delle relative modalità di acquisizione.

Monitoraggio delle caratteristiche idrodinamiche

Per alterazioni idrodinamiche si intendono le variazioni che un'opera può indurre, in modo diretto o indiretto, sulle correnti rispetto alla situazione *ante operam*.

La valutazione delle caratteristiche idrodinamiche può essere funzionale:

- preliminarmente all'avvio dei lavori, alla pianificazione del disegno di campionamento (delle fasi *ante operam*, in corso d'opera e *post operam*) in relazione agli impatti attesi;
- in corso d'opera e *post operam*, alla comprensione delle eventuali alterazioni in atto (es. dinamiche sedimentarie e vie di trasporto preferenziale).

Pertanto, è importante prevedere il monitoraggio delle correnti nel caso in cui sia lecito attendersi un'alterazione dell'idrodinamica nell'area di potenziale influenza dell'opera.

Il piano di indagine deve consentire il reperimento di un set di dati rappresentativo della variabilità del campo di moto (direzione e intensità delle correnti) indotto dalle forzanti climatiche e meteomarine (es. moto ondoso, livelli e correnti, portate fluviali e da scarichi, ecc.) che maggiormente incidono nell'area di interesse.

Ad esempio, nel pianificare le indagini si dovrà tenere conto del fatto che le correnti (Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 169/2017; Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023):

- a largo, sono legate principalmente alla circolazione termohalina e possono avere una variabilità piuttosto lenta, quindi ben rappresentata da dati medi giornalieri o mensili;
- nei pressi della costa, si può osservare una variabilità maggiore innescata dall'azione del moto ondoso;
- in bacini confinati e aree portuali invece, la variabilità va valutata caso per caso in relazione alle peculiarità morfologiche e climatiche che determinano l'innescarsi di locali fenomeni di stratificazioni.

Qualora sia prevista l'acquisizione di altre misure per la definizione delle caratteristiche chimico fisiche generali della colonna d'acqua, si raccomanda la contestuale acquisizione del dato di corrente per la comprensione dei processi in atto.

Si rimanda alle linee guida ISPRA (Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 169/2017; Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023) e SNPA (53/2024) per approfondimenti sulle diverse tecniche di indagine.

Monitoraggio chimico-fisico della colonna d'acqua

Le indagini sul comparto acqua possono essere eseguite mediante l'utilizzo di sonde dotate di apposita sensoristica per l'esecuzione di misure lungo la colonna d'acqua con alte frequenze di acquisizione e restituzione immediata dei dati.

Questa tipologia di sonde può essere predisposta per l'acquisizione periodica e/o in continuo di misure, sia in punti specifici sia lungo profili (verticali e orizzontali), a diverse profondità lungo la colonna d'acqua.

Generalmente sono utilizzati sistemi strumentali dotati di sonde multiparametriche del tipo CTD (*Conductivity, Temperature, Depth*) che forniscono misure dirette di conducibilità, temperatura e pressione e indirette di salinità, densità e profondità. Tali sistemi strumentali possono essere integrati con sensori ausiliari per la determinazione di ulteriori parametri di interesse per il monitoraggio, quali: ossigeno disciolto, fluorescenza (clorofilla-a) e torbidità.

La dotazione strumentale può essere allestita per acquisizioni da imbarcazioni (con diverse modalità operative) e per acquisizioni presso stazioni fisse installate, destinate al monitoraggio in continuo in maniera autonoma (in auto-acquisizione) e di lunga durata (cfr. par. 12.2.3 "Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio").

Poiché le sonde consentono una lettura istantanea dei parametri misurati, il loro utilizzo è particolarmente indicato qualora sia necessario (o opportuno) monitorare in tempo reale l'insorgenza di alterazioni significative che possano compromettere la qualità del sistema o determinare fenomeni avversi (quali *plume* di torbida, fenomeni di anossia, bloom algali).

Si raccomanda l'acquisizione di parametri chimico-fisici generali della colonna d'acqua unitamente a misure di corrente per caratterizzarne la variabilità del parametro nel tempo e nello spazio.

Oltre alle misurazioni mediante sonda, può essere eseguito il prelievo di campioni d'acqua per la determinazione di parametri mediante analisi di laboratorio (Tabella 12.1 "Parametri da includere nella valutazione chimico-fisica della colonna d'acqua da ricercare mediante determinazione analitica").

I parametri fisico-chimici da ricercare mediante determinazione analitica nei campioni d'acqua sono, in via principale, quelli riportati nella Tabella 12.1. I campioni devono essere distribuiti nell'area di indagine e prelevati a profondità da selezionare in base alle peculiarità morfo-batimetriche e dei fenomeni di stratificazione attesi lungo la colonna d'acqua in relazione alla stagionalità e alla presenza di scarichi e foci fluviali.

Per il prelievo dei campioni devono essere utilizzati campionatori singoli (bottiglia *Niskin* o altro tipo) o multipli (campionatore del tipo a Rosette®) e le modalità di pretrattamento e conservazione dei campioni dovranno essere identificate in base al tipo di analita da analizzare ed alla metodica identificata.

Tab. 12.1 – Parametri da includere nella valutazione chimico-fisica della colonna d'acqua da ricercare mediante determinazione analitica

Gruppo	tipologia	Parametri
1	Descrittori fisico-chimici	Carbonio organico totale*, azoto e fosforo totale disciolti, ammonio, nitrati, nitriti, fosfati e solidi sospesi totali.
2	Sostanze di origine naturale o antropica, con caratteristiche di tossicità intrinseca e ambientalmente rilevanti, non necessariamente riconducibili all'opera	- Metalli (Hg, Ni, Cd, Pb, Crtot) ed As; - IPA (antracene, fluorantene, naftalene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, indeno(1,2,3-cd) pirene); - idrocarburi totali; - PCB (congeneri di cui all'Allegato 1, D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.); - DDT, DDD, DDE, HCB.
3	Sostanze la cui presenza è associabile alla realizzazione o esercizio dell'opera, o di cui è nota o sospetta una contaminazione sulla base di dati pregressi e/o del SIA	Particolare attenzione deve essere posta alle sostanze di cui alla tabella 1/A, paragrafo A.2.6 dell'Allegato 1 alla parte terza del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

*Carbonio organico totale: somma di carbonio organico particellato e carbonio organico disciolto.

Laddove nel SIA o in caratterizzazioni eseguite nell'ambito dell'*iter* autorizzativo siano state rilevate criticità per alcuni parametri chimici nei sedimenti, questi parametri dovranno essere ricercati anche nella colonna d'acqua durante la fase *ante operam* e di cantiere e, se confermati, anche nel *post operam*.

Sulla base delle risultanze ottenute nelle fasi *ante operam* e di cantiere, i parametri del gruppo 2 della tabella di cui sopra risultati non quantificabili in tutta l'area investigata e non riconducibili all'esercizio dell'opera possono essere omessi nella successiva fase di monitoraggio *post operam*.

A integrazione delle determinazioni ottenute con le suddette tipologie di indagine possono essere utilizzate stime ottenute da telerilevamento e modelli numerici (oceanografici, di trasporto o ecologici).

Monitoraggio delle caratteristiche di risospensione e trasporto

La realizzazione di nuove opere può richiedere operazioni di movimentazione di sedimenti (es. dragaggio, sversamenti, scavo per la posa di cavi e condotte) che possono causare fenomeni di risospensione, sia per l'azione diretta dei mezzi di lavoro, sia per le modifiche indotte dalle nuove opere sull'idrodinamica.

Qualora non sia possibile escludere effetti significativi riconducibili a variazioni delle dinamiche di risospensione e trasporto, è opportuno prevedere indagini di monitoraggio basate sull'acquisizione di misure di torbidità con diverse modalità operative (es. puntuali o lungo profili verticali e/o orizzontali), nonché sull'eventuale attivazione di sistemi di pre-allerta e allerta per il controllo, in tempo reale, di superamenti di valori soglia sito-specifici fissati per prevenire l'insorgenza di criticità (cfr. 12.2.7). Le misure di torbidità dovranno essere integrate con campionamenti periodici per la determinazione di solidi sospesi totali (TSS), anche ai fini della calibrazione periodica delle sonde.

Si raccomanda di associare alle misure di torbidità rilievi correntometrici, al fine di caratterizzare la variabilità spazio-temporale del parametro. Nel caso si opti per l'esecuzione di transetti orizzontali, questi dovranno estendersi lungo la direzione prevalente del trasporto del pennacchio di torbida fino ad una distanza dall'opera tale da escludere alterazioni misurabili.

In presenza di *target* sensibili individuati nell'ambito del SIA, o di ulteriori obiettivi da tutelare, le stazioni di monitoraggio dovranno essere posizionate in modo da garantire la tempestiva rilevazione di potenziali impatti.

Si rimanda a Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023 per la rassegna delle metodologie di indagine di torbidità e solidi sospesi e per l'implementazione di sistemi di controllo in tempo reale.

Monitoraggio della qualità della componente biota

Per particolari tipologie di opere (si veda ad es. Linea guida SNPA 53/2024) e, in generale, qualora il SIA evidenzi: a) la presenza di contaminazione nei sedimenti potenzialmente soggetti a risospensione, b) la presenza di popolazioni naturali (es. bivalvi) o impianti di allevamento nelle vicinanze, c) potenziale rilascio di contaminanti durante l'esercizio dell'opera, dovranno essere eseguite, secondo la normativa vigente e in accordo con l'Autorità competente, indagini sui bivalvi, secondo quanto descritto nei paragrafi 8.2 "Acquacoltura" e 12.2.8 Approfondimento "*Mussel Watch*, analisi di *biomarker* e stato di salute dei bivalvi".

Pertanto, in organismi filtratori (mitili) nativi e/o trapiantati possono essere effettuate indagini di bioaccumulo di contaminanti organici e inorganici, analisi di biomarker e misure dello stato di salute degli animali.

Nel caso di particolari opere, quali ad esempio rigassificatori a ciclo aperto, per le quali sia previsto un potenziale effetto sulla componente planctonica sarà opportuno prevedere indagini su fitoplancton, zooplancton e ittioplancton (vedi Linea guida SNPA 53/2024).

Inoltre, potranno essere stimati specifici indici, previsti dalla Direttiva quadro acque, quali:

- indice PREI (*Posidonia oceanica*) (si rimanda la trattazione al paragrafo 7.6.3 "Fanerogame marine");
- indice CARLIT (macroalghe) (si rimanda la trattazione al paragrafo 7.6.5.2.5 "Habitat di fondo duro);
- indice M-AMBI (macroinvertebrati bentonici).
-

12.2.5 Frequenza e durata dei monitoraggi

In termini generali, sempre tenendo conto delle caratteristiche dell'area marina e del tipo di opera, la frequenza e la durata del monitoraggio della colonna d'acqua dovranno essere previste in base ai tempi di realizzazione.

I parametri chimico-fisici di immediata determinazione, ossia misurabili con sonde, e i parametri del gruppo 1 della Tabella 12.1 devono essere monitorati con la seguente modalità:

- fase *ante operam*: con frequenza stagionale (4 volte nell'anno precedente l'inizio del cantiere), comunque adeguata a definire la variabilità temporale dei parametri di interesse nell'area potenzialmente interferita, in relazione alle caratteristiche dell'opera, ai tempi di realizzazione e alle finalità valutative individuate dal SIA;
- fase corso d'opera: contestualmente alle principali fasi di realizzazione dell'opera, con frequenze adeguate a rilevare tempestivamente eventuali anomalie impattanti la colonna d'acqua. Le indagini dovranno essere eseguite in punti o transetti la cui posizione dovrà consentire di seguire fisicamente l'evoluzione del cantiere, tenendo conto della posizione di obiettivi sensibili, rispetto all'area di intervento;
- fase *post operam*: con frequenza stagionale da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati) e/o fino ad escludere eventuali impatti a medio/lungo termine. Nel caso di scarichi di effluenti in mare tale frequenza dovrebbe essere adottata per l'intero esercizio dell'opera.

In generale, la frequenza di campionamento dovrà essere valutata caso per caso in relazione alle peculiarità morfologiche, climatiche e meteomarine che si riflettono sulla variabilità idrodinamica e sull'innescarsi di locali fenomeni di stratificazioni.

Considerazioni specifiche potranno essere fatte in relazione alla stagionalità e alla specificità dei processi fisici e biogeochimici che contraddistinguono le aree di indagine.

A titolo di esempio, nel caso di aree marine al largo, la variazione dei parametri oceanografici (es. temperatura e salinità) che influiscono sulla stratificazione e sull'andamento delle correnti è solitamente lenta; perciò, possono essere condotte misure meno frequenti rispetto a quelle delle aree costiere, senza che questo comprometta la rappresentatività del fenomeno.

I parametri chimici elencati in Tabella 12.1, gruppi 2 e 3, devono essere monitorati con la seguente frequenza:

- fase *ante operam*: con frequenza semestrale (2 volte nell'anno precedente l'inizio del cantiere);
- fase corso d'opera: contestualmente alle principali fasi di realizzazione dell'opera impattanti la colonna d'acqua al fine di rilevare tempestivamente eventuali anomalie imputabili ai lavori;
- fase *post operam*: con frequenza almeno semestrale da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati) e/o fino ad escludere eventuali impatti a medio/lungo termine. Nel caso di scarichi di effluenti in mare almeno una volta l'anno per l'intero esercizio dell'opera.

Per quanto riguarda la frequenza per le indagini sui bivalvi (*Mussel Watch*, analisi di *biomarkere* stato di salute) fare riferimento nell'approfondimento "Protocollo *Mussel Watch*, analisi di *biomarker* e stato di salute dei bivalvi" (paragrafo 12.2.8).

12.2.6 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

Per la scelta dei metodi analitici è opportuno prediligere metodi normati (es. UNI EN ISO, EPA, come indicato nel D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.). In ogni caso i metodi dovrebbero essere validati e documentati in conformità ai criteri descritti in linee guida riconosciute a livello nazionale o internazionale.

A garanzia della qualità del dato si raccomanda la partecipazione del laboratorio a circuiti di *proficiency testing* specifici per le matrici investigate.

Per la determinazione dei parametri chimici per i quali è previsto uno standard di qualità ambientale (SQA), i requisiti di prestazione dei metodi analitici impiegati (limite di quantificazione e incertezza di misura) devono essere conformi ai requisiti indicati dal D.Lgs. 219/2010.

A titolo esemplificativo, si riportano di seguito alcuni riferimenti:

- Brüggmann, L. and Kremling, K., 2007. Sampling, in *Methods of Seawater Analysis*, Third Edition (eds K. Grasshoff, K. Kremling and M. Ehrhardt), Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany.
- Lisi I., Feola A., Bruschi A., Di Risio M., Pedroncini A., Pasquali D., Romano E., 2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere. Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017, pp.144. ISBN 978-88-448-0872-3.
- Lisi I., Feola A., Orasi A., Cutroneo L., Bruschi A., De Angelis R., Filipponi F., La Valle P., Nicoletti L., Paganelli P., Capello M., Di Risio M., Pasquali D., De Gaetano P., Gaino F., Magri S., Barbone E., Ungaro N., 2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. ISBN 978-88-448-1193-8.
- SNPA, 53/2024. Linee Guida per la verifica degli eventuali impatti sull'ambiente marino dei terminali di rigassificazione e gasdotti di collegamento. Linee guida 53/24. ISBN 978-88-448-1230-0.
- UNESCO, 1988. The acquisition, calibration and analysis of CTD data. A report of SCOR Working Group 51. Technical Papers in Marine Science, 54: 1-59.

Per quanto riguarda le metodologie di riferimento per le indagini sui bivalvi fare riferimento all'approfondimento "*Mussel Watch*, analisi di *biomarker* e stato di salute" (paragrafo 12.2.8).

12.2.7 Valori di riferimento

Per i parametri chimici il riferimento è rappresentato dagli Standard di Qualità Ambientale (SQA) di cui al D.Lgs. 152/2006.

Si evidenzia che il criterio guida per la valutazione dell'entità e della durata dell'impatto è costituito dal non peggioramento delle condizioni rilevate in fase di *ante operam* o, ove previsto, rispetto all'eventuale valore di riferimento. Tale valutazione dovrebbe essere effettuata utilizzando approcci statistici robusti, idonei a garantire un'analisi affidabile delle variazioni osservate.

La valutazione degli impatti riconducibili ad eventuali anomalie in corso d'opera presuppone che i valori di riferimento siano definiti a partire da una serie di dati acquisita nell'*ante operam* che sia rappresentativa della variabilità locale del parametro in condizioni al contorno caratteristiche dell'area (es. intensi livelli pluviometrici, mareggiate, piene fluviali, troppo pieno degli scarichi, ecc.). Tali valori dovranno, inoltre, essere determinati tenendo conto della tipologia dei recettori sensibili da tutelare e della loro tolleranza sito-specifica.

Nell'ambito del monitoraggio in fase di cantiere, per alcuni parametri misurabili in tempo reale (es. torbidità nel caso di movimentazione di sedimenti, temperatura nel caso di scarichi di raffreddamento) è consigliabile la definizione di soglie (di attenzione e/o di allarme) per attivare in modalità proattiva una serie di azioni di carattere precauzionale/preventivo finalizzate a ridurre la probabilità che si verifichi un evento impattante sull'ambiente.

Per la torbidità si rimanda Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023, quale riferimento metodologico da mutuare, ove pertinente anche per altri parametri, riguardo alle tecniche di analisi, alle modalità di acquisizione dei dati e ai criteri di definizione e di gestione dei limiti durante l'esecuzione dei lavori.

Per quanto riguarda i valori di riferimento per le indagini sui bivalvi (*Mussel Watch*, analisi di *biomarker* e stato di salute) fare riferimento all'approfondimento al paragrafo 12.2.8.

12.2.8 Approfondimento: Protocollo *Mussel Watch*, analisi di *biomarker* e stato di salute dei bivalvi

L'impiego dei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) nel monitoraggio della contaminazione chimica degli ambienti marini è ormai utilizzato da decenni sia negli Stati Uniti (Goldberg, 1978) che nei Paesi dell'Unione Europea. Questi organismi, infatti, grazie alla loro capacità di concentrare nei propri tessuti i contaminanti proporzionalmente alle quantità presenti nell'ambiente, sono degli ottimi bioindicatori. La capacità dei mitili di bioaccumulare una notevole quantità di contaminanti, sia organici che inorganici (fino a 1000 volte rispetto a quanto rilevabile nelle acque), è legata alla loro intensa attività di filtrazione, che può raggiungere 30 litri di acqua al giorno. La loro efficacia nel riflettere lo stato di contaminazione delle aree indagate è inoltre confermata

dal fatto che i mitili non possiedono meccanismi significativi di regolazione delle concentrazioni tissutali di contaminanti.

I principali vantaggi offerti da un monitoraggio condotto con questi organismi bioindicatori si possono riassumere nei seguenti punti:

- valutazione del grado di contaminazione dell'area costiera attraverso una misura "integrata nel tempo", non riferibile, quindi, solo al momento del prelievo;
- possibilità di evidenziare facilmente gradienti di inquinamento sia in senso spaziale che temporale, nonché di effettuare confronti tra aree geograficamente distanti;
- stima della "biodisponibilità" delle sostanze tossiche presenti nell'ambiente marino e valutazione del rischio legato al trasferimento di questi elementi attraverso la rete trofica.

12.2.8.1 Ambito normativo

I molluschi bivalvi, grazie alla loro capacità di bioaccumulo e sensibilità agli inquinanti, sono ampiamente utilizzati come bioindicatori dello stato di salute dell'ambiente marino in diverse normative europee e nazionali. Nello specifico, i principali ambiti normativi nei quali risulta l'applicazione del Mussel Watch e dei biomarcatori sono:

- Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE, successive Decisioni Comunitarie (848/2017), e i decreti attuativi nazionali e loro aggiornamenti (come il D.Lgs. 190/2010, D.M. del 11/02/2015, D.M. del 02/02/2021, ecc.): i bivalvi sono utilizzati nel Descrittore 8 per monitorare la contaminazione chimica nel biota (D8C1), con campionamenti in aree a diversa pressione antropica e possono essere utilizzati anche per la valutazione degli effetti dei contaminanti mediante analisi di biomarker (D8C2);
- Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, Direttiva 2008/105/CE e Direttiva 2013/39/UE recepite a livello nazionale nel D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.: sono previsti standard di qualità ambientale (SQA) nel biota, incluso l'uso di bivalvi per contaminanti specifici (es. fluorantene, IPA, diossine); inoltre l'Allegato II bis del D.Lgs. 152/2006 prevede l'impiego dei bivalvi anche nella caratterizzazione ambientale delle aree marine dei Siti di Interesse Nazionale (SIN).

12.2.8.2 Metodologie di riferimento

Per effettuare le indagini di bioaccumulo, di biomarker e dello stato di salute dei bivalvi si applica il Protocollo del *Mussel Watch*, il quale varia a seconda che vengano utilizzati organismi naturali o organismi trapiantati.

Di seguito si descrivono le metodologie da adottare per queste casistiche e le principali operazioni da effettuare subito dopo il prelievo per ottenere i campioni da analizzare.

Organismi naturali (*Mussel Watch*)

Quando l'area di indagine coincide con habitat naturalmente popolati da mitili della specie *Mytilus galloprovincialis*, questi possono essere utilizzati ai fini del monitoraggio.

All'interno della colonia dovranno essere prelevati organismi omogenei per taglia, prediligendo quelli compresi tra i 50 mm e i 70 mm, corrispondenti a giovani adulti sviluppati in 18 mesi. Le analisi saranno condotte sulla polpa eviscerata dal guscio dei mitili. La quantità necessaria e quindi il numero di esemplari da prelevare sarà proporzionale al numero e al tipo di analisi chimiche da effettuare. Indicativamente, da 1 Kg di mitili di queste dimensioni si ottengono circa 30 g di polpa.

Organismi trapiantati (*Mussel Watch* attivo)

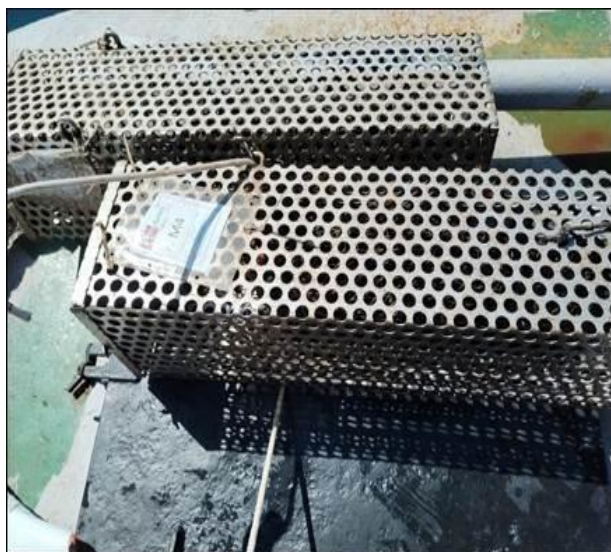
L'utilizzo di mitili trapiantati è spesso considerato preferibile, non solo nei casi in cui i mitili naturali siano assenti nell'area, ma anche quando si vuole avere la certezza che gli organismi non risultino contaminati prima del periodo di osservazione (periodo di posa). I mitili, infatti, dovranno essere prelevati da siti indenni caratterizzati da un'elevata e nota qualità chimica delle acque, in genere da impianti di allevamento controllati.

Essi dovranno essere consegnati ancora attaccati alla "resta", ovvero la treccia sulla quale sono stati allevati. Una parte di questi organismi sarà destinata alle analisi di bianco "temporale" (Tempo 0), mentre le altre reste verranno trapiantate mediante gabbie nei punti di indagine (si veda paragrafo 12.2.8.3.).

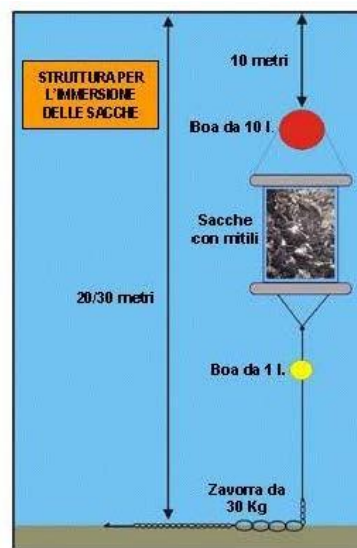
Se nell'area d'indagine sono presenti strutture fisse (ad es. nel caso di porti/siti industriali), si possono utilizzare gabbie in acciaio di forma idonea per contenere intere porzioni di reste (Figura 12.1); queste dovranno essere ancorate alle strutture presenti tra i -2 m e i -6 m di profondità.

In mancanza di strutture fisse nel sito di indagine, le gabbie vengono posizionate al di sotto della quota di navigazione e tenute in equilibrio idrodinamico da due boe ed ancorate al fondale tramite corpi morti (Figura 12.2). In questo caso, i mitili provenienti dagli allevamenti prima di essere inseriti nelle gabbie vengono staccati manualmente dalla resta, prestando particolare attenzione a evitare traumi agli organismi e a non inserire all'interno delle gabbie individui morti. Gli organismi selezionati, per un peso complessivo di 3 kg, devono essere omogenei per calibro e preferibilmente lunghi circa 50 mm (± 5 mm).

Fig. 12.1 e Fig. 12.2 – Esempi di strutture (gabbie) idonee al trapianto dei mitili.



Fonte dati: ISPRA



Fonte dati: IFREMER e ISPRA nell'ambito del progetto Interreg MEDDOC Mytilos.

I campioni devono rimanere immersi per un periodo non inferiore alle 6 settimane.

I mitili, sia nativi che trapiantati, una volta recuperati, devono essere immediatamente dissezionati oppure trasportati in laboratorio avvolti in un panno inumidito con acqua di mare, conservati in borse frigo (10-15°C) e qui misurati e dissezionati.

Preparazione dei campioni

Per ciascuna stazione dovrebbe essere raccolti (sia nel caso di nativi che di trapiantati) un numero di individui sufficienti per l'esecuzione delle analisi previste, di taglia approssimativamente tra il 70% e il 90% delle dimensioni massime della popolazione da cui sono raccolti.

I campioni destinati allo studio del bioaccumulo possono essere mantenuti, per circa 24 ore dal prelievo, refrigerati a circa 4°C in ambiente umido. I pool formati dai tessuti dei mitili dopo eviscerazione dovranno essere congelati a -20°C.

Qualora siano previste analisi di biomarker che richiedono un'elevata integrità del tessuto, subito dopo il prelievo in mare (e l'eventuale trasporto in laboratorio), le attività da eseguire prevedono, nell'ordine, 1) le misurazioni dei parametri biometrici (lunghezza valve, peso fresco organismo intero, peso totale tessuti molli del pool), 2) il prelievo di emolinfa e, successivamente, 3) la dissezione nel più breve tempo possibile dal prelievo in mare.

I tessuti da prelevare (ad eccezione dell'emolinfa che verrà utilizzata per la preparazione dei vetrini secondo protocollo standard specifico) verranno immediatamente immersi in azoto liquido e poi conservati a -80°C fino al momento dell'analisi.

12.2.8.3 Localizzazione aree di indagine/punti di campionamento

In generale, per le opere sottoposte a VIA, il piano di campionamento dei mitili dovrà essere progettato al fine di valutare l'impatto della possibile fonte di contaminazione (ad esempio uno scarico), prevedendo, qualora la presenza degli organismi in natura lo permetta:

- siti posizionati a distanze crescenti dalla possibile fonte di contaminazione;
- sito di bianco "spaziale", corrispondente al punto più distante dallo scarico, oppure in un sito esterno ritenuto "non contaminato".

Nel caso di organismi naturali, la scelta dei siti in cui prelevare gli individui tramite operatori subacquei ed il relativo numero, dipendono dagli obiettivi specifici del monitoraggio dell'opera in studio (si veda ad es. Linea guida ISPRA/SNPA 194/ 2021 e Linea guida SNPA 53/ 2024).

Nel caso di organismi trapiantati (*Mussel Watch* attivo), le gabbie ancorate sul fondale risultano vulnerabili all'attività di pesca a strascico. Pertanto, dove possibile, devono essere fissate in prossimità di aree protette o interdetto alla pesca, oppure su boe di segnalazione (fari, segnali marittimi), impianti di mitilicoltura (filieri) o strutture portuali. Nei settori considerati maggiormente a rischio, è buona prassi duplicare o anche triplicare le strutture.

Il *Mussel Watch* attivo permette di effettuare un piano di campionamento più performante per l'individuazione/monitoraggio della fonte di contaminazione. Esso, infatti consente di scegliere le distanze crescenti dove posizionare le gabbie e la profondità a cui mantenere i mitili durante il periodo di posa. Nel caso in cui si adotti questo tipo di *Mussel Watch*, bisognerà prevedere un bianco temporale, corrispondente agli organismi del sito di origine della popolazione utilizzata per il trapianto (campione denominato "Tempo 0" o T0), al fine di valutare le condizioni iniziali dei mitili prima di essere trapiantati e tenerne conto nella valutazione dei risultati ottenuti dopo il trapianto. I molluschi bivalvi, grazie alla loro capacità di bioaccumulo e sensibilità agli inquinanti, sono ampiamente

12.2.8.4 Parametri descrittivi

Per le indagini di bioaccumulo, bisogna considerare i potenziali contaminanti associati alla realizzazione ed all'esercizio delle opere ed il loro grado di bioaccumulabilità, anche in relazione ai parametri ricercati nelle matrici acqua e sedimento.

Allo studio del bioaccumulo è necessario associare alcuni parametri in grado di restituirci una indicazione sullo stato di salute degli organismi:

- la mortalità, valutata contando gli individui vivi e morti e calcolando la relativa percentuale;
- lo stato di accrescimento, calcolato attraverso la misurazione (prima e dopo la posa) della lunghezza e altezza delle valve.

Oltre ai parametri suddetti, possono essere eseguite le analisi dei *biomarker*, selezionandole tra quelle più comunemente utilizzate nel monitoraggio ambientale. Queste analisi permettono di avere maggiori informazioni in merito allo stato di salute degli organismi e di valutare gli effetti a livello fisiologico, molecolare e cellulare degli organismi, di una o più fonti di stress (es. contaminazione, differenze di salinità o temperatura) in una fase precoce di disturbo, prima che le alterazioni si trasmettano a livelli più elevati, di individuo e di comunità.

Di seguito viene riportato un possibile set di analisi che permette di individuare eventuali effetti fisiologici, di genotossicità, di neurotossicità e alterazioni legate a specifici contaminanti (Linea guida UNEP/MAP, 2017 e 2019; Linea guida SNPA, 53/2024):

- stabilità delle membrane lisosomiali in emociti (SML-NRRT) o nell'epatopancreas (SML-ESO, metodo citochimico);
- frequenza dei micronuclei in emociti (MN);
- attività dell'acetilcolinesterasi nelle branchie (AChE);
- livelli di metallotioneine nell'epatopancreas (MT);
- test di sopravvivenza (SoS).

Inoltre, per avere un'indicazione generale sullo stato di salute dell'organismo:

- calcolo dell'Indice di condizione (IC).

Infine, a supporto delle analisi di *biomarker*, nel sito di prelievo (contemporaneamente al campionamento) sarebbe opportuno misurare alcuni parametri abiotici quali pH, salinità, ossigeno disciolto dell'acqua.

12.2.8.5 Frequenza di campionamento

La frequenza del monitoraggio deve permettere di verificare sia la potenziale fonte di contaminazione riconducibile all'opera ed alle caratteristiche dell'area marina, tenendo in considerazione l'incidenza della variabilità naturale degli organismi:

- fase *ante operam*: frequenza possibilmente stagionale (4 campagne l'anno) o almeno semestrale (2 campagne l'anno, in primavera e autunno);
- fase di corso d'opera: frequenza possibilmente stagionale (4 campagne l'anno) o almeno semestrale (in primavera e autunno), in relazione alla durata delle attività di realizzazione dell'opera;
- fase *post operam*: frequenza possibilmente stagionale (4 campagne l'anno) o almeno semestrale (in primavera e autunno) nel primo anno e successivamente semestrale (2 campagne l'anno) per ulteriori 4 anni; qualora non siano registrate criticità durante i monitoraggi, potrà essere valutata la riduzione della frequenza.

Nella scelta dei mesi di campionamento è necessario tenere in considerazione il periodo riproduttivo nel corso del quale gli animali sono particolarmente stressati e presentano ingrossamento delle gonadi. In generale, il periodo ottimale per l'esecuzione del *Mussel Watch* è la primavera e l'autunno, tuttavia, a causa dei cambiamenti climatici in atto, si può correre il rischio di trovare gli organismi in riproduzione "precoc".

Ad ogni modo, qualora non sia possibile evitare il campionamento nel periodo riproduttivo, si suggerisce di tenerne conto nella valutazione dei risultati.

12.2.8.6 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

Di seguito i protocolli di riferimento per campionamento e analisi:

- ISPRA, 194/2021. Linee Guida per il monitoraggio degli effetti dello scarico in mare delle acque di produzione derivanti dall'estrazione di idrocarburi. Manuali e Linee guida 194/2021. ISBN 978-88-448-1064-1.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e ICRAM, 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (Triennio 2001 – 2003);
- SNPA, 53/2024. Linee Guida per la verifica degli eventuali impatti sull'ambiente marino dei terminali di rigassificazione e gasdotti di collegamento, Linee guida 53/24. ISBN 978-88-448-1230-0.
- UNEP/RAMOG, 1999. Manual on the Biomarkers Recommended for the MED POL Biomonitoring Programme. UNEP, Athens.
- UNEP/MAP WG.509/43, 2021 (Annex III, App. 22–24). Report of the Meeting of the MED POL Focal Points, 27–28 May and 6–7 Oct. 2021. Monitoring Guidelines/Protocols for Sampling and Sample Preservation of Marine Molluscs (such as *Mytilus* sp.) and Fish (such as *Mullus barbatus*) for IMAP Common Indicator 18.

12.2.8.7 Valori di riferimento

Per la valutazione dei risultati delle analisi di bioaccumulo nei mitili riferirsi ai valori di Standard di Qualità Ambientale per la qualità dell'ecosistema marino riportati nel D.Lgs. 152/2006 (tabella 1/A dell'Allegato 1, Parte III.).

Si evidenzia che il criterio guida per la valutazione dell'entità e della durata dell'impatto è costituito dal non peggioramento delle condizioni rilevate in fase di *ante operam* o rispetto all'eventuale area di riferimento; tale valutazione dovrebbe essere effettuata utilizzando approcci statistici robusti.

La valutazione di eventuali impatti riconducibili ad eventuali anomalie in corso d'opera implica che la serie di dati acquisita nell'*ante operam* sia rappresentativa della locale variabilità dell'area e che i valori dei limiti siano definiti in funzione della tipologia e/o della locale tolleranza sito-specifica dei recettori sensibili da tutelare.

Per la valutazione dei risultati delle analisi di *biomarker* bisogna effettuare un confronto statistico (livello di significatività $p < 0,05$) dei dati ottenuti da organismi prelevati nei pressi della struttura/opera rispetto ai dati ottenuti da organismi della stessa specie prelevati in un'area di controllo (bianco spaziale) nello stesso periodo. Qualora non fosse possibile recuperare i mitili del "bianco spaziale" è possibile comunque confrontare i dati ottenuti nei siti monitorati con i valori soglia di BAC (*background assessment criteria*) e EAC (*environmental assessment criteria*) stabiliti in ambito UNEP per i mitili del Mar Mediterraneo (UNEP *Decision IG. 22/7* del 2016 e *Decision IG. 23/6* del 2017 ed eventuali aggiornamenti). Per entrambe le tipologie di analisi, nel caso in cui si effettui un *Mussel Watch* attivo (trapianti), la valutazione dello stato di salute dei mitili "da trapiantare" viene effettuata mediante un confronto dei valori misurati al T0 con i valori soglia definiti per questa specie in Mar Mediterraneo (BAC e EAC o SQA).

12.2.8.8 Bibliografia

Goldberg, E.D., Bowen, V.T., Farrington, J.W., Harvey, G., Martin, J.H., Parker P.L., Risebrough, R.W., Robertson, W., Schneider, E., Gamble, E., 1978. The Mussel Watch. *Environmental Conservation* 5, 101-125.

UNEP/MAP, 2016. *Decision IG.22/7*.

UNEP/MAP, 2017. *Decision IG.23/6*.

UNEP/MAP, 2017. UNEP/MED WG 439/12 IMAP Common indicator Guidance facts sheets, Pollution and Marine litter.

UNEP/MAP, 2019. UNEP/MED WG 467/5. IMAP Guidance Factsheets: Update for Common Indicators 13,14, 17, 18, 20 and 21: New proposal for candidate indicators 26 and 27.

UNEP/MAP WG.509/43, 2021 (Annex III, App. 22–24). Report of the Meeting of the MED POL Focal Points, 27–28 May and 6–7 Oct. 2021. Monitoring Guidelines/Protocols for Sampling and Sample Preservation of Marine Molluscs (such as *Mytilus* sp.) and Fish (such as *Mullus barbatus*) for IMAP Common Indicator 18. p. 2514.

UNEP/RAMOG, 1999. Manual on the Biomarkers Recommended for the MED POL Biomonitoring Programme. UNEP, Athens.

12.2.9 Scheda tecnica

ACQUE MARINE e MARINO COSTIERE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del MA	Parametri descrittivi	Localizzazione dei siti di monitoraggio (*)	Frequenza/durata (*)	Metodologie di riferimento	Valori limite o valori standard di riferimento
ACQUE MARINE E MARINO-COSTIERE	Valutazione delle forzanti climatiche e meteomarine	Condizioni meteorologiche, meteomarine.	Fare riferimento a dati di reti di monitoraggio istituzionali o disponibili presso altri Enti, eventualmente integrate con stazioni <i>ad hoc</i> qualora siano previste alterazioni significative localizzate.	Frequenze: stabilite dalle reti di monitoraggio istituzionali. Durata: compatibile con le finalità del PMA e con la durata delle fasi di monitoraggio (AO, CO, PO).	Letteratura scientifica e protocolli metodologici di settore. Es. Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017; Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023.	Da valutare caso per caso, in funzione dell'area di intervento.
	Valutazione delle caratteristiche idrodinamiche	Direzione e intensità delle correnti.	I punti stazione/transetti devono essere posizionati in modo da essere rappresentativi e/o sovrapponibili con quelli selezionati per investigare le caratteristiche chimico-fisiche generali.	Frequenza: da stabilire in funzione della locale variabilità idrodinamica. Durata: compatibile con le finalità e la durata delle fasi di monitoraggio (AO, CO, PO).	Letteratura scientifica e protocolli metodologici di settore. Es. Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017; Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023; SNPA 53/2024.	Da valutare caso per caso, in funzione dell'area di intervento.

ACQUE MARINE e MARINO COSTIERE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del MA	Parametri descrittivi	Localizzazione dei siti di monitoraggio (*)	Frequenza/durata (*)	Metodologie di riferimento	Valori limite o valori standard di riferimento
ACQUE MARINE E MARINO-COSTIERE	Caratteristiche chimico-fisiche generali	Parametri CTD (Temperatura, Salinità, Densità, Fluorescenza, Ossigeno disciolto, pH)	Stazioni/transetti da identificare in base al tipo di opera, con distribuzione tale da comprendere un gradiente completo di un eventuale impatto. <u>Opere lineari.</u> AO e PO: stazioni su transesti ortogonali al tracciato; CO stazioni su transesti paralleli alla direzione della corrente prevalente al momento della misura/campionamento. <u>Opere ad impatto areale.</u> AO e PO: stazioni posizionate a distanze progressive dall'opera lungo uno o più transesti da selezionare in base alle correnti prevalenti. Prevedere uno o più siti di controllo. Prevedere ulteriori stazioni se presenti target sensibili o da tutelare.	AO: 4 volte nell'anno precedente l'inizio del cantiere, con frequenza stagionale. CO: contestualmente alle principali fasi di realizzazione dell'opera, con frequenze tali da rilevare tempestivamente eventuali impatti. PO: frequenza stagionale fino al ripristino delle condizioni iniziali e/o fino ad escludere eventuali impatti a medio/lungo termine. Nel caso di scarichi di effluenti in mare, frequenza stagionale per l'intero esercizio dell'opera.	Metodi normati, validati e documentati (vedi paragrafo 12.2.6).	Criterio guida: ripristino delle condizioni rilevate in fase <i>ante operam</i> o rispetto all'eventuale area di riferimento.
ACQUE MARINE E MARINO-COSTIERE	Descrittori chimico fisici (vedi tab. 12.1, gruppo 1)	Carbonio organico totale, azoto e fosforo totale, ammonio, nitrati, nitriti, fosfati e solidi sospesi totali	I punti stazione/transetti devono essere gli stessi di quelli previsti per la definizione delle caratteristiche chimico-fisiche generali.	La frequenza e la durata delle attività di monitoraggio sono le stesse di quelle previste per la definizione delle caratteristiche chimico-fisiche generali.	Metodi normati, validati e documentati (vedi paragrafo 12.2.6).	Criterio guida: non peggioramento delle condizioni rilevate in fase <i>ante operam</i> o rispetto all'eventuale area di riferimento.
	Sostanze di origine naturale o antropica, (Tabella 12.1, gruppo 2)	- Metalli (Hg, Ni, Cd, Pb, Crtot) ed As; - IPA (antracene, fluorantene, naftalene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, indeno(1,2,3-cd)pirene); - Idrocarburi totali;	I punti stazione/transetti devono essere gli stessi di quelli previsti per la definizione delle caratteristiche chimico-fisiche generali.	AO: 2 volte nell'anno precedente l'inizio del cantiere, con frequenza semestrale. CO: contestualmente alle principali fasi di realizzazione dell'opera, con frequenze tali da rilevare tempestivamente eventuali impatti. PO: frequenza almeno semestrale da ripetersi fino al	Metodi normati, validati e documentati (vedi paragrafo 12.2.6).	Criterio guida: non peggioramento delle condizioni rilevate in fase <i>ante operam</i> o rispetto all'eventuale area di riferimento. Per i parametri chimici, laddove pertinente, il riferimento è rappresentato

ACQUE MARINE e MARINO COSTIERE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del MA	Parametri descrittivi	Localizzazione dei siti di monitoraggio (*)	Frequenza/durata (*)	Metodologie di riferimento	Valori limite o valori standard di riferimento
		- PCB (congeneri di cui all'Allegato 1, D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.); - DDT, DDD, DDE, HCB		ripristino delle condizioni iniziali e/o fino ad escludere eventuali impatti a medio/lungo termine. Nel caso di scarichi di effluenti in mare almeno una volta l'anno per l'intero esercizio dell'opera.		dagli SQA di cui al D.Lgs 152/2006.
	Sostanze associabili alla realizzazione o esercizio dell'opera o a contaminazione pregressa (Tabella 12.1, gruppo 3)	In particolare, le sostanze di cui alla tab. 1/A, par. A.2.6, All. 1 parte terza D. Lgs. 152/2006	I punti stazione/transetti devono essere gli stessi di quelli previsti per le caratteristiche chimico-fisiche generali	La frequenza e la durata sono le stesse di quelle previste per le sostanze di origine naturale o antropica.	Metodi normati, validati e documentati (vedi paragrafo 12.2.6).	
ACQUE MARINE E MARINO-COSTIERE	Variazioni delle caratteristiche di risospensione e trasporto	Misure di torbidità puntuali o lungo profili verticali e/o orizzontali, o per l'implementazione di sistemi di allerta.	Da misurare nelle stesse stazioni investigate per le caratteristiche chimico-fisiche generali. Nel caso di transetti orizzontali, le misure sono da eseguirsi lungo la direzione del pennacchio di torbida fino ad una distanza dall'opera oltre la quale non si rileva alcuna alterazione. Nel caso di stazioni fisse installate su apposite infrastrutture dedicate all'attivazione di sistemi di pre-allerta e allerta l'ubicazione deve essere individuata tenendo conto della direzione media delle correnti e alla posizione dei target sensibili da tutelare.	La frequenza e la durata delle attività di monitoraggio sono le stesse di quelle previste per la definizione delle caratteristiche chimico-fisiche generali.	Lisi et al., Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023.	Da valutare caso per caso, in funzione dell'area di intervento. Criterio guida: ripristino delle condizioni rilevate in fase <i>ante operam</i> o rispetto all'eventuale area di riferimento.
ACQUE MARINE E MARINO-COSTIERE	Chimica ed ecotossicologia del biota (solo per particolari tipologie	<u>Bioaccumulo</u> : potenziali contaminanti associati alla realizzazione ed all'esercizio delle opere, tenendo in considerazione il loro grado di bioaccumulabilità (v.	Stazioni a distanze crescenti dalla potenziale fonte di contaminazione; Prevedere bianco "spaziale", e se <i>Mussel Watch</i> "attivo" anche bianco "temporale"	AO: stagionale (4/anno) o almeno semestrale (2/anno, primavera e autunno); CO: stagionale (4/anno) o almeno semestrale (2/anno,	Cicero & Di Girolamo, 2001; SNPA, 53/2024; ISPRA/SNPA, 194/2021.	Criterio guida: non peggioramento delle condizioni rilevate in fase <i>ante operam</i> o rispetto all'eventuale area di riferimento.

ACQUE MARINE e MARINO COSTIERE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del MA	Parametri descrittivi	Localizzazione dei siti di monitoraggio (*)	Frequenza/durata (*)	Metodologie di riferimento	Valori limite o valori standard di riferimento
	di opere e in base al SIA)	parametri ricercati nelle matrici acqua e sedimento)		primavera e autunno), in relazione alla durata delle attività di realizzazione dell'opera;		Per i parametri chimici, laddove pertinente, il riferimento è rappresentato dagli SQA di cui al D.Lgs 152/2006
ACQUE – MARINE E MARINO-COSTIERE		<i>Biomarkere</i> stato di salute: - mortalità - accrescimento - indice di condizione (IC) - set "minimo" di analisi quali SML-NRRT/ESO, MN, AChE, MT, SoS		<u>PO</u> : 1° anno stagionale (4/anno) o almeno semestrale (2/anno, primavera e autunno); dal 2° anno semestrale (2/anno) per ulteriori 4 anni (con possibilità di riduzione della frequenza).	UNEP-RAMOGGE, 1999 UNEP/MAP, 2021 SNPA, 53, 2024	Per i parametri biochimici, laddove pertinente, il riferimento è rappresentato dai BAC e EAC dell'UNEP [Decision IG. 22/7 (2016) e IG. 23/6 (2017)]

12.3 Acque di transizione

12.3.1 Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale relativo alla componente "Acque di transizione" è finalizzato a valutare eventuali variazioni significative delle caratteristiche delle acque, che possano verificarsi sia in fase di costruzione che in fase di esercizio e/o dismissione dell'opera, rispetto alla situazione *ante operam*. Gli obiettivi specifici di seguito riportati e i relativi ambiti di monitoraggio, andranno trattati nel PMA in funzione delle diverse tipologie di opere che possono essere realizzati negli ambienti di transizione e, allo stesso tempo, tenendo conto delle peculiarità ambientali che caratterizzano questi ambienti. Obiettivi specifici e ambiti di monitoraggio dovranno fare riferimento alle previsioni del SIA in termini di impatti significativi e negativi e, laddove siano individuate misure di compensazione e mitigazione di tali impatti, il PMA dovrà essere in grado di valutarne l'efficacia.

Sono individuati quattro obiettivi specifici che si articolano in diversi ambiti, come riportato nei paragrafi successivi e nella Scheda tecnica del paragrafo 12.3.7:

- A. Variazioni delle caratteristiche della colonna d'acqua;
- B. Variazioni delle caratteristiche idrodinamiche;
- C. Variazione delle caratteristiche morfologiche;
- D. Valutazione degli effetti sulle comunità biologiche.

12.3.2 Ambito oggetto del monitoraggio ambientale

12.3.2.1 Ambito normativo

La protezione e il relativo monitoraggio ambientale delle acque di transizione in Italia si fondano su un sistema normativo stratificato, che parte dalle Direttive dell'Unione Europea e si articola attraverso la legislazione nazionale e i relativi decreti attuativi.

L'ambito normativo del PMA per le acque di transizione, relativamente agli impatti significativi e negativi contenuti nel SIA, si colloca all'interno di un processo di semplificazione e coordinamento richiamato dall'art. 2.3 della Direttiva 2011/92/UE, così come modificata dalla Direttiva 2014/52/UE, con una piena sinergia con quanto previsto dalla Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro Acque - DQA), recepita dal nostro ordinamento dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.¹¹

Il PMA dovrà consentire di valutare gli effetti significativi e negativi dell'opera sulle acque di transizione ed inoltre, valutare durante le diverse fasi di attività, la non compromissione degli obiettivi di "qualità ambientale" fissati per i diversi corpi idrici (così come definiti dalla normativa di settore) nei Piani di Gestione dei Distretti Idrografici (PdG) ai sensi della DQA.

Ciò al fine di fornire un quadro chiaro sotto il profilo della DQA, anche rispetto all'applicazione di eventuali deroghe¹².

Per la redazione del PMA dovranno essere considerate anche le seguenti ulteriori indicazioni comunitarie:

- Direttiva 2008/105/CE, relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle Direttive del Consiglio 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE, nonché modifica della Direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio;

¹¹ D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., Parte III - Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche (artt. 53-176).

¹² Ai sensi dell'articolo 4 comma 7 della DQA - trasposti nella normativa italiana dagli articoli 76 e 77 del D.Lgs. 152/06 è possibile derogare agli obiettivi di qualità stabili per un corpo idrico solo nel caso vengano rispettati alcuni requisiti ben definiti e stringenti. È auspicabile che il PMA, coerentemente con il SIA, fornisca un adeguato contributo informativo per favorire la verifica di tali requisiti.

- Direttiva 2009/90/CE, che stabilisce le specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque;
- Direttiva 2013/39/UE, che modifica le Direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque;
- Decisione 2018/229/UE della Commissione, che istituisce a norma della Direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati Membri risultanti dall'esercizio di intercalibrazione e che abroga la Decisione 2013/480/UE della Commissione;
- Regolamento (UE) 2023/915 della Commissione, relativo ai tenori massimi di alcuni contaminanti negli alimenti e che abroga il Regolamento (CE) n. 1881/2006.

Tenuto conto degli aggiornamenti normativi, dovranno, anche, essere considerati i seguenti Decreti:

- D.M. 14/04/2009, n. 56 – Regolamento recante “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 152/2006, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'art. 75, comma 3, del D.Lgs. medesimo”;
- D.Lgs. 10/12/2010, n. 219 di attuazione della Direttiva 2008/105/CE relativa agli *standard* di qualità ambientale nel settore delle acque;
- D.M. 08/10/2010, n. 260 – “Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo”;
- D.Lgs. 13/10/2015, n. 172 di attuazione della Direttiva 2013/39/UE, che modifica la Direttiva 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque.

12.3.2.2 Ambito di indagine

Le acque di transizione sono definite all'art. 2, punto 6 della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE come “*corpi idrici superficiali in prossimità della foce di un fiume, che sono parzialmente di natura salina a causa della loro vicinanza alle acque costiere, ma sostanzialmente influenzati dai flussi di acqua dolce*”.

La stessa definizione è ripresa nel D.Lgs. 152/2006 parte III, art. 74, comma 2, lettera e). Nella definizione sono ricomprese anche le lagune costiere e gli stagni costieri.

In considerazione di quanto previsto dall'ambito normativo e dalle caratteristiche intrinseche degli ambienti di transizione, per ciascun obiettivo specifico del PMA riportato al paragrafo 12.3.1., sono identificati specifici ambiti oggetto del PMA, che vanno indagati in funzione della tipologia di opera, come di seguito elencati e sintetizzati nella Scheda tecnica del paragrafo 12.3.7.

Per l'obiettivo specifico A. “Variazione delle caratteristiche della colonna d'acqua”, sono identificabili tre ambiti di indagine:

- A1 – Caratteristiche generali della colonna d'acqua;
- A2 – Caratteristiche chimiche della colonna d'acqua;
- A3 – Bioaccumulo e *biomarker*.

Per l'obiettivo specifico B. “Variazioni delle caratteristiche idrodinamiche”, gli ambiti di indagine si dovranno riferire a:

- B1 – Variazioni delle correnti;
- B2 – Variazioni del moto ondoso;
- B3 – Variazioni del regime di marea.

Per l'obiettivo specifico C. “Variazioni delle caratteristiche morfologiche” sono individuabili due principali ambiti di indagine:

C1 - Variazioni delle dinamiche di trasporto, risospensione e sedimentazione;

C2 - Evoluzione del fondale e delle strutture morfologiche intertidali.

Per l'obiettivo specifico D. "Valutazione degli effetti sulle comunità biologiche", in considerazione della presenza di specifiche comunità sensibili, gli ambiti oggetto di monitoraggio potranno riguardare:

D1 – plancton;

D2 – macrofite;

D3 – macroinvertebrati bentonici;

D4 – fauna ittica;

D5 – popolamenti a bivalvi.

All'interno dei paragrafi dedicati ai singoli obiettivi, per ogni ambito, vengono descritte le seguenti specifiche, riportate in formato tabellare anche nella Scheda tecnica del paragrafo 12.3.7:

- Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio
- Parametri descrittivi (indicatori)
- Frequenza/durata dei monitoraggi
- Metodologie di riferimento/tecniche di misura
- Valori di riferimento

L'area d'indagine del PMA andrà individuata tenendo conto della potenziale estensione dell'impatto dell'opera (con riferimento a quanto individuato nel SIA), in funzione della tipologia dell'opera, delle caratteristiche ambientali e della grande variabilità dell'ambiente di transizione in esame.

L'estensione dell'area di indagine deve essere tale da permettere una verifica "a posteriori" delle previsioni del SIA, in termini di areale di impatto, ed estendersi quindi sino ad una distanza tale da riscontrare l'assenza di impatti derivanti dall'opera. Tale distanza va definita anche in relazione ai campi di moto e alla morfologia del sito.

L'areale di impatto può essere di tipo lineare, nel caso le opere si sviluppino lungo una direzione prevalente (es. passaggio di cavi, condotte, realizzazione di ponti, escavo di canali), o areale, nel caso di opere che si estendono nelle due dimensioni (es. realizzazione di porti, imbonimenti per realizzazione di strutture) o il cui impatto abbia carattere bidimensionale (es. escavo con movimentazione di sedimenti soggette alla dispersione delle correnti, variazioni morfologiche del fondale estese ad areali). In base ad esso, deve essere definita, nel piano di campionamento, la localizzazione e densità delle stazioni di monitoraggio, considerando l'elevata variabilità spaziale degli ambienti di transizione, ferma restando una valutazione dei costi-benefici dello sforzo di campionamento.

Nella localizzazione delle stazioni, ove possibile, andranno individuati uno o più siti di controllo), esterni all'areale potenzialmente impattato, ma con caratteristiche ambientali simili, da mantenere durante tutto il corso del monitoraggio al fine di interpretare i risultati e avere condizioni di confronto con i valori di riferimento/soglia selezionati.

Nel caso della messa in atto di misure di mitigazione, la localizzazione delle stazioni nelle quali vanno monitorati i parametri descrittivi dovrà essere valutata anche in funzione della tipologia e localizzazione delle misure stesse al fine di valutarne l'efficacia.

Per i parametri che lo richiedono, la tempistica del monitoraggio deve essere adeguata all'operatività del sistema di allerta/allarme definito e alla messa in atto delle misure di mitigazione previste.

Qualora nell'ambito del SIA la stima degli impatti sia stata effettuata con il supporto di modelli numerici (idrodinamici, di trasporto, ecologici), la localizzazione delle stazioni e la tempistica di monitoraggio dovranno essere definiti anche in riferimento ai risultati della modellazione.

Gli strumenti modellistici possono dare un utile supporto alla predisposizione del PMA in relazione al campo di moto caratteristico dell'area, alle dinamiche di erosione/deposizione e trasporto dei sedimenti e alla dispersione degli eventuali contaminanti.

In fase di elaborazione dei risultati, l'eventuale utilizzo di modellazioni numeriche permette inoltre la spazializzazione nell'intera area di studio delle misure puntuali.

Ogni modello numerico utilizzato deve essere opportunamente calibrato con le misure di campo disponibili o appositamente previste nell'ambito del PMA in corso (cfr. Scheda tecnica del paragrafo 12.3.7).

12.3.3 Obiettivo specifico A. Variazioni delle caratteristiche della colonna d'acqua

La colonna d'acqua, pur essendo una matrice ambientale non conservativa, riveste un ruolo cruciale. In essa si verificano la maggior parte dei processi naturali, nonché quelli indotti da cause antropiche, come l'immissione di inquinanti organici ed inorganici. Questi inquinanti si possono distribuire nella colonna d'acqua e nel sedimento attraverso processi di dispersione e adsorbimento. Allo stesso tempo la movimentazione di sedimento può alterare le caratteristiche della colonna d'acqua. Questi processi sono particolarmente esacerbati negli ambienti lagunari nei quali il battente d'acqua è generalmente piuttosto limitato. Inoltre, gli inquinanti presenti nell'acqua e nel sedimento possono accumularsi nel biota.

Le acque di transizione sono ambienti estremamente dinamici, nei quali le caratteristiche della colonna d'acqua possono variare significativamente in termini di salinità, temperatura, ossigenazione, concentrazione di nutrienti. Questi fattori rendono le acque di transizione ambienti complessi e in continua evoluzione. Un piano di monitoraggio idoneo deve garantire la valutazione degli impatti derivanti dalle fasi di CO e PO, distinguendo tali impatti dalle variazioni naturali tipiche di questi ambienti.

Gli ambiti di valutazione delle caratteristiche della colonna d'acqua si articolano in indagini chimico-fisiche, chimiche, analisi del bioaccumulo e dei *biomarker*.

Le indagini chimico-fisiche e chimiche hanno lo scopo di descrivere e verificare eventuali alterazioni dei parametri in funzione degli impatti attesi e di fornire una base interpretativa ai risultati delle indagini biologiche, utilizzate queste ultime come indicatore indiretto della qualità della colonna d'acqua.

L'analisi del bioaccumulo dei contaminanti fornisce una stima integrata nel tempo della contaminazione dell'area, oltre a dare indicazione del livello di contaminazione in grado di trasferirsi lungo la catena trofica. Al contempo, i *biomarker* forniscono una misura degli effetti biologici che possono essere messi in relazione alla contaminazione.

Per le opere per le quali è previsto un possibile impatto sul biota a causa di movimentazione di sedimento contaminato e di eventuali emissioni e/o scarichi di contaminanti nelle fasi di realizzazione ed esercizio dell'opera, si suggerisce di condurre l'analisi dei *biomarker*.

Le analisi del bioaccumulo e dei *biomarker* devono essere condotte sui medesimi organismi e con la stessa frequenza di campionamento al fine di correlare la concentrazione dei contaminanti alle risposte biologiche. La specie bioindicatrice da utilizzare per il monitoraggio della colonna d'acqua è *Mytilus galloprovincialis*, spesso utilizzata nei programmi di monitoraggio "*Mussel Watch*". Il *M. galloprovincialis* è una specie sessile, filtratrice, ampiamente diffusa, facilmente reperibile e di cui è nota la biologia. Le indagini di biomonitoraggio possono essere eseguite sia su organismi nativi sia in alternativa, qualora non disponibili, su organismi "trapiantati", mediante l'utilizzo di strutture di biomonitoraggio (gabbie). In alternativa ai mitili possono essere usate le vongole.

In aggiunta, dovrà essere utilizzata anche una specie ittica bentonica da popolazioni naturali.

12.3.3.1 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

Come riportato al paragrafo 12.3.2.2 "Ambito di indagine", la localizzazione delle aree d'indagine e dei punti di monitoraggio dipenderà dalla tipologia di opera, dall'estensione dell'impatto dell'opera e dalle caratteristiche idrodinamiche dell'area che per gli ambienti di transizione tidali sono fortemente condizionate dal regime di marea. Allo stesso tempo, per il posizionamento delle stazioni si deve tener conto dell'eventuale presenza di strutture morfologiche (isole, barene, canali) che potrebbero influenzare gli spostamenti delle masse d'acqua.

A1 - Caratteristiche generali, A2 Caratteristiche chimiche

Nelle diverse fasi del monitoraggio (AO, CO e PO) il numero e il posizionamento delle stazioni dovranno essere adeguati a garantire una caratterizzazione completa dell'area potenzialmente interessata dall'impatto dell'intervento. In base alla tipologia di opera potrà essere necessario prevedere sia stazioni fisse che mobili.

Il numero delle stazioni fisse verrà definito in funzione della tipologia delle attività e della presenza di recettori sensibili, e in CO anche in funzione della durata dei lavori. Le stazioni mobili, anch'esse da definire in base alle specificità dell'intervento, in CO dovranno essere in numero sufficiente a seguire l'evoluzione del cantiere.

Per il monitoraggio della torbidità, salinità, temperatura e condizioni di ossigenazione è preferibile, per specifici interventi, l'utilizzo di sonde in continuo opportunamente localizzate e accoppiate a campagne di misura lungo transetti.

In fase PO, dovranno essere monitorate stazioni poste nelle medesime posizioni delle stazioni monitorate nelle fasi precedenti in modo da poter valutare l'eventuale impatto dell'opera tramite confronto. In base ai risultati acquisiti nel primo anno di esercizio, il numero delle stazioni e la loro localizzazione potranno subire modifiche negli anni successivi al primo, anche in un'ottica di ottimizzazione delle risorse utilizzate.

Nel caso di opere ad impatto lineare, le stazioni di monitoraggio dovranno essere posizionate lungo transetti disposti ortogonalmente rispetto all'opera, tenendo conto delle correnti dominanti e dei risultati degli studi di dispersione dei sedimenti.

Nel caso di opere che abbiano un impatto areale si devono posizionare le stazioni a distanza progressiva dalla sorgente di impatto, lungo più transetti da selezionare in base all'estensione dell'area di impatto, alle correnti dominanti e alle caratteristiche morfologiche del fondale.

A3 – Bioaccumulo e *biomarker*

- Bioaccumulo

Nel caso del monitoraggio del bioaccumulo (in molluschi bivalvi e pesci) di opere ad impatto lineare e areale, si devono identificare stazioni ricadenti nell'intorno dell'opera e, laddove possibile, stazioni presso un'area di controllo con caratteristiche simili rispetto all'area d'indagine (ad es. salinità e temperatura), ma al di fuori dell'area di impatto. La scelta della posizione delle stazioni dovrà tenere in considerazione gli impatti previsti dal SIA e le risultanze dei modelli di dispersione.

Nel caso dei mitili trapiantati, si dovrà prevedere la selezione preventiva della popolazione da utilizzare ed il prelievo e l'analisi degli organismi del sito della popolazione di origine, campionata appena prima del trapianto stesso (tempo zero).

Potranno essere posizionate stazioni di trapianto a differenti distanze dalla struttura per valutare gli effetti di un potenziale gradiente di impatto.

Qualora nell'area interessata dagli impatti dovessero essere presenti popolamenti ittici e di bivalvi che, dalle risultanze del modello di dispersione, potrebbero subire possibili impatti, dovranno essere previste ulteriori stazioni di monitoraggio in prossimità di tali popolamenti.

- *Biomarker*

La localizzazione delle stazioni da monitorare è la medesima delle stazioni individuate per il bioaccumulo.

12.3.3.2 Parametri descrittivi (indicatori)

A1 - Caratteristiche generali

Oltre ai parametri specifici da selezionare in base alla tipologia di impatto individuato nel SIA, in generale, andranno monitorati anche i principali parametri descrittivi delle caratteristiche dell'ambiente di transizione in cui è localizzata l'opera. Gli elementi generali sono tra gli elementi chimici e fisico-chimici a sostegno degli elementi biologici indicati nella Parte A.1.1 dell'Allegato 1 alla Parte III del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. in recepimento alla DQA. I parametri descrittivi per la valutazione della variazione delle caratteristiche generali della colonna d'acqua sono: trasparenza, temperatura, condizioni di ossigenazione, condizione dei nutrienti (nitriti, nitrati, azoto ammoniacale, azoto totale, fosfati, fosforo totale) e salinità. In relazione anche agli impatti dichiarati nel SIA si raccomanda l'inclusione dei parametri pH, torbidità, solidi sospesi, carbonio organico disciolto (DOC), particolato (POC) e totale (TOC).

Laddove l'opera preveda variazioni delle caratteristiche microbiologiche dell'acqua, i parametri da ricercare andranno individuati in base a quanto dichiarato nel SIA.

Se l'opera prevede interventi che comportano una significativa movimentazione di sedimenti e/o variazioni idrodinamiche, particolare attenzione va posta alla scelta del set di parametri caratterizzanti sia l'impatto legato ai fenomeni di risospensione dei sedimenti nella colonna d'acqua (trasparenza, torbidità, solidi sospesi, ecc.), che le alterazioni delle caratteristiche fisiche quali temperatura e salinità.

A2 - Caratteristiche chimiche

I parametri chimici da monitorare dovranno essere selezionati sulla base degli impatti individuati nel SIA. Inoltre, dovranno essere monitorati i parametri chimici di cui alle tabelle 1/A e 1/B dell'Allegato 1 alla Parte III del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Se l'opera prevede interventi che comportano la movimentazione di sedimenti, la scelta del set analitico deve considerare anche l'impatto legato alla presumibile contaminazione della colonna d'acqua dovuta ai fenomeni di risospensione dei sedimenti nella colonna d'acqua stessa.

In base ai risultati acquisiti nel primo anno di esercizio, i parametri da analizzare potranno subire modifiche, apportando eventuali integrazioni o riduzioni in un'ottica di ottimizzazione delle risorse utilizzate.

A3 – Bioaccumulo e biomarker

- Bioaccumulo

Al fine di valutare l'impatto dell'opera sull'accumulo di inquinanti da parte degli organismi, in tutte le fasi del monitoraggio dovranno essere monitorate le sostanze individuate dal SIA. Considerando che in acque di transizione i fenomeni di risospensione del sedimento possono essere particolarmente rilevanti a causa del limitato battente d'acqua, sarà necessario monitorare negli organismi anche quei parametri che presentano criticità nel sedimento. Poiché è necessario verificare che l'opera non alteri la classificazione del corpo idrico ai sensi della DQA, a questi dovranno essere affiancati i contaminanti per i quali sono definiti gli SQA per il biota ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. (D.Lgs. 172/2015). Nonostante la maggior parte degli SQA per il biota sia definita per i pesci, qualora non fosse possibile campionare i pesci, al fine di garantire una valutazione completa del bioaccumulo, è necessario determinare nei molluschi anche quei parametri per i quali lo SQA è stabilito solo nei pesci. Il bioaccumulo degli IPA dovrà essere determinato nei molluschi.

- Biomarker

Per i dettagli sui tipi di risposte biologiche da analizzare si rimanda all'approfondimento riportato nel paragrafo 12.2.8 delle Acque marine e marino costiere.

12.3.3.3 Frequenza e durata dei monitoraggi

La frequenza dei monitoraggi potrà essere diversa a seconda del parametro e della fase di attività considerata (cfr. paragrafi successivi e Scheda tecnica del paragrafo 12.3.7).

Qualora il SIA preveda un'alterazione di un parametro chimico-fisico specifico (es. temperatura, salinità, cloruri, ecc.), in mancanza di una robusta e aggiornata banca dati pregressa, nella fase AO le frequenze di monitoraggio dovranno essere tali da costituire una caratterizzazione sito specifica sufficientemente robusta, tenendo conto della variabilità spaziale e temporale, e comunque la durata non dovrà essere inferiore ad un anno. La frequenza e la programmazione del monitoraggio in CO dovranno adattarsi all'effettivo cronoprogramma delle attività di cantiere. Per i parametri che lo richiedono, la tempistica del monitoraggio deve essere adeguata all'operatività del sistema di allerta/allarme definito e alla messa in atto delle misure di mitigazione previste. Si veda il successivo par. 12.3.3.5 per maggiori dettagli.

In generale, la frequenza e la durata del monitoraggio AO e PO dovranno essere sufficienti a discriminare, per quanto possibile, le eventuali alterazioni riconducibili all'opera dalla naturale variabilità degli indicatori ambientali utilizzati.

Per i parametri che verranno monitorati in continuo, la durata e le frequenze vanno definite in funzione dell'impatto atteso, in particolare se funzionali alla definizione di soglie specifiche per l'attivazione di procedure di allerta/allarme (es. torbidità).

Nella fase PO il monitoraggio dovrà proseguire per un periodo tale da verificare (o escludere) eventuali alterazioni ambientali.

Se è previsto uno scarico, oltre ai controlli previsti dalla normativa, dovrà essere effettuato un monitoraggio delle matrici potenzialmente influenzate dallo scarico per un tempo congruo a rilevare eventuali alterazioni acute e/o croniche.

Negli ambienti di transizione soggetti ad escursioni mareali i campionamenti dei parametri relativi alla matrice acqua andranno effettuati in corrispondenza delle fasi di quadratura, ad esclusione dei parametri che vengono monitorati in continuo e di quelli per cui è necessario valutare la dispersione in diverse fasi di marea (cfr. Scheda tecnica del paragrafo 12.3.7).

A1 - Caratteristiche generali

Per il monitoraggio delle caratteristiche generali, nella fase AO è necessario un monitoraggio almeno stagionale (4 volte all'anno) in tutte le stazioni per almeno un anno.

Durante il CO, in base alle diverse fasi di realizzazione dell'opera e alle tipologie di impatto individuate nel SIA, è necessario pianificare campagne di monitoraggio allineate con le varie attività previste dal cronoprogramma del progetto. Laddove la realizzazione dell'opera preveda una tempistica pari o superiore ad un anno, la frequenza dovrà essere stagionale (quattro campagne all'anno); qualora, invece, le tempistiche fossero inferiori, il numero di campagne potrà essere proporzionalmente adattato. In ogni caso, il monitoraggio deve essere eseguito durante quelle attività che potrebbero avere un impatto sull'ambiente di transizione quali, solo a titolo d'esempio, la movimentazione dei fondali e la dispersione dei sedimenti.

In fase PO, per le caratteristiche generali, la frequenza deve essere stagionale, da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati) e/o fino ad escludere eventuali effetti/impatti a medio e lungo termine. Nel caso di criticità si dovrà adottare una frequenza mensile.

Per il monitoraggio della torbidità, salinità, temperatura e condizioni di ossigenazione è preferibile, per specifici interventi, l'utilizzo anche di sonde in continuo opportunamente localizzate, eventualmente accoppiate a campagne di misura lungo transetti.

A2 - Caratteristiche chimiche

Nella fase AO è necessario selezionare almeno due stazioni maggiormente rappresentative dei potenziali impatti dell'opera per le quali prevedere un monitoraggio con frequenza mensile. Per tutte le altre stazioni individuate è sufficiente una frequenza stagionale.

In CO si dovrà effettuare il monitoraggio durante le diverse fasi di cantiere in base alle tipologie di impatto individuate dal SIA; la frequenza e la programmazione del monitoraggio dovranno adattarsi alle attività di cantiere. Subito dopo la conclusione delle attività di cantiere si dovrà effettuare il monitoraggio in tutte le stazioni dell'area d'impatto individuata.

In fase PO, per le stazioni che nella campagna effettuata alla fine delle attività di cantiere hanno mostrato delle criticità, deve essere prevista una frequenza di monitoraggio mensile per tutti i parametri stabiliti dalla normativa e per quelli relativi all'impatto. Per le altre stazioni è sufficiente una frequenza stagionale per tutti i parametri stabiliti dalla normativa e per quelli relativi all'impatto. Queste indagini devono essere condotte per almeno un anno. Successivamente al primo anno, in assenza di superamenti e/o criticità, si potrà considerare una cadenza stagionale in tutte le stazioni monitorate. Al contrario, se nel corso del primo anno PO dovessero emergere anomalie per alcuni parametri, sarà necessario effettuare nelle stazioni in cui si sono registrate tali anomalie un monitoraggio dei suddetti parametri con una frequenza mensile.

Il monitoraggio PO delle caratteristiche chimiche deve protrarsi fino alla verifica del ripristino delle condizioni iniziali e/o fino ad escludere eventuali effetti/impatti a medio e lungo termine.

A3 - Bioaccumulo e biomarker

- Bioaccumulo

Le concentrazioni di inquinanti chimici nei tessuti degli organismi bioindicatori possono essere influenzate da molti fattori ambientali e biologici, indipendentemente dalle variazioni degli apporti antropici. In particolare, le fluttuazioni stagionali devono essere considerate con attenzione per una corretta interpretazione dei risultati e per discriminare la variabilità naturale dai cambiamenti dovuti all'impatto umano. Per minimizzare la variabilità

naturale nei campioni di biota, è essenziale un disegno di campionamento adeguato. Bisogna considerare che età, dimensioni, sesso e stato di maturità sessuale possono influenzare le concentrazioni di contaminanti misurate. Il campionamento del biota deve essere effettuato solo quando pesci e bivalvi sono in uno stato fisiologico stabile e al di fuori del periodo riproduttivo ed è necessario campionare durante la stessa stagione, preferibilmente utilizzando la stessa specie e taglia in ogni stazione e fase del monitoraggio, al fine di evitare variazioni nelle concentrazioni riscontrate legate al ciclo biologico degli organismi.

Per i molluschi bivalvi:

- in fase AO, frequenza possibilmente stagionale (4 campagne l'anno) o almeno semestrale (2 campagne l'anno, in primavera e autunno);
- in fase CO, frequenza possibilmente stagionale (4 campagne l'anno) o almeno semestrale (in primavera e autunno), in relazione alla durata delle attività di realizzazione dell'opera;
- in fase PO, frequenza possibilmente stagionale (4 campagne l'anno) o almeno semestrale (in primavera e autunno) nel primo anno e successivamente semestrale (2 campagne l'anno); qualora non siano registrate criticità durante i monitoraggi, potrà essere valutata la riduzione della frequenza.

Per i pesci la frequenza dovrà essere semestrale in ogni fase del monitoraggio, evitando il periodo di riproduzione.

Il monitoraggio PO deve protrarsi fino alla verifica del ripristino delle condizioni iniziali e/o fino ad escludere eventuali effetti/impatti a medio e lungo termine.

- *Biomarker*

Il monitoraggio dei biomarker avrà la stessa frequenza definita per il bioaccumulo.

12.3.3.4 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

Le metodologie fanno riferimento a manuali e linee guida pubblicati e a metodi normati; laddove non disponibili si fa riferimento alla letteratura scientifica pubblicata.

A1 - Caratteristiche generali, A2 - Caratteristiche chimiche, A3 - Bioaccumulo

I metodi analitici impiegati devono essere riferiti a norme tecniche nazionali ed internazionali: UNI EN ISO, EPA, ASTM, APAT-IRSA-CNR ecc. e devono essere adeguatamente validati, con relativa documentazione, in conformità ai criteri descritti nelle Linee Guida riconosciute a livello nazionale e/o internazionale (es. Guida Eurachem, Rapporti Istisan 16/39). Inoltre, dovrebbe essere garantita la partecipazione del laboratorio che esegue le analisi a circuiti di *proficiency testing* specifici per le matrici e i parametri investigati.

Per la determinazione dei parametri chimici per i quali è previsto un SQA, i requisiti di prestazione dei metodi analitici impiegati (limite di quantificazione e incertezza di misura) dovranno essere conformi ai requisiti indicati dal D.Lgs. 219/2010 (che stabilisce, conformemente alla DQA, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque).

Per specifiche sulle metodologie di campionamento e analisi fare riferimento ai seguenti documenti:

- APAT IRSA-CNR, 2003. Metodi analitici per le acque. Manuali e linee Guida 29/2003; ISBN 88-448-0083.
- HELCOM COMBINE 2017. Manual for Marine Monitoring in the Combine;
- ISPRA, 2019. Protocolli per il campionamento e la determinazione degli elementi di qualità biologica e fisico-chimica nell'ambito dei programmi di monitoraggio ex 2000/60/CE delle acque di transizione. El-Pr-TW-Protocolli Monitoraggio-03 06_REV 2019 (https://www.sintai.isprambiente.it/public/DLGS152_06/acq_trans.xhtml?faces-redirect=true).
- Lisi I., Feola A., Orasi A., Cutroneo L., Bruschi A., De Angelis R., Filippini F., La Valle P., Nicoletti L., Paganelli P., Capello M., Di Risio M., Pasquali D., De Gaetano P., Gaino F., Magri S., Barbone E., Ungaro N., 2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. ISBN 978-88-448-1193-8.

- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e ICRAM, 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (Triennio 2001 – 2003);
- Ausili A., Berducci M.T., Maggi C., Sesta G., 2018. Analisi di sostanze prioritarie in matrici marine. Parte I. Verifica delle metodologie ufficiali esistenti e loro applicabilità alle matrici marine. ISPRA – Manuali e Linee Guida 175/2018. Roma febbraio 2018. ISBN 978-88-448-0884-6.
- Ausili A., Berducci M.T., Maggi C., Sesta G., 2018. Analisi di sostanze prioritarie in matrici marine. Parte II. Idrocarburi policiclici aromatici e metalli ed elementi in traccia. ISPRA - Manuali e Linee Guida 176/2018. Roma, febbraio 2018. ISBN 978-88-448-0885-3.
- SNPA, 13/2018. Il campionamento delle acque interne finalizzato alla determinazione dei parametri chimici e misura in campo dei parametri chimico fisici di base per la direttiva quadro sulle acque. Manuali e Linee Guida 13/2018. ISBN 978-88-448-0905-8.
- Vanzetti C., Antoci L., Balzamo S., Bartoli D., Bruciati M., Crescenzi E., Falomo J., Lottici S., Menegus L., Morelli M., Paolazzi M., Scaroni I.: "Linea guida per la scelta dei metodi di analisi di sostanze prioritarie ai sensi della direttiva 2000/60/CE" – Linee Guida SNPA 20/2019. ISBN 978-88-448-0944-7.
- SNPA, 2024. Metodologie analitiche utilizzate per la determinazione di sostanze organoalogenate in campioni di biota, Pubblicazioni tecniche SNPA, 2024. ISBN 978-88-448-1243-0.
- Technical Report - 2010 – 041. Guidance Document no. 25/2010 on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive (200/60/EC).
- Technical Report - 2014 – 084. Guidance Document No. 33 on analytical methods for biota monitoring under the Water Framework Directive.

A3 - Biomarker

Per il campionamento e la preparazione dei campioni utilizzati nell'analisi dei *biomarker* si riportano i seguenti riferimenti:

- Hansson T., Thain J., Martínez-Gómez C., Hylland K., Gubbins M., Balk L., 2017. Supporting variables for biological effects measurements in fish and blue mussel. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences. No. 60. 22 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.2903> per FC.
- Stagg, R., McIntosh, A., and Gubbins, M. J. 2016. Determination of CYP1A-dependent mono-oxygenase activity in dab by fluorimetric measurement of EROD activity in S9 or microsomal liver fractions. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences No. 57 per EROD.
- UNEP/MAP, 2021WG 509/43 Annex III, App. 22-23-24. Report of the Meeting, per il campionamento e analisi SML-NRRT/SML-ESO, MN, AChE, IC, SoS.
- UNEP-RAMOG, Manual on the Biomarkers Recommended for the MED POL Biomonitoring Programme. UNEP, Athens, 1999, per MT.

Per ulteriori indicazioni si rimanda al box di approfondimento riportato nel paragrafo 12.2.8 delle Acque marine e marino costiere.

12.3.3.5 Valori di riferimento

Nell'ambito del monitoraggio dell'impatto dell'opera in CO e PO, per alcuni parametri misurabili in tempo reale (es. torbidità nel caso di movimentazione e risospensione di sedimenti, temperatura nel caso di scarichi di raffreddamento) è consigliabile la definizione di soglie (valori limite) per attivare in modalità proattiva una serie di azioni di carattere precauzionale/preventivo finalizzate a ridurre la probabilità che si verifichi un evento impattante sull'ambiente. I livelli da utilizzare come soglie critiche possono consistere in un unico valore assoluto (fisso) oppure in una serie di livelli a crescente criticità (allerta/allarme). Tali valori limite vanno definiti sulla base dei valori della naturale variabilità caratteristica dell'area e della presenza di target sensibili di riferimento. Laddove non siano già disponibili e applicabili all'area di progetto, tali valori vanno identificati tramite specifiche attività di monitoraggio e analisi in fase AO.

Le azioni e le modalità di comunicazione da intraprendere al superamento dei limiti devono essere selezionate e pianificate prima dell'avvio dei lavori, eventualmente rimodulabili durante l'esecuzione dei lavori.

Si rimanda a Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione come esempio di approccio metodologico da mutuare per i parametri opportuni.

Per tutti gli altri parametri, il monitoraggio è normalmente progettato per permettere una valutazione dell'impatto tramite il confronto tra le condizioni AO, in CO e PO, nelle zone di impatto e di controllo. Eventuali valori soglia o *standard* di riferimento (quali limite di classe di cui al D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.), vanno considerati per valutare l'entità degli eventuali impatti rispetto agli obiettivi di qualità fissati dalla normativa di riferimento.

A1 - Caratteristiche generali, A2 - Caratteristiche chimiche, A3 - Bioaccumulo

Sono riportati di seguito alcuni riferimenti normativi attualmente in vigore nei quali sono definiti valori limite o valori *standard* di riferimento. È a cura del proponente la verifica dell'aggiornamento alle normative vigenti:

- Per le caratteristiche generali si faccia riferimento all'Allegato 1, Parte A.4.4.2 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.;
- Per le caratteristiche chimiche si faccia riferimento all'Allegato 1 alla Parte III del D.Lgs. 152/2006 (sezione 2, paragrafi A.2.6 e A.2.7) e s.m.i.;
- D.Lgs. 172/2015 Attuazione della Direttiva 2013/39/UE, che modifica la Direttiva 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque;
- Regolamento (UE) 2023/915 che disciplina i livelli massimi di contaminanti come micotossine, tossine vegetali, metalli, inquinanti organici persistenti alogenati, contaminanti da processo e altri contaminanti presenti negli alimenti;
- Lisi I., Feola A., Orasi A., Cutroneo L., Bruschi A., De Angelis R., Filipponi F., La Valle P., Nicoletti L., Paganelli P., Capello M., Di Risio M., Pasquali D., De Gaetano P., Gaino F., Magri S., Barbone E., Ungaro N., 2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. ISBN 978-88-448-1193-8.

A3 – Biomarker

Per i *biomarker* nei mitili:

- UNEP Decision IG. 22/7 del 2016;
- UNEP Decision IG. 23/6 del 2017.

12.3.4 Obiettivo specifico B. Variazioni delle caratteristiche idrodinamiche

Per alterazioni idrodinamiche si intendono le variazioni che un'opera può produrre, in modo diretto o indiretto, alle correnti, al moto ondoso e al regime di marea rispetto alla situazione AO.

Tali variazioni possono derivare da interventi finalizzati direttamente alla regolazione del flusso mareale o essere un effetto indiretto di opere aventi finalità diverse (ad es. la realizzazione di un canale navigabile, mediante dragaggio, con interferenza sul campo di moto in fase di realizzazione ed esercizio). Inoltre, specifiche alterazioni idrodinamiche possono derivare dalla fase di esercizio dell'opera (ad esempio l'incremento del moto ondoso legato alla navigazione).

Considerando la complessità degli ambienti di transizione, qualora il SIA preveda impatti in termini di variazione delle caratteristiche idrodinamiche e morfologiche dell'area, è opportuno prevedere l'utilizzo congiunto di misurazioni dirette e l'implementazione di modelli numerici, opportunamente calibrati e con complessità commisurata alla dimensione dell'opera e al livello di impatto previsto. In tal caso il monitoraggio deve prevedere anche tutte le misure idrodinamiche necessarie alla calibrazione e validazione dei modelli utilizzati.

Inoltre, in aggiunta ai parametri fisici misurabili riportati nella Scheda tecnica del paragrafo 12.3.7, per la valutazione dell'impatto possono essere utilizzati ulteriori indicatori stimati tramite l'applicazione di modelli idrodinamici (ad esempio tempo di residenza, correnti residue, ecc.).

Per le attività di modellazione si può fare riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee guida *Lisi et al. Manuali e Linee Guida ISPRA*, 169/2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione di sedimenti in aree marino-costiere.

12.3.4.1 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

Qualora nell'ambito del SIA la stima degli impatti sia stata effettuata con il supporto di modelli numerici (idrodinamici, di trasporto, ecologici), la localizzazione delle stazioni, delle sezioni e dei transetti dovrà essere definita anche in riferimento ai risultati della modellazione.

B1 - Variazioni delle correnti

Nel caso in cui sia previsto dal SIA un'alterazione del campo di moto, il monitoraggio dovrà interessare l'areale di impatto individuate in fase di analisi.

All'interno dell'area di potenziale impatto individuata dal SIA, il monitoraggio, commisurato all'entità dell'impatto previsto, può includere sia stazioni puntuali per il monitoraggio in continuo, sia un congruo numero di sezioni rappresentative dei canali a marea dove condurre misure ripetute nel tempo.

In prossimità di ecosistemi di pregio o di target sensibili (ad esempio zone *nursery*, aree con copertura di fanerogame marine, ecc.) il monitoraggio dovrà interessare i bassi fondali adiacenti, sia in termini di sezioni che di rilevazioni puntuali.

Nel caso di interventi che, seppur spazialmente limitati, modifichino in modo consistente l'idrodinamismo lagunare (es. interventi che influiscono sugli scambi mare-laguna), il monitoraggio dovrà interessare l'area di variazione del campo di moto seppur essa risulti molto estesa.

B2 - Variazione del moto ondoso

Il moto ondoso (da vento e da natanti) va monitorato qualora ne sia prevista una sostanziale variazione indotta da interventi che possano modificare il campo di moto, quali variazione della sezione dei canali, realizzazione di strutture di protezione dei canali o altre strutture che determinino variazioni del fetch o, tipicamente, dall'incremento del traffico acquatico nelle fasi di costruzione ed esercizio dell'opera (ad esempio approfondimento di un canale).

In questi casi il monitoraggio dovrà interessare i bassi fondali limitrofi alle opere, lungo transetti perpendicolari all'asse principale delle stesse (es. del canale) e, se presenti, in prossimità dei *target* sensibili.

B 3 - Variazione del regime di marea

Il monitoraggio dovrà utilizzare i dati provenienti dalle reti di monitoraggio istituzionali esistenti. Qualora non sia presente una rete distribuita, o l'opera comporti una possibile alterazione sito-specifica localizzata (es. arginature, aumento di confinamento dell'area), vanno previste una o più stazioni aggiuntive a completamento dei dati disponibili.

12.3.4.2 Parametri descrittivi (indicatori)

B1 - Variazioni delle correnti

Il monitoraggio delle variazioni delle correnti si basa sulla misura strumentale o la stima per via modellistica della velocità della corrente, intesa nell'accezione vettoriale (intensità e direzione), e della portata liquida transitante in una sezione nell'unità di tempo.

B2 - Variazioni del moto ondoso

Le variazioni del moto ondoso interessano l'altezza ed il periodo del moto ondoso, misurati o stimati per via modellistica. Per quanto riguarda l'altezza d'onda sono da monitorare l'altezza d'onda massima e significativa, mentre per il periodo si può considerare il periodo medio o di picco. Nel caso di moto ondoso indotto dal passaggio delle navi in canali navigabili, la frequenza di acquisizione del livello idrometrico (Hz) e l'elaborazione statistica del dato grezzo devono essere tali da caratterizzare l'onda di dislocamento.

B3 - Variazioni del regime di marea

Il monitoraggio del regime di marea si basa sulla misura o il calcolo modellistico della propagazione dei livelli idrici all'interno di un ambiente di transizione. Il monitoraggio deve tener conto che l'onda di marea subisce

naturalmente una trasformazione nella propagazione dal mare verso le zone lagunari più interne, con un ritardo di fase e uno smorzamento in ampiezza.

I parametri oggetto di monitoraggio sono in questo caso l'ampiezza e il periodo dell'onda di marea.

12.3.4.3 Frequenza e durata dei monitoraggi

Poiché gli ambienti di transizione sono, per loro natura, soggetti a marcate variazioni legate alle diverse condizioni meteomarine, una corretta valutazione degli impatti richiede che i monitoraggi siano in grado di rilevare e caratterizzare tali fluttuazioni.

B1 –Variazioni delle correnti, B2 – Variazione del moto ondoso

Per la caratterizzazione AO sono necessarie un numero sufficiente di misure per la descrizione del campo di moto in differenti condizioni meteomarine. Tali misure devono poter consentire di effettuare alcune trattazioni statistiche di base (ad es. media, percentili, valori estremi).

Per la caratterizzazione CO e PO, sono necessarie un numero sufficiente di misure per caratterizzare eventuali variazioni/impatti in differenti condizioni meteomarine, con le medesime statistiche analizzate nella fase AO.

B3 - Variazioni del regime di marea

Le misure del livello di marea vanno effettuate con sonde in continuo per un periodo di tempo prolungato. Nel caso di misure finalizzate alla calibrazione di modelli idrodinamici, la durata non può essere inferiore ad un ciclo lunare di marea, al fine di rilevare un periodo di sizigia e uno di quadratura (circa 15 giorni) e ripetuta in diverse condizioni meteo-marine (es. venti prevalenti). Le stazioni finalizzate a misurare direttamente l'impatto in fase PO devono essere progettate per accompagnare la vita dell'opera su un orizzonte temporale di anni.

Considerata l'elevata variabilità spaziale e temporale delle condizioni meteo-marine, la frequenza e durata del monitoraggio delle variazioni idrodinamiche, devono essere tali da permettere una corretta calibrazione dei modelli idrodinamici da utilizzare ad integrazione del monitoraggio in situ.

12.3.4.4 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

La strumentazione utilizzata dovrà far riferimento alla letteratura scientifica di settore e ai protocolli metodologici pubblicati (*best practices*). Gli strumenti utilizzati sul campo dovranno essere corredati da un certificato di taratura che garantisca l'affidabilità delle misure.

Per quanto riguarda le metodologie di campionamento e analisi si può fare riferimento ai seguenti documenti e alle ulteriori indicazioni metodologiche specifiche indicate nel seguito:

- ISPRA, 2012. Manuale di mareografia e linee guida per i processi di validazione dei dati mareografici. Manuali e Linee guida 77/2012. ISBN 978-88-448-0532-6.
- Lisi I., Feola A., Bruschi A., Di Risio M., Pedroncini A., Pasquali D., Romano E., 2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere. Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017, pp.144. ISBN 978-88-448-0872-3.
- Lisi I., Feola A., Orasi A., Cutroneo L., Bruschi A., De Angelis R., Filipponi F., La Valle P., Nicoletti L., Paganelli P., Capello M., Di Risio M., Pasquali D., De Gaetano P., Gaino F., Magri S., Barbone E., Ungaro N., 2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. ISBN 978-88-448-1193-8.

B1 - Variazioni delle correnti

Misurazioni sul campo per mezzo di correntometri (ad es. strumenti acustici ADCP).

B2 - Variazioni del moto ondoso

Misurazioni sul campo per mezzo di ondometri, di vario tipo in base all'area da esaminare (ad es. boe, sensori a pressione, idrometri radar ad alta frequenza).

B3 -Variazioni del regime di marea

Misurazioni sul campo per mezzo di mareografi in grado di registrare in continuo il livello del mare (ad es. sensori a galleggiante e radar).

12.3.4.5 Valori di riferimento

Non sono definiti valori limite e valori standard di riferimento per le alterazioni idrodinamiche. Le eventuali variazioni previste e/o riscontrate vanno valutate in relazione alle possibili ripercussioni sull'ambiente (cfr. Scheda tecnica del paragrafo 12.3.7).

12.3.5 Obiettivo specifico C. Variazioni delle caratteristiche morfologiche

Negli ambienti di transizione, le diverse tipologie di opere possono portare a variazioni delle caratteristiche morfologiche di un sito, sia dirette (ad es. con un dragaggio di un canale, la realizzazione di una cassa di colmata, lo scavo per la posa di cavi e condotte), sia indirette. In generale, tutti gli interventi che determinano una variazione del regime idrodinamico possono alterare i processi di trasporto dei sedimenti e i meccanismi di erosione e sedimentazione del materiale presente sul fondo, determinando modifiche nelle caratteristiche morfologiche dell'area. L'ambito del monitoraggio degli effetti dell'opera sulla morfologia è quindi focalizzato principalmente su:

- le variazioni delle dinamiche di trasporto, risospensione e sedimentazione, che rappresentano i processi in grado di influenzare a medio-lungo termine l'evoluzione del fondale. Il monitoraggio è essenziale per poter accompagnare l'opera verificando le previsioni condotte in fase progettuale e apportare eventuali misure di mitigazione prima che l'effetto si manifesti in una sostanziale variazione morfologica. Inoltre, il monitoraggio di tali processi è strettamente legato alla variazione in fase PO delle caratteristiche della colonna d'acqua (solidi sospesi) e dei tassi di sedimentazione (cfr. obiettivo specifico A. "Variazioni delle caratteristiche della colonna d'acqua" al par. 12.3.3), con possibili effetti sulle comunità bentoniche;
- l'evoluzione del fondale e delle strutture morfologiche intertidali, il cui effetto si manifesta a medio-lungo termine.

Considerando la complessità degli ambienti di transizione, qualora il SIA preveda impatti in termini di variazione delle caratteristiche morfologiche dell'area, è opportuno prevedere l'utilizzo congiunto di misurazioni dirette e l'implementazione di modelli numerici, opportunamente calibrati, per la valutazione, a seconda dei casi, della variazione delle caratteristiche idrodinamiche e morfologiche del sito in esame a medio e lungo termine.

Inoltre, in aggiunta ai parametri fisici misurabili riportati nella Scheda tecnica (paragrafo 12.3.7), per la valutazione dell'impatto possono essere utilizzati ulteriori indicatori stimati tramite l'applicazione di modelli idrodinamici e morfodinamici (ad es. budget sedimentario, tassi di erosione e deposito, ecc.). In tal caso il monitoraggio deve prevedere anche tutte le misure necessarie alla calibrazione e validazione dei modelli utilizzati (ad es. curve granulometriche in un congruo numero di punti).

Per le attività di modellazione si può fare riferimento alle indicazioni contenute in Lisi *et al.* Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione di sedimenti in aree marino-costiere.

12.3.5.1 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

Qualora nell'ambito del SIA la stima degli impatti sia stata effettuata con il supporto di modelli numerici, la localizzazione dei punti e delle sezioni dovrà essere definita anche in riferimento ai risultati della modellazione.

C1 - Variazioni delle dinamiche di trasporto, risospensione e sedimentazione

Per la valutazione delle dinamiche di risospensione e trasporto è necessario l'utilizzo combinato di sonde in continuo per il monitoraggio della torbidità (da correlare alla concentrazione di solidi sospesi attraverso campionamenti dedicati), in numero e posizione rappresentative degli effetti dell'opera, e rilievi lungo sezioni trasversali all'opera da condurre periodicamente in diverse condizioni meteo-marine. L'estensione dei transesti deve essere tale da garantire il monitoraggio fino a una distanza dall'opera alla quale non si rileva alcun impatto.

In presenza di target sensibili, il monitoraggio dovrà essere localizzato su stazioni a distanza progressiva dai target stessi, individuati nell'ambito del SIA.

C2 - Evoluzione del fondale e delle strutture morfologiche intertidali

Per opere ad impatto lineare (ad es. canali navigabili, pile o ponti, barriere frangiflutti, ecc.) è necessario predisporre dei rilievi batimetrici lungo il tracciato e lungo transetti da posizionare perpendicolarmente all'opera. Per opere ad impatto areale (ad es. colmate, infrastrutture portuali, ecc.) sono da prevedere un piano quotato o rilievi topobatimetrici lungo transetti da selezionare in base alle caratteristiche geometriche dell'area di impatto, al campo di moto e alle caratteristiche morfologiche. La risoluzione spaziale del piano quotato e il passo di rilievo dei transetti varia a seconda dei gradienti di quota presenti e delle tecnologie utilizzate.

12.3.5.2 Parametri descrittivi (indicatori)

C1 - Variazioni delle dinamiche di trasporto, risospensione e sedimentazione

Il monitoraggio delle dinamiche di trasporto, risospensione e sedimentazione si basa sull'analisi in situ della torbidità, della concentrazione di solidi sospesi e dei tassi di sedimentazione, opportunamente integrati da analisi modellistiche.

Il tasso di sedimentazione permette di valutare la quantità di materiale solido che si deposita su una superficie nell'unità di tempo, in termini volumetrici o di massa. Può essere stimato indirettamente per via modellistica mediante un bilancio di sedimenti all'interno di specifiche aree di controllo o tramite trappole di sedimentazione.

In fase di cantiere, nel caso di interventi che prevedono la movimentazione di sedimenti, il tasso di sedimentazione può essere utilizzato ad integrazione delle misure di torbidità e dei solidi sospesi, come parametro indiretto per stimare a posteriori l'impatto derivante dai fenomeni di risospensione e sedimentazione dei sedimenti e un'analisi della qualità degli stessi (vedi par. 12.3.3).

C2 - Evoluzione del fondale e delle strutture morfologiche intertidali

La valutazione a medio-lungo termine delle modificazioni batimetriche intervenute tra la fase AO e PO viene condotta tramite rilievi topobatimetrici ripetuti nel tempo. Nel caso in cui l'impatto sia previsto anche su aree parzialmente emerse, la batimetria dovrà essere integrata con un rilievo topografico.

12.3.5.3 Frequenza e durata dei monitoraggi

C1 - Variazioni delle dinamiche di trasporto, risospensione e sedimentazione

Nella fase AO, la durata del monitoraggio dovrà essere adeguata a caratterizzare le dinamiche di trasporto, risospensione (concentrazioni solidi sospesi) e sedimentazione (tassi di sedimentazione) in diverse condizioni meteomarine.

In CO i monitoraggi dovranno protrarsi per tutta la durata delle lavorazioni che comportano movimentazione di sedimenti.

Nella fase PO i monitoraggi dovranno essere eseguiti qualora sia prevista una alterazione persistente delle dinamiche di risospensione e sedimentazione. In tal caso essi dovranno permettere una caratterizzazione a lungo termine della configurazione morfodinamica, con una durata utile a comprovare un sostanziale equilibrio rispetto alle forzanti derivanti dall'opera in esercizio.

Le misure di torbidità e solidi sospesi vanno effettuate in continuo in un numero rappresentativo di stazioni. Rilievi lungo transetti non seguono una periodicità precisa, ma devono essere in numero e frequenza adeguata a caratterizzare l'effetto del cantiere e l'effetto indotto dall'opera in diverse condizioni meteo-marine. Per tutte le fasi la frequenza di analisi e la quantificazione del materiale depositato dipende dal tasso di sedimentazione stesso (orientativamente ogni 15-30 giorni).

C2 - Evoluzione del fondale e delle strutture morfologiche intertidali

Nella fase AO, ad integrazione delle informazioni esistenti, dovrà essere predisposto un rilievo dettagliato aggiornato per l'area in cui sono previste possibili variazioni morfologiche.

Nella fase PO, al termine della fase di cantiere dovrà essere predisposto un rilievo analogo, al fine di valutare eventuali variazioni e impatti riconducibili alle attività di cantiere.

Successivamente la frequenza e durata del monitoraggio va definita sulla base delle variazioni a medio-lungo termine previste dal SIA ed eventualmente rimodulate sulla base delle evidenze del monitoraggio, se diverse da quelle attese.

12.3.5.4 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

La strumentazione utilizzata dovrà far riferimento alla letteratura scientifica di settore e ai protocolli metodologici pubblicati (*best practices*). Gli strumenti utilizzati sul campo dovranno essere corredati da un certificato di taratura che garantisca l'affidabilità delle misure.

Per quanto riguarda le metodologie di campionamento e analisi si può fare riferimento ai seguenti documenti e alle ulteriori indicazioni metodologiche specifiche indicate nel seguito:

- Lisi I., Feola A., Bruschi A., Di Risio M., Pedroncini A., Pasquali D., Romano E., 2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere. Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017, pp.144. ISBN 978-88-448-0872-3.
- Lisi I., Feola A., Orasi A., Cutroneo L., Bruschi A., De Angelis R., Filipponi F., La Valle P., Nicoletti L., Paganelli P., Capello M., Di Risio M., Pasquali D., De Gaetano P., Gaino F., Magrì S., Barbone E., Ungaro N., 2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. ISBN 978-88-448-1193-8.

C1 - Variazioni delle dinamiche di trasporto, risospensione e sedimentazione

- Sonde con sensori ottici per monitoraggio di torbidità e solidi sospesi; strumenti acustici (ADCP) per il monitoraggio dei solidi sospesi (tutti gli strumenti devono essere opportunamente calibrati in situ per la corretta stima della concentrazione di solidi sospesi);
- Trappole di sedimentazione per la stima dei tassi di deposizione.

C2 - Evoluzione del fondale e delle strutture morfologiche intertidali

- Misurazioni sul campo con strumentazione GPS (ad es. palina);
- Rilievi *singlebeam*, *multibeam* in funzione della profondità dell'acqua;
- Utilizzo di strumenti di telerilevamento (ad esempio rilievi LiDAR, rilievi aerofotogrammetrici con drone, ecc.) sono da valutare quali strumenti integrativi, soprattutto in presenza di aree di indagine a quota intertidale.

12.3.5.5 Valori di riferimento

C1 - Variazioni delle dinamiche di trasporto, risospensione e sedimentazione

Per quanto riguarda le variazioni delle dinamiche di trasporto, risospensione e sedimentazione caratterizzate tramite la torbidità si rimanda al par. 12.3.3.5.

C2 - Evoluzione del fondale e delle strutture morfologiche intertidali

Non sono definiti valori limite e valori standard di riferimento per i parametri descrittivi dell'evoluzione del fondale e delle strutture morfologiche intertidali.

Le eventuali variazioni previste e/o riscontrate vanno valutate in relazione alle possibili ripercussioni sull'ecosistema (cfr. Scheda tecnica del paragrafo 12.3.7).

12.3.6 Obiettivo specifico D. Valutazione degli effetti sulle comunità biologiche

Per l'ambiente idrico - acque di transizione - la normativa di riferimento per la valutazione dello stato di qualità dei corpi idrici è la Direttiva 2000/60/CE (DQA), che mira a raggiungere e mantenere uno stato almeno "buono" di qualità ecologica e chimica. Gli elementi di qualità biologica (EQB) sono componenti chiave per la valutazione dello stato ecologico, insieme agli elementi fisico-chimici, chimici (sostanze non prioritarie) e idromorfologici. In tale contesto il PMA deve non solo verificare che l'opera non arrechi effetti sito-specifici, ma anche accertare che non peggiori lo stato di qualità dei corpi idrici potenzialmente influenzati. Gli ambiti di indagine per la valutazione degli effetti sulle comunità biologiche comprendono sia gli EQB definiti dalla DQA (fitoplancton, macrofite - macroalghe e angiosperme -, macroinvertebrati bentonici e fauna ittica), sia comunità e popolazioni non previsti dalla DQA, ma che, in taluni contesti specifici, rivestono un ruolo importante all'interno dell'ecosistema lagunare, quali lo zooplancton e i popolamenti a bivalvi. Gli effetti sulle comunità biologiche (obiettivo specifico D.) andranno ricercati monitorando le specie e biocenosi più sensibili, quali indicatori

biologici delle variazioni delle caratteristiche fisico-chimiche e chimiche, idrodinamiche e morfologiche degli ambienti di transizione (cfr. Scheda tecnica, paragrafo 12.3.7).

D1 - Plancton

Nelle acque di transizione, la componente planctonica, comprendente sia le comunità vegetali (fitoplancton) che quelle animali (zooplancton), riveste un ruolo fondamentale a livello ecosistemico, collocandosi ai primi stadi della catena trofica. Questi organismi si comportano come bioindicatori, in quanto sensibili alle alterazioni ambientali e a diverse tipologie di pressione e di impatto, rispondendo in tempi brevi a cambiamenti nella qualità delle acque. Il fitoplancton rientra tra gli elementi di qualità biologica utilizzati per la classificazione ecologica dei corpi idrici lagunari nell'ambito della DQA. Questa componente va attenzionata nel PMA laddove il SIA evidenzia, in fase di cantiere o come conseguenza stessa dell'opera, alterazioni a livello dei nutrienti (incrementi, scompensi), riduzioni della trasparenza e/o alterazioni dell'idromorfologia che comprendono effetti primari sull'idrologia (alterazione dei flussi) e/o sulla morfologia (struttura e stabilità del substrato). Il fitoplancton è, inoltre, sensibile all'invasione o sostituzione del biota autoctono dovuto a specie aliene.

Lo zooplancton non rientra tra i parametri obbligatori da monitorare nell'ambito della DQA, pur restando un bioindicatore utile per integrare la valutazione degli altri EQB, grazie alla sua sensibilità ai cambiamenti fisico-chimici. Per interventi che, in fase di cantiere o in conseguenza stessa dell'opera, possano comportare degli squilibri idrologici o interferire negli scambi mare/laguna, il PMA deve porre attenzione anche alla componente zooplanctonica che, nella frazione di mesozooplancton (classe dimensionale 0,2-20 mm) include anche le fasi larvali e giovanili di pesci e di invertebrati di interesse ecologico e anche commerciale. Anche lo zooplancton è sensibile all'invasione o sostituzione del biota autoctono dovuto a specie aliene.

D2 - Macrofite

Il monitoraggio delle macrofite acquatiche, con particolare riferimento alle angiosperme acquatiche e alle macroalghe bentoniche, costituisce un elemento essenziale per la valutazione dello stato ecologico delle acque di transizione e per l'individuazione di potenziali impatti derivanti da opere antropiche. Le macrofite, essendo tra i principali produttori primari degli ambienti di transizione, contribuiscono alla creazione di habitat diversificati che ospitano varie comunità biologiche durante parte o tutto il loro ciclo vitale. Le associazioni/facies ad angiosperme acquatiche (*Ruppia cirrhosa*, *Ruppia maritima*, *Zostera noltei*, *Zostera marina* e *Cymodocea nodosa*) sono caratteristiche dell'habitat prioritario 1150* "Lagune costiere" e svolgono un ruolo fondamentale per il mantenimento della biodiversità lagunare. La vegetazione radicata, infatti, svolge un importante ruolo nella stabilizzazione dei sedimenti, nei processi di fitodepurazione, nel sequestro di CO₂, nell'ossigenazione delle acque e costituisce un'area di rifugio e riproduzione per molte specie lagunari. Le macroalghe, se presenti come comunità stabili e diversificate, svolgono un ruolo di rilievo negli ecosistemi di transizione (produzione primaria, habitat e rifugio per la fauna, regolazione del ciclo dei nutrienti); in condizioni di eutrofizzazione possono avere impatti negativi, con alterazioni dei cicli biogeochimici, proliferazione di specie opportuniste e conseguenti anossie, morie e perdita di biodiversità.

Le macrofite rientrano tra gli EQB utilizzati per la classificazione dei corpi idrici lagunari nell'ambito della DQA e risultano sensibili a numerose alterazioni come, ad esempio, l'incremento dei nutrienti in acqua e sedimento, l'aumento della sostanza organica (per le angiosperme), l'incremento della torbidità e dei solidi in sospensione in colonna d'acqua, le alterazioni idromorfologiche, le alterazioni di temperatura e salinità, introduzione di specie aliene con invasione e/o sostituzione del biota autoctono.

D3 - Macroinvertebrati bentonici

Lo studio dei macroinvertebrati bentonici, organismi prevalentemente sedentari che vivono a contatto con il sedimento, rappresenta un indicatore ecologico chiave della qualità degli ecosistemi acquatici, compresi gli ambienti di transizione; infatti, sono sensibili alle alterazioni dell'ambiente acquatico derivanti dall'attività antropica. Grazie al loro lungo ciclo vitale, consentono di rilevare variazioni dell'habitat fornendo indicazioni su eventi di disturbo pregressi. Inclusi tra gli EQB utilizzati per la classificazione dei corpi idrici lagunari nell'ambito della DQA, sono sensibili a numerose alterazioni come, ad esempio, arricchimento di sostanza organica sia nell'acqua che nel sedimento, alterazione delle condizioni di ossigenazione, aumento della concentrazione di contaminanti sia nell'acqua che nel sedimento, alterazioni idromorfologiche (sia dei flussi che della struttura e stabilità del substrato), alterazioni di temperatura e salinità, introduzione di specie aliene con invasione e/o sostituzione del biota autoctono. L'analisi della composizione e struttura dei macroinvertebrati bentonici è

importante in ciascuna fase del Progetto di Monitoraggio al fine di caratterizzare le condizioni ambientali dell'area e valutare gli eventuali impatti ambientali.

D4 - Fauna ittica

La fauna ittica costituisce un elemento fondamentale degli ecosistemi acquatici di transizione e le caratteristiche intrinseche di questi stessi ambienti influenzano profondamente il modo in cui le specie ittiche interagiscono. In base ai loro comportamenti, le specie ittiche presenti negli ambienti di transizione possono essere classificate in gruppi ecologici, tenendo conto della loro tolleranza fisiologica ai cambiamenti ambientali, delle strategie migratorie e riproduttive, e delle modalità di utilizzo dell'habitat (Elliott *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2008a).

Le comunità ittiche delle lagune tendono a organizzarsi lungo un gradiente che va dalle zone marine a quelle continentali. Nelle aree più vicine ai canali di marea prevalgono specie marine con bassa tolleranza ai cambiamenti ambientali, mentre nelle zone influenzate da acque dolci o in quelle ipersaline, si osserva una maggiore presenza di specie eurialine (Cataudella *et al.*, 2001). Nei sistemi di transizione del Mediterraneo, le categorie ittiche più abbondanti, in termini di numero e biomassa, sono rappresentate dai residenti lagunari e dai migratori o colonizzatori marini (Franco *et al.*, 2008b; Franzoi *et al.*, 2010).

La fauna ittica fa parte degli EBQ ai sensi della DQA e, negli ambienti di transizione, sono in particolare sensibili alle pressioni che riguardano: l'arricchimento di sostanza organica con effetti secondari sulla qualità dell'acqua, quali la riduzione della disponibilità di ossigeno; l'aumento delle concentrazioni di inquinanti (sostanze prioritarie e non prioritarie) nella colonna d'acqua e nei sedimenti; le alterazioni dell'idromorfologia con effetti primari, quali l'alterazione dei flussi e della struttura/stabilità del substrato; la pesca commerciale con effetti primari sulla biologia e la morfologia, quali la rimozione di specie non target e l'alterazione del sedimento; l'introduzione di specie aliene con conseguente invasione e/o sostituzione del biota autoctono.

Per quanto riguarda la trattazione della fauna ittica per gli aspetti di natura socio-economica fare riferimento al paragrafo 8.3 "Pesca".

D5 - Analisi dei popolamenti a bivalvi

I popolamenti di molluschi bivalvi rivestono un ruolo di grande rilievo negli ecosistemi di transizione svolgendo diversi ruoli ecologici (Dame and Kenneth, 2011; Sarà *et al.*, 2009; Purroy *et al.*, 2018): contribuiscono al miglioramento della trasparenza e della qualità dell'acqua mediante la loro attività di filtrazione (particolato organico, microalghe, batteri); favoriscono la biodiversità, fungendo da substrato e rifugio per numerosi organismi bentonici; rappresentano una componente importante della rete trofica, rappresentando una risorsa per altre specie ittiche, altri invertebrati e avifauna acquatica. Oltre al ruolo ecologico, i molluschi bivalvi possono avere rilievo anche dal punto di vista commerciale, essendo oggetto di attività di pesca e molluschicoltura di grande importanza per le popolazioni locali residenti in aree lagunari.

L'impatto di opere sia lineari che areali sui popolamenti di bivalvi naturali può essere dovuto sia a diretta movimentazione dello strato di sedimento da essi occupato, che per alterazione della qualità della colonna d'acqua in termini di concentrazione di solidi sospesi che possono interferire con il processo di filtrazione e respirazione, o di aumento di concentrazione di sostanze tossiche. Un ulteriore impatto può derivare dalle modifiche idrodinamiche, in termini di intensità della corrente, alterazioni della salinità, temperatura, condizioni di ossigenazione indotte dall'opera che vanno a compromettere l'idoneità dell'habitat ai fini della riproduzione e crescita dei molluschi.

Per quanto riguarda la trattazione dei popolamenti a molluschi per gli aspetti di natura socio-economica (allevamento) fare riferimento al paragrafo 8.2 "Acquacoltura".

12.3.6.1 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

Per la localizzazione di aree e punti di indagine è necessaria una valutazione della eterogeneità interna all'area, individuando gli habitat presenti e la loro distribuzione ed estensione attraverso studi pregressi ed eventuali rilievi preliminari in campo.

Andranno individuati uno o più siti di controllo da monitorare, con caratteristiche ambientali simili, esterni all'areale potenzialmente impattato, al fine di interpretare al meglio la variabilità dei risultati e avere condizioni di confronto.

L'inserimento di questa componente nel PMA si rende necessaria qualora la valutazione preliminare svolta nel SIA evidenzia la presenza di popolamenti di bivalvi direttamente nell'area dell'opera o nel caso si stimi un possibile impatto legato alle operazioni di posa o altre fasi di cantiere a carico di popolamenti significativi di molluschi, a causa della movimentazione del fondale e della relativa risospensione del particolato sospeso. Generalmente questo tipo di disturbo risulta localizzato e limitato nel tempo, è pertanto importante analizzare la popolazione presente e verificare che il ripristino di condizioni di naturalità si ottenga in tempi brevi.

D1 - Plancton

La localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio deve tenere conto della tipologia di impatto stimato delle opere: nel caso di opere ad impatto lineare le stazioni saranno posizionate su transetti intersecanti l'opera, ortogonalmente o in base alle correnti dominanti e principali; nel caso di opere ad impatto areale le stazioni saranno poste a distanza progressiva dall'opera lungo uno o più transetti da selezionare in base alle correnti dominanti e alle caratteristiche morfologiche. Per quanto riguarda l'elemento di qualità biologica fitoplancton la localizzazione delle stazioni deve tener conto anche del posizionamento delle stazioni dei monitoraggi istituzionali, eseguiti ai sensi della DQA.

Per quanto riguarda lo zooplancton, per la localizzazione delle stazioni di monitoraggio, in taluni interventi specifici, oltre a quanto sopra riportato, vanno tenuti in considerazione gli aspetti idrodinamici che influenzano gli scambi mare/laguna e il grado di confinamento delle aree di indagine, nonché la distribuzione dei diversi stadi di sviluppo degli organismi.

D2 - Macrofite

Nel caso di opere ad impatto lineare le stazioni saranno posizionate su transetti intersecanti l'opera, ortogonalmente o in base alle correnti dominanti e principali; nel caso di opere ad impatto areale le stazioni saranno poste a distanza progressiva dall'opera lungo uno o più transetti da selezionare in base alle correnti dominanti e alle caratteristiche morfologiche.

La localizzazione delle stazioni deve tener conto anche del posizionamento delle stazioni dei monitoraggi istituzionali delle macrofite eseguiti ai sensi della DQA.

Nel caso delle angiosperme le aree di indagine e le stazioni andranno posizionate tenendo conto delle praterie ricadenti all'interno dell'area di impatto e poste a distanza progressiva dall'opera.

D3 - Macroinvertebrati bentonici

Le stazioni di monitoraggio devono essere sufficienti per valutare la struttura quali-quantitativa del popolamento macrozoobentonico e posizionate in maniera da evidenziare l'intrinseca variabilità degli habitat dell'area.

Nel caso di opere ad impatto lineare (es. passaggio di cavi, condotte, dragaggio canali) le stazioni vanno posizionate su transetti intersecanti l'opera tenendo conto di correnti dominanti e principali, di caratteristiche morfologiche e di habitat presenti. Per opere ad impatto areale (es. porti, ponti), le stazioni devono essere poste a distanza progressiva dall'opera su uno o più transetti da selezionare sempre considerando le correnti dominanti, le caratteristiche morfologiche e gli habitat. Per avere un confronto temporale, la localizzazione delle stazioni deve tener conto anche del posizionamento delle stazioni dei monitoraggi istituzionali dei macroinvertebrati bentonici eseguiti ai sensi della DQA.

D4 - Fauna ittica

Nel caso sia di opere ad impatto lineare (es. passaggio di cavi e condotte, dragaggio canali) che ad impatto areale (es. porti, ponti), le stazioni per il monitoraggio della fauna ittica devono essere a distanza progressiva dall'opera in numero adeguato alla valutazione della struttura quali-quantitativa della comunità e posizionate in maniera da poter evidenziare l'intrinseca variabilità degli habitat.

Per avere un confronto/controllo temporale e spaziale, la localizzazione delle stazioni deve tener conto anche delle stazioni dei monitoraggi istituzionali eseguiti ai sensi della DQA.

D5 - Analisi dei popolamenti a bivalvi

Una particolare attenzione dovrà essere prestata alle aree dove, sulla base degli approfondimenti effettuati in fase di SIA, risultino presenti elevate densità di giovanili ("aree *nursery*") per le quali dovranno essere adottati sistemi efficaci per minimizzare l'impatto.

Per le opere ad impatto lineare sono da prevedersi delle stazioni su transetti ortogonali all'opera; mentre per le opere ad impatto areale, stazioni a distanza progressiva dall'opera su uno o più transetti da selezionare in base alla corrente dominante e principale. Una volta identificata l'area a bivalvi è necessario stimarne l'estensione, estendendo i campionamenti fino ai suoi margini o, nel caso, fino a coprire l'intero areale presente nell'area di impatto. A supporto della determinazione dell'estensione dei popolamenti dei molluschi bivalvi, possono essere adottati sistemi geostatistici basati su una strategia di campionamento nidificata (Boscolo Brusà *et al.*, 2013).

12.3.6.2 Parametri descrittivi (indicatori)

D1 - Plancton

I descrittori analizzati per il fitoplancton includono analisi quali-quantitative (composizione, abbondanza specifica, biomassa come Clorofilla a) e l'indice di qualità ecologica MPI (*Multimetric Phytoplankton Index*, Facca *et al.*, 2014). In coerenza con le frequenze minime di monitoraggio previste dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., l'indice MPI può essere calcolato qualora, per la stazione campionata, siano disponibili un campionamento per stagione in almeno un anno di monitoraggio.

Durante i campionamenti vanno contestualmente effettuate le misure dei principali parametri ambientali della colonna d'acqua connessi con il fitoplancton (nutrienti, temperatura, torbidità, dati meteo-climatici, ecc.).

Per lo zooplancton saranno analizzati i seguenti descrittori: composizione tassonomica, abbondanza specifica, diversità specifica, presenza, abbondanza e tipologia degli stadi larvali di pesci e molluschi come indicatori dello stato funzionale della connettività mare-laguna.

D2 - Macrofite

La metodologia di rilevamento delle angiosperme acquatiche include la verifica, sull'area potenzialmente sottoposta ad impatto, dello stato di salute delle praterie. La strategia di monitoraggio comprende sia rilievi su stazioni fisse che monitoraggi dell'insieme delle praterie potenzialmente sensibili all'impatto dell'opera. Saranno considerati i seguenti descrittori: mappatura, tipologia e limiti delle praterie; densità, copertura, fenologia, verifica dei processi germinativi (espansione, stabilità, regressione); analisi della componente epifitica (numero specie, ricoprimento, biomassa). Relativamente alla componente epifitica, la compilazione di check list relative all'abbondanza delle specie presenti consente il calcolo di indici di ricchezza e di diversità come, ad es., l'indice di diversità di Shannon-Wiener (H' ; Shannon & Wiener, 1949), l'indice di equitabilità di Pielou (J ; Pielou, 1966), nonché un'analisi delle categorie morfo-funzionali.

I principali descrittori da valutare nel piano di monitoraggio ambientale per le macroalghe sono: composizione tassonomica, abbondanza, copertura, biomassa, numero e percentuale delle specie ad elevato valore ecologico.

Durante i campionamenti vanno effettuate contestualmente, ove non già disponibili, le misure dei principali parametri ambientali connessi con le macrofite (es. trasparenza, torbidità, nutrienti, granulometria, dati meteo-climatici, ecc.).

Lo stato ecologico della componente macrofitica (angiosperme acquatiche + macroalghe) può essere valutato attraverso l'indice MaQI (Sfriso *et al.*, 2014), utilizzato per la valutazione della qualità ecologica dei corpi idrici di transizione *sensu* DQA.

D3 - Macroinvertebrati bentonici

Deve essere effettuato il riconoscimento tassonomico degli individui fino al raggiungimento, ove possibile, del livello di specie e valutata l'abbondanza e la ricchezza specifica. Devono, inoltre, essere calcolati i seguenti indici strutturali e indici di qualità ecologica: indice di diversità specifica di Shannon-Wiener (H' ; Shannon & Wiener, 1949), indice di ricchezza specifica di Margalef (d ; Margalef, 1958), indice di equitabilità di Pielou (J ; Pielou, 1966), indice M-AMBI (*Multivariate-AZTI Marine Biotic Index*) (Borja *et al.*, 2004; Borja *et al.*, 2008; Muxika *et al.*, 2007).

Contestualmente ai campionamenti dei macroinvertebrati bentonici vanno effettuate le misure dei principali parametri ambientali connessi con la comunità bentonica (es. granulometria, contenuto organico, salinità, ecc.).

D4 - Fauna ittica

Deve essere effettuata l'identificazione tassonomica degli individui fino al livello di specie e calcolate l'abbondanza e la biomassa complessiva per specie. Parametri opzionali da valutare in base agli impatti specifici

del SIA possono includere: la lunghezza totale, il peso individuale, il sesso, la maturità, i contenuti stomacali/intestinali, i parassiti e lo stato di salute. Vanno, inoltre, calcolati i seguenti indici strutturali e indici di qualità ecologica: indice di diversità specifica di Shannon-Wiener (Shannon & Wiener, 1949) calcolato sull'abbondanza e la biomassa, indice di ricchezza specifica di Margalef calcolato sull'abbondanza e la biomassa (Margalef, 1958), indice di equitabilità di Pielou calcolato sull'abbondanza e la biomassa (Pielou, 1966), indice HFBI (*Habitat Fish Bio-Indicator*) secondo le Linee guida ISPRA 168/2017 "Manuale per la classificazione dell'Elemento di Qualità Biologica "Fauna Ittica" nelle lagune costiere italiane".

D5 - Analisi dei popolamenti a bivalvi

Di seguito la lista dei parametri di interesse: composizione delle specie di bivalvi presenti, abbondanza, biomassa, struttura per taglia e classi d'età del popolamento, valutazione dello stadio di sviluppo gonadico, indici fisiologici (Pessa *et al.*, 2005; Casale *et al.*, 2001; Boscolo *et al.*, 2003).

Nel caso di specie di interesse comunitario i monitoraggi dovranno essere di tipo non invasivo.

Durante i campionamenti per le analisi quantitative vanno effettuate contestualmente le misure dei principali parametri ambientali della colonna d'acqua, in particolare nelle vicinanze del fondo, quali temperatura, salinità, ossigeno.

12.3.6.3 Frequenza e durata dei monitoraggi

La frequenza dei monitoraggi potrà essere diversa sulla base della tipologia ed entità dell'impatto atteso e a seconda del parametro e della fase di attività considerata.

Qualora il SIA preveda un'alterazione delle comunità biologiche, in mancanza di una robusta e aggiornata banca dati pregressa, nella fase AO le frequenze di monitoraggio dovranno essere tali da costituire una caratterizzazione sito specifica sufficientemente robusta, tenendo conto della variabilità spaziale e temporale, e comunque non inferiore ad un anno.

D1 - Plancton

- Fitoplancton

AO: frequenza dei monitoraggi tale da garantire una descrizione quanto più completa della comunità fitoplanctonica e delle sue variabilità temporali con frequenze da decidere sulla base dell'opera e dell'impatto atteso (da campionamenti stagionali per almeno 1 anno a 6-12 campionamenti mensili per un anno).

CO: monitoraggio di indagine con frequenza tale da garantire una descrizione completa delle dinamiche nell'area di impatto (minimo stagionale).

PO: frequenza stagionale da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali e/o fino ad escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine.

- Zooplancton

In considerazione del fatto che questo descrittore viene inserito nel PMA qualora si ipotizzi che gli impatti stimati dell'opera possano influenzare negativamente gli spostamenti degli stadi larvali e di pesci ed invertebrati di interesse sia conservazionistico che commerciale, i monitoraggi potranno essere stratificati nei periodi post-riproduttivi di questi organismi.

AO: almeno 1 anno, preferibilmente 4 stagioni, per coprire la variabilità naturale.

CO: frequenza mensile o bimestrale, a seconda della durata ed impatto del cantiere.

PO: almeno 1 anno (meglio se con un ciclo stagionale completo).

D2 - Macrofite

AO e CO: mappatura delle angiosperme acquatiche una volta all'anno. 2 volte all'anno (primavera e autunno) per i parametri necessari per l'applicazione degli indici di qualità ecologica (copertura specifica per angiosperme acquatiche; composizione, abbondanza e copertura per le macroalghe).

Per i rimanenti parametri almeno 2 volte all'anno (primavera e autunno). È comunque preferibile una frequenza stagionale.

Frequenze più elevate sono necessarie in caso di monitoraggio finalizzato alla stima della biomassa algale.

PO: medesima frequenza delle fasi precedenti per una durata tale da escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine.

D3 - Macroinvertebrati bentonici

La frequenza e la durata del monitoraggio AO e PO devono permettere di distinguere gli effetti riconducibili all'opera dalla naturale variabilità interannuale dell'indicatore.

Per i macroinvertebrati bentonici durante la fase AO e CO la frequenza dei monitoraggi è di 2 volte all'anno, in primavera (inizio aprile-inizio giugno) e autunno (fine settembre-inizio ottobre) al fine di evidenziare i cambiamenti stagionali della comunità.

Durante la fase PO il monitoraggio deve essere effettuato sempre 2 volte all'anno, nei periodi primaverile e autunnale, fino al ripristino delle condizioni iniziali. La durata del monitoraggio deve essere tale da escludere eventuali effetti/impatti a medio e lungo termine.

D4 - Fauna ittica

La frequenza e la durata del monitoraggio AO e PO devono essere sufficienti a discriminare, per quanto possibile, le eventuali alterazioni riconducibili all'opera dalla naturale variabilità interannuale dell'indicatore. Negli ambienti di transizione in cui l'escursione di marea non risulta essere trascurabile (microtidali), i campionamenti dovranno essere effettuati, per quanto possibile, nella stessa fase di marea (quadratura) per tutte le stazioni di monitoraggio.

Per la fauna ittica durante le fasi AO e CO la frequenza dei monitoraggi è di 2 volte all'anno, nei periodi primaverile e autunnale, preferibilmente con cadenza semestrale, al fine di evidenziare i cambiamenti stagionali della comunità.

Durante la fase PO il monitoraggio deve essere effettuato sempre 2 volte all'anno, nei periodi primaverile e autunnale, con cadenza semestrale, fino al ripristino delle condizioni iniziali. La durata del monitoraggio deve essere tale da escludere eventuali effetti/impatti a medio e lungo termine.

D5 - Analisi dei popolamenti a bivalvi

AO: le indagini devono essere eseguite con frequenza almeno stagionale.

CO: le indagini devono essere eseguite con frequenza almeno stagionale; con tempistiche variabili da stabilire in base alla durata della fase, alla tipologia delle lavorazioni e dell'impatto stimato.

PO: le indagini devono essere eseguite con frequenza almeno stagionale fino al ripristino delle condizioni iniziali. La durata del monitoraggio deve essere tale da verificare/escludere eventuali impatti a medio/lungo termine.

12.3.6.4 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

D1 - Plancton

La classificazione ecologica dell'elemento di qualità fitoplancton delle acque di transizione prevede una frequenza di campionamento stagionale, in accordo con quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 s.m.i. e dal protocollo di campionamento ISPRA (ISPRA, 2019). In coerenza con tale prerequisito, l'indice MPI (Facca et al., 2014) può essere adottato per classificare corpi idrici per i quali siano disponibili 1 campionamento per stagione in almeno un anno di monitoraggio.

In accordo con le indicazioni della DQA e dei documenti tecnici predisposti da ISPRA (ISPRA 2019, ISPRA, 2010) i campionamenti relativi all'elemento di qualità biologica fitoplancton delle acque di transizione devono essere raccolti:

- sul livello d'acqua superficiale (0.2-0.5 m);
- con cadenza stagionale prefissata (febbraio, maggio, agosto, novembre);
- in condizioni mareali di quadratura.

Ulteriori dettagli sulle modalità di campionamento, metodi di raccolta e di conservazione dei campioni sono disponibili nei succitati documenti e sulla Linea Guida per l'applicazione dell'indice MPI (ISPRA-UniVe, CNR-ISMAR, 2017).

In accordo con la DQA e la sua successiva modifica Dir. 2014/101/UE, i metodi da utilizzare per il monitoraggio del fitoplancton sono quelli EN 15204:2006 (*Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy - Utermöhl technique*), EN 15972:2011 (*Guidance on quantitative investigations of marine phytoplankton*) e ISO 10260 (*Measurement of biochemical parameters – Spectrophotometric determination of the chlorophyll-a concentration*).

Le determinazioni relative ad abbondanza cellulare e composizione tassonomica devono essere effettuate usando un microscopio invertito (ingrandimento 400x) e camere di sedimentazione. Il corretto quantitativo di volume da porre a sedimentare può essere identificato in funzione della densità fitoplanctonica stimata attraverso la determinazione del contenuto di clorofilla a presente nel campione da analizzare.

Metodologie di campionamento e di analisi dello zooplankton e le metodiche analitiche adottate sono riportate nei seguenti riferimenti bibliografici: ISPRA, 2010; ICES, 2000; MATTM-ICRAM, 2006. Il campionamento del mesozooplankton deve essere effettuato mediante l'uso di reti da plancton trainate da imbarcazione. Nel caso di ridotta profondità della colonna d'acqua il prelievo può essere effettuato mediante bottiglie o pompe e filtrazione a bordo. In ogni caso è importante procedere tenendo conto il volume di acqua filtrato. Dopo la raccolta il campione raccolto viene riversato in una bottiglia campione e conservato con un fissativo (es. etanolo 70%). Le procedure di raccolta, conservazione e trattamento analitico dei campioni sono descritte nella Linea guida ISPRA 56/2010, inclusa la bibliografia citata.

Per specifiche sulle metodologie di campionamento e analisi fare riferimento ai seguenti documenti:

- EN 15204:2006. Water quality- Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy (Utermöhl technique).
- EN 15972:2011. Guidance on quantitative investigations of marine phytoplankton.
- ICES, 2000. ICES Zooplankton Methodology Manual. Edited by R. Harris, P. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjoldal, and M. Huntley. Academic Press, London, 684 pp.
- ISO 10260. Measurement of biochemical parameters – Spectrophotometric determination of the chlorophyll-a concentration.
- ISPRA, 2010. Metodologie di studio del plancton marino. Manuali e Linee guida 56/2010. ISBN 978-88-448-0427-5.
- ISPRA, 2019. Protocolli per il campionamento e la determinazione degli elementi di qualità biologica e fisico-chimica nell'ambito dei programmi di monitoraggio ex 2000/60/CE delle acque di transizione. El-Pr-TW-Protocolli Monitoraggio-03 06_REV 2019 (https://www.sintai.isprambiente.it/public/DLGS152_06/acq_trans.xhtml?faces-redirect=true).
- ISPRA-UniVe, CNR ISMAR, 2017. Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Linee guida per l'applicazione del Multimetric Phytoplankton Index (MPI). Dicembre 2017.
- MATTM-ICRAM, 2006. Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani. Volume II, Zooplankton neritico - testo; Volume II, Zooplankton neritico.

D2 - Macrofite

- Angiosperme acquatiche

La copertura specifica delle angiosperme acquatiche eventualmente presenti viene determinata tramite Visual Census Technique da barca. Ai fini dell'ulteriore interpretazione dei risultati è opportuno riportare la copertura stimata in intervalli del 5% circa. Metodologie di campionamento e di analisi delle angiosperme acquatiche sono riportate nei seguenti riferimenti bibliografici: ISPRA, 2019; Borum *et al.*, 2004; Buia *et al.*, 2003; Sfriso e Ghetti, 1998.

- Macroalghe

Metodologie di campionamento e di analisi delle macroalghe sono riportate in ISPRA, 2019.

La copertura totale percentuale macroalgale nell'area della stazione (15-30 m di diametro) tramite numero di saggi puntuali, effettuati tramite rastrello da imbarcazione, per valutarne la presenza/assenza e riportarla percentualmente all'area esaminata (Sfriso, 2010).

Al secondo livello va considerata l'abbondanza relativa dei taxa macroalgali dominanti.

Per la definizione dell'abbondanza relativa delle macrofite si procede alla raccolta, con un rastrello, di 3-6 campioni di macroalghe, a seconda della variabilità spaziale del sito. I campioni raccolti vengono fissati e portati in laboratorio per il riconoscimento specifico.

Una volta terminato il riconoscimento tassonomico le macroalghe vengono suddivise nei taxa principali, avendo cura di separare, soprattutto, le specie di alto valore ecologico, separando le specie per gruppo tassonomico (*Chlorophyta*, *Rhodophyta*, *Ochrophyta*, *Xantophyceae*; Sfriso, 2010, Sfriso et al., 2014).

Per specifiche sulle metodologie di campionamento e analisi fare riferimento ai seguenti documenti:

- ISPRA, 2019. Protocolli per il campionamento e la determinazione degli elementi di qualità biologica e fisico-chimica nell'ambito dei programmi di monitoraggio ex 2000/60/CE delle acque di transizione. EL-Pr-TW-Protocolli Monitoraggio-03 06_REV 2019 (https://www.sintai.isprambiente.it/public/DLGS152_06/acq_trans.xhtml?faces-redirect=true).
- Sfriso, A. 2010. Macrophyte Quality Index (MaQI) per la valutazione dello stato ecologico dei sistemi di transizione dell'ecoregione-Mediterranea. In: Bonometto, A., Gennaro, P., Boscolo Brusà R. (Eds.). Linee Guida per l'applicazione del Macrophyte Quality Index (MaQI). Implementazione della Direttiva (2000/60/CE). ISPRA, pp: 34.

D3 - Macroinvertebrati bentonici

Il campionamento dei macroinvertebrati bentonici deve essere eseguito utilizzando una benna tipo Ekman Birge, Van Veen o strumento analogo e comunque deve essere campionata una superficie minima di 200 cm² per replica. È necessario assicurarsi che lo strumento sia chiuso completamente quando inizia la risalita verso la superficie affinché non ci sia perdita di materiale lungo la colonna d'acqua e conseguente disturbo del campione. Per ogni stazione di campionamento devono essere prelevate 3 repliche nell'intorno della stazione. Il sedimento va vagliato su un setaccio con vuoto di maglia di 1 mm. Il materiale rimasto dopo la setacciatura deve essere trasferito in appositi contenitori opportunamente contrassegnati con le informazioni del campionamento. I campioni devono essere posti in una soluzione di fissaggio come previsto dai protocolli ISPRA - aggiornamento di maggio 2019. In laboratorio il campione va nuovamente setacciato con l'ausilio di un setaccio di maglia da 0.5 mm e sottoposto alla procedura di identificazione.

Per specifiche sulle metodologie di campionamento e analisi fare riferimento ai seguenti documenti:

- APAT-SIBM-ICRAM, 2003. Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. M.C. Gambi & M. Dappiano (Eds).
- ISPRA, 2019. Protocolli per il campionamento e la determinazione degli elementi di qualità biologica e fisico-chimica nell'ambito dei programmi di monitoraggio ex 2000/60/CE delle acque di transizione. EL-Pr-TW-Protocolli Monitoraggio-03 06_REV 2019 (https://www.sintai.isprambiente.it/public/DLGS152_06/acq_trans.xhtml?faces-redirect=true).
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e ICRAM, 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (Triennio 2001 – 2003).

D4 - Fauna ittica

Lo strumento di campionamento principale indicato dai Protocolli ISPRA (2019), a cui si rimanda per i dettagli tecnici insieme al Manuale e Linee Guida ISPRA 168/2017, è l'utilizzo di reti a tratta manuale da impiegarsi quale attrezzo di cattura "attivo" nelle zone di basso fondale (profondità massima dell'acqua ≤ 1,5 m) o prossime alle rive.

Dati di biomassa e abbondanze specifiche possono essere acquisiti anche dalla pesca commerciale mediante l'utilizzo di reti da posta, quali attrezzi di cattura "passivi".

Per specifiche sulle metodologie di campionamento e analisi fare riferimento ai seguenti documenti:

- ISPRA, 2017. Manuale per la classificazione dell'Elemento di Qualità Biologica "Fauna Ittica" nelle lagune costiere italiane. Applicazione dell'indice nazionale HFBI (Habitat Fish Bio-Indicator) ai sensi del D.Lgs 152/2006. Manuali e Linee guida 168/2017. ISBN 978-88-448-0871-6.
- ISPRA, 2019. Protocolli per il campionamento e la determinazione degli elementi di qualità biologica e fisico-chimica nell'ambito dei programmi di monitoraggio ex 2000/60/CE delle acque di transizione. El-Pr-TW-Protocolli Monitoraggio-03 06_REV 2019 (https://www.sintai.isprambiente.it/public/DLGS152_06/acq_trans.xhtml?faces-redirect=true).

D5 - Analisi dei popolamenti a bivalvi

A seconda delle caratteristiche del popolamento (tipologia, dimensione, taglia, densità, substrato) le indagini potranno essere effettuate utilizzando sistemi di raccolta del sedimento (es. benna, *corer*) o sistemi specifici di raccolta dei molluschi (es. rastrello, rasca a mano o, dove consentito, meccanica). In ogni caso i dati di abbondanza e di biomassa devono essere riportati per unità di superficie campionata.

Alcuni riferimenti per le metodologie di campionamento dei parametri di interesse (composizione delle specie di bivalvi presenti, abbondanza, biomassa, struttura per taglia e classi d'età del popolamento, valutazione dello stadio di sviluppo gonadico, indici fisiologici) sono disponibili in pubblicazioni tecnico-scientifiche (Pessa *et al.*, 2005; Casale *et al.*, 2001; Boscolo *et al.*, 2003).

12.3.6.5 Valori di riferimento

D1 - Plancton

Non esistono valori limite e valori standard di riferimento relativi alla componente del plancton; in questo caso è necessario fare riferimento a dati pregressi disponibili per l'area di monitoraggio. Se non sono disponibili dati ambientali sufficientemente robusti per tali finalità, nella fase AO si deve prevedere la raccolta di dati ambientali di interesse al fine di definire soglie quali/quantitative sito specifiche.

Relativamente all'indice di qualità MPI per la classificazione dello stato ecologico del fitoplancton nelle acque di transizione si deve fare riferimento alla Decisione 2018/229/UE che istituisce a norma della Direttiva 2000/60/CE, i valori delle classificazioni dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall'esercizio di intercalibrazione e che abroga la Decisione 2013/480/UE. Le soglie di classificazione del MPI in termini di RQE e i valori di riferimento tipo-specifici risultano anche disponibili sulla specifica Linee Guida (ISPRA-UniVe-CNR ISMAR, 2017).

D2 - Macrofite

Per i parametri della comunità macrofita non esistono valori limite e valori standard di riferimento; in questo caso è necessario fare riferimento a dati pregressi disponibili per l'area di monitoraggio. Se non sono disponibili dati ambientali sufficientemente robusti per tali finalità, nella fase AO si deve prevedere la raccolta di dati ambientali di interesse al fine di definire soglie quali/quantitative sito specifiche.

Relativamente all'indice di qualità MaQI si deve fare riferimento al D.Lgs. 152/2006 s.m.i., allegato 1, A.4.4.1 dove vengono riportati i limiti di classe in termini di RQE e i valori di riferimento tipo-specifici.

D3 - Macroinvertebrati bentonici

Per i parametri strutturali non esistono valori limite e valori standard di riferimento; occorre quindi fare riferimento a dati pregressi disponibili per l'area di monitoraggio. Se non sono disponibili dati ambientali sufficientemente robusti per tali finalità, nella fase AO bisogna raccogliere dati ambientali di interesse per definire soglie quali/quantitative sito specifiche.

Per l'indice di qualità M-AMBI si deve fare riferimento al D.Lgs. 152/2006 s.m.i., allegato 1, A.4.4.1 dove vengono riportati i limiti di classe in termini di RQE e i valori di riferimento tipo-specifici.

D4 - Fauna ittica

Per i parametri strutturali non esistono valori limite e valori standard di riferimento; occorre quindi fare riferimento a dati pregressi disponibili per l'area di monitoraggio. Se non sono disponibili dati ambientali

sufficientemente robusti per tali finalità, nella fase AO vanno raccolti dati ambientali di interesse al fine di definire soglie quali/quantitative sito specifiche.

Per l'indice di qualità HFBI si deve fare riferimento alla Decisione 2018/229/UE della, che negli allegati istituisce le soglie di classificazione dell'indice in termini di RQE e i valori di riferimento tipo-specifici, al D.Lgs. 152/2006 e s.m.i e alla Linea guida ISPRA 168/2017 "Manuale per la classificazione dell'Elemento di Qualità Biologica "Fauna Ittica" nelle lagune costiere italiane".

D5 - Analisi dei popolamenti a bivalvi

Non sono previsti valori limite e valori standard di riferimento per questa componente.

I valori dei parametri rilevati in fase AO saranno usati nelle fasi successive come riferimenti per la verifica dell'impatto.

12.3.6.6 Bibliografia

Borja A., Mader J., Muxika I., Rodríguez J.G., Bald J., 2008. Using M-AMBI in assessing benthic quality within the Water Framework Directive: some remarks and recommendations. *Marine Pollution Bulletin* 56, 1377–1379.

Borja A., Franco J., Valencia V., Bald J., Muxika I., Belzunce M.J., Solaun O., 2004. Implementation of the European Water Framework Directive from the Basque Country (northern Spain): a methodological approach. *Marine Pollution Bulletin* 48, 209–218.

Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D., Greve T.M., 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. Publisher: The M&MS project. Settembre: 2004. <http://www.seagrasses.org>

Boscolo R., Cornello M., Giovanardi O., 2003. Condition index and use of air survival time to compare three different kinds of *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve) farming system. *Aquaculture International* 11(3), 243–254.

Boscolo Brusà R., Cacciatore F., Ponis E., Molin E., Delaney E., 2013. Clam culture in the Venice lagoon: stock assessment of Manila clam (*Venerupis philippinarum*) populations at a nursery site and management proposals to increase clam farming sustainability. *Aquatic Living Resources*. 2013;26(1):1-10. doi:10.1051/alr/20130

Buia C., Gambi M.C., Dappiano M., 2003. I sistemi a fanerogame marine. *Biol. Mar. Medit.* 10:145-198.

Casale M., Giovanardi O., Grimm F., Orel G., Pessa G., 2001. Distribuzione ed abbondanza delle principali specie di molluschi bivalvi nella laguna di Venezia nell'estate 1999, con particolare riguardo per *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). *Biol. Mer. Medit.* 8, 413–423.

Cataudella S., Tancioni L., Cannas A., 2001. L'acquacoltura estensiva. In *Acquacoltura Responsabile – Verso le produzioni acquatiche del terzo millennio* (a cura di S. Cataudella e P. Bronzi), Unimar-Uniprom 2001: 283-308.

Dame R. F., Kenneth M. J., 2011. Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach (p. 284). Taylor & Francis.

Elliott M., Whitfield A.K., Potter I.C., Blaber S.J.M., Cyrus D.P., Nordlie F.G., Harrison T.D., 2007. The guild approach to categorize estuarine fish assemblages: a global review. *Fish and Fisheries*, 8: 241-268.

Facca C., Bernardi-Aubry F., Socal G., Ponis E., Aciri F., Bianchi F., Giovanardi F., Sfriso A., 2014. Description of a multimetric phytoplankton Index (MPI) for the assessment of transitional waters. *Marine Pollution Bulletin*, 79: 145 – 154.

Franco A., Elliott M., Franzoi P., Torricelli P., 2008a. Life strategies of fishes in European estuaries: the functional guild approach. *Marine Ecology Progress Series*, 354: 219-228.

Franco A., Franzoi P., Torricelli P., 2008b. Structure and functioning of Mediterranean lagoon fish assemblages: a key for the identification of water body types. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79(3): 549-558.

Franzoi P., Franco A., Torricelli P., 2010. Fish assemblage diversity and dynamics in the Venice Lagoon. *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 21, 269-281.

Margalef R., 1958. Information theory in ecology. *General Systematics* 3: 36-71.

-
- Muxika I., Borja A., Bald J., 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55 (2007) 16–29.
- Pessa G., Mion D., 2005. Variazioni nella distribuzione ed abbondanza di *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) e *Cerastoderma glaucum* (Poiret, 1789) (Mollusca Bivalvia) in laguna di Venezia tra il 1999 ed il 2002. *Biol. Mar. Medit.* 12, 303–306.
- Pielou E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J Theor Biol* 1966, 13: 131-144.
- Purroy A., Najdek M., Isla E., Župan I., Thébault J., Peharda M., 2018. Bivalve trophic ecology in the Mediterranean: Spatio-temporal variations and feeding behavior. *Mar Environ Res*, 142: 234-249.
- Shannon CE., Weaver W., 1949. The mathematical theory of communication. Urbana IL: University of Illinois Press. 117 pp.
- Sarà G., Palmeri V., Montalto V., Rinaldi A., 2009. The role of bivalve filter feeders in the fate of organic matter in coastal areas: A model application. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 82(4), 423–430.
- Sfriso A., Ghetti P.F., 1998. Seasonal variation in the biomass, morphometric parameters and production of rhizophytes in the lagoon of Venice. *Aquatic Botany*, 61: 207-223.
- Sfriso A., Facca C., Bonometto A., Boscolo R., 2014. Compliance of the Macrophyte Quality Index (MaQI) with the WFD (2000/60/EC) and ecological status assessment in transitional areas: The Venice lagoon as study case. *Ecological Indicators* 46, 536–547.

12.3.7 Scheda tecnica

ACQUE DI TRANSIZIONE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore di riferimento
A. VARIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	A.1 Caratteristiche generali	Temperatura Salinità Ossigenazione pH Trasparenza Turbidità Solidi sospesi totali, carbonio organico totale (somma carbonio organico particellato e disciolto), azoto e fosforo totale disciolto, ammonio, nitrati, nitriti, fosfati.	Opere ad impatto lineare: stazioni su transesti posizionati ortogonalmente all'opera o in base alle correnti dominanti. Opere ad impatto areale: stazioni a distanza progressiva dall'opera lungo transesti da selezionare in base alle correnti dominanti e alle caratteristiche morfologiche.	AO caratteristiche generali: frequenza stagionale (minimo 4 volte/anno). caratteristiche chimiche: mensile in almeno 2 stazioni maggiormente rappresentative degli impatti, stagionale nelle altre. CO - caratteristiche chimiche: frequenza e programmazione adattate alle attività di cantiere in base agli impatti individuati dal SIA; ulteriore campagna al termine delle attività di cantiere. caratteristiche generali: frequenza stagionale (4 campagne/anno) se realizzazione dell'opera ha tempistica = o > 1 anno; numero campagne proporzionalmente adattato per tempistiche di cantiere inferiori.	- Protocolli ISPRA 2019 "Protocolli per il campionamento e la determinazione degli elementi di qualità biologica e fisico-chimica nell'ambito dei programmi di monitoraggio ex 2000/60/CE delle acque di transizione "EI-Pr-TW-Protocolli Monitoraggio-03 06_REV 2019 - LG SNPA 13/2018 (il campionamento delle acque interne finalizzato alla determinazione dei parametri chimici e misura in campo dei parametri chimico fisici di base per la direttiva quadro sulle acque) - Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. - Vanzetti <i>et al.</i> Linee Guida SNPA 20/2019 (scelta metodi_analisi_sostanze_prioritarie ai sensi della 2000/60/CE) e s.m.i. - Ausili <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida 175/2018. e Ausili <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida 176/2018.(analisi di sostanze prioritarie in matrici marine parte I e II) e s.m.i. - Guidance Document n. 25/2010 Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the water framework directive - HELCOM COMBINE Manual for Marine Monitoring - Manuale 29/2003 APAT/IRSA-CNR Metodi analitici per le acque - Manuale ICRAM 2001 "Metodologie analitiche di riferimento del programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero."	D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. D.Lgs. 172/2015 D.Lgs. 219/2010. Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023
	A.2 Caratteristiche chimiche	Contaminanti organici e inorganici selezionati in base ai possibili impatti individuati nel SIA, contaminanti di cui alle Tabelle 1/A e 1/B dell'Allegato I alla Parte III del D.Lgs. 152/2006.	Per torbidità, salinità, temperatura e condizioni di ossigenazione, per specifici interventi, utilizzare sonde in continuo opportunamente localizzate, eventualmente accoppiate a campagne di misura lungo transesti. Se nel SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici, la localizzazione delle stazioni deve basarsi anche su questi risultati.	PO - caratteristiche generali: frequenza stagionale fino al ripristino delle condizioni iniziali e/o fino ad escludere effetti / impatti a medio e lungo termine. Per torbidità, salinità, temperatura e ossigeno, per specifici interventi, utilizzare sonde in continuo con opportuna durata e frequenza, eventualmente accoppiate a campagne di misura su transesti. - caratteristiche chimiche: mensile nelle stazioni maggiormente rappresentative degli impatti e in eventuali altre stazioni risultate critiche nel CO; stagionale nelle altre. Dal 2° anno, frequenza stagionale in assenza di superamenti e criticità,		

ACQUE DI TRANSIZIONE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore di riferimento
				altrimenti mensile, fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati) e/o fino ad escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine. Se nel SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici, la tempistica deve basarsi anche su questi risultati.		
	A.3 Bioaccumulo , <i>biomarker</i>	Bioaccumulo dei contaminanti selezionati in base ai possibili impatti individuati nel SIA e dei contaminanti dotati di SQA per il biota ai sensi del D.Lgs 172/2015, su popolazioni trapiantate e/o naturali di organismi filtratori (molluschi bivalvi) e su pesci. Biomarker per le opere per le quali è previsto un possibile impatto sul biota.	Opere ad impatto lineare e areale: stazioni ricadenti nell'intorno dell'opera e, ove possibile, stazioni presso un'area di controllo	Molluschi - AO: frequenza possibilmente stagionale o almeno semestrale (primavera e autunno); - CO: frequenza possibilmente stagionale o almeno semestrale (primavera e autunno), in relazione alla durata delle attività di realizzazione dell'opera; - PO: frequenza possibilmente stagionale o almeno semestrale (in primavera e autunno) nel primo anno e successivamente semestrale. Pesci: frequenza semestrale in ogni fase del monitoraggio, evitando il periodo di riproduzione. Il monitoraggio PO deve protrarsi fino alla verifica del ripristino delle condizioni iniziali e/o fino ad escludere eventuali effetti/impatti a medio e lungo termine.	- Pubblicazioni Tecniche SNPA 2024 Metodologie analitiche utilizzate per la determinazione di sostanze organoalogenate in campioni di biota - Vanzetti <i>et al.</i> Linee Guida SNPA 20/2019 (scelta metodi_analisi_sostanze_prioritarie ai sensi della 2000/60/CE) e s.m.i. - Ausili <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida 175/2018 e Ausili <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida 176/2018 (analisi di sostanze prioritarie in matrici marine parte I e II) e s.m.i. - Guidance Document n. 25/2010 Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the water framework directive - HELCOM COMBINE Manual for Marine Monitoring - Guidance Document No. 33 on analytical methods for biota monitoring under the water framework directive - Manuale ICRAM, 2001, "Metodologie analitiche di riferimento del programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero." Per i biomarker: - UNEP/MAP, 2021(WG 509/43 Annex III, App. 22-23-24) per campionamento, analisi SML-NRRT/SML-ESO, MN, AChE, IC, SoS - Stagg <i>et al.</i>, 2016 (ICES TIMES 57) per EROD - Hansson <i>et al.</i>, 2017 (ICES TIMES 60) per FC - UNEP-RAMOG, 1999, per MT	D.Lgs. 172/2015 D.Lgs. 219/2010 Regolamento UE 2023/915 Per i <i>biomarker</i> nei mitili: UNEP Decision IG. 22/7 del 2016 e Decision IG. 23/6 del 2017.
B. VARIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE IDRODINAMICHE	B.1 Variazione delle correnti	Velocità (intensità e direzione) Portata	In sezioni rappresentative delle zone di connessione ambiente di transizione-mare se si prevede un'alterazione dei flussi su	AO: se non già disponibili un numero sufficiente di misure per la caratterizzazione del campo di moto in differenti condizioni meteo marine. CO e PO: numero sufficiente di misure, finalizzato a caratterizzare eventuali	Correntometri Letteratura scientifica di settore e protocolli metodologici pubblicati (best practices). Alcuni riferimenti bibliografici:	

ACQUE DI TRANSIZIONE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore di riferimento
			ampia scala e dei volumi scambiati. In sezioni rappresentative dei canali a marea all'interno dell'area di potenziale impatto individuata dal SIA. Sui bassofondali in prossimità di ecosistemi di pregio o di target sensibili (es. zone nursery, aree ad angiosperme acquatiche, ecc.). Se nel SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici, la localizzazione delle stazioni deve basarsi anche su questi risultati.	variazioni in differenti condizioni meteo marine. Se nel SIA la stima degli impatti è stata fatta con modelli numerici, la tempistica di monitoraggio deve basarsi anche su questi risultati.	Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione di sedimenti in aree marino-costiere. Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. Capitolo 2.4 Variabili descrittive dei processi che influenzano la torbidità.	
	B.2 Variazione del moto ondoso	Altezza/periodo d'onda Da monitorare in caso di sostanziale variazione del traffico acquatico nelle diverse fasi di costruzione/PO o nel caso di interventi che possono modificare indirettamente il campo di moto (es. approfondimento del fondale)	Sui bassifondi limitrofi ai canali di navigazione lungo transetti perpendicolari all'asse principale del canale; in prossimità di target sensibili se presenti. Se nel SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici (idrodinamici, di trasporto, ecologici), la localizzazione delle stazioni deve basarsi anche su questi risultati.	AO: se non già disponibili, numero sufficiente di misure in differenti condizioni meteo marine. CO e PO: numero sufficiente di misure, finalizzato a caratterizzare eventuali variazioni in differenti condizioni meteo marine e di uso del sito (nel caso di aumento del moto ondoso da natanti). Se nel SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici, la tempistica di monitoraggio deve basarsi anche su questi risultati.	Ondametri. Letteratura scientifica di settore e protocolli metodologici pubblicati (best practices). Alcuni riferimenti bibliografici: Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione di sedimenti in aree marino-costiere. Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. Capitolo 2.4 Variabili descrittive dei processi che influenzano la torbidità.	
	B.3 Variazione del regime di marea	Ampiezza/periodo onda di marea	Reti di monitoraggio istituzionale esistenti o nuove stazioni rappresentative dell'area di impatto. Se nel SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici (idrodinamici, di trasporto, ecologici), la	In continuo Se nell'ambito del SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici (idrodinamici, di trasporto, ecologici), la tempistica di monitoraggio deve basarsi anche su questi risultati.	Letteratura scientifica di settore e ai protocolli metodologici pubblicati (best practices). Alcuni riferimenti bibliografici: Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione di sedimenti in aree marino-costiere. Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree	

ACQUE DI TRANSIZIONE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore di riferimento
			localizzazione delle stazioni deve basarsi anche su questi risultati.		marine: criteri di valutazione e gestione. Capitolo 2.4 Variabili descrittive dei processi che influenzano la torbidità. ISPRA, 2012. Manuale di mareografia e linee guida per i processi di validazione dei dati mareografici. Manuali e linee guida 77/2012	
C. VARIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	C1. Variazioni delle dinamiche di trasporto, risospensione e sedimentazione	Torbidità/concentrazioni di solidi sospesi	Opere ad impatto lineare: Sonde in continuo e transetti perpendicolari all'opera per rilievi ripetuti nel tempo Opere ad impatto areale: Sonde in continuo e sezioni rappresentative dell'areale di indagine. In entrambi i casi: stazioni a distanza progressiva dai target sensibili individuati nel SIA. Se nel SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici, la localizzazione delle stazioni deve basarsi anche su questi risultati.	AO: durata adeguata a caratterizzare le dinamiche di risospensione, trasporto (concentrazioni solidi sospesi) e sedimentazione (tassi di sedimentazione) in diverse condizioni meteomarine. CO: monitoraggio tassi di sedimentazione effettuato per tutta la durata delle attività che comportano movimentazione di sedimenti. PO: accompagnare a lungo termine la vita dell'opera, fino a quando l'impatto può ritenersi adeguatamente caratterizzato e la configurazione morfodinamica risulti in sostanziale equilibrio rispetto alle forzanti derivanti dall'opera in esercizio. Se nell'ambito del SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici, la tempistica di monitoraggio deve basarsi anche su questi risultati.	Sonde con sensori ottici per monitoraggio torbidità e solidi sospesi. Strumenti acustici (ADCP) per monitoraggio dei solidi sospesi. Tutti gli strumenti devono essere opportunamente calibrati in situ per la corretta stima della concentrazione di solidi sospesi. Trappole di sedimentazione. Letteratura scientifica di settore e ai protocolli metodologici pubblicati (best practices). Alcuni riferimenti bibliografici: Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione di sedimenti in aree marino-costiere. Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. Capitolo 2.4 Variabili descrittive dei processi che influenzano la torbidità.	Lisi <i>et al.</i> , Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023

ACQUE DI TRANSIZIONE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore di riferimento
	C.2 Evoluzione del fondale e delle strutture morfologiche e intertidali	Topo-batimetria	Opere ad impatto lineare: rilievi lungo il tracciato e su transesti perpendicolari all'opera. Opere ad impatto areale: piano quotato o rilievi lungo transesti scelti in base alle caratteristiche dell'area di impatto (forma, campo di moto e caratteristiche morfologiche) e alla presenza di target sensibili. Se nel SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici, la localizzazione delle stazioni deve basarsi anche su questi risultati.	AO: integrazione delle informazioni esistenti con un rilievo aggiornato e dettagliato per l'area in cui sono previste possibili variazioni morfologiche. PO: 1 rilievo al termine dei lavori per verificare eventuali variazioni riconducibili a cantiere. Poi frequenza e durata del monitoraggio definite in base alle variazioni a medio-lungo termine previste dal SIA ed eventualmente rimodulate sulla base di quanto emerso. Se nel SIA la stima degli impatti è fatta con modelli numerici, la tempistica di monitoraggio deve basarsi su questi risultati.	Strumentazione GPS (palina), Singlebeam, multibeam in funzione della profondità dell'acqua. Utilizzo di strumenti di telerilevamento (es. rilievi LiDAR) per superfici intertidali. Letteratura scientifica di settore e ai protocolli metodologici pubblicati (best practices). Alcuni riferimenti bibliografici: Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione di sedimenti in aree marino-costiere. - Lisi <i>et al.</i> Manuali e Linee Guida ISPRA 206/2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. Capitolo 2.4 Variabili descrittive dei processi che influenzano la torbidità.	

D. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SULLE COMUNITÀ BIOLOGICHE	D.1 Plancton	Fitoplancton Analisi quali-quantitative (composizione, abbondanza specifica, biomassa totale come clorofilla a). Indice di qualità ecologica. Contestuali misure dei parametri ambientali connessi con il fitoplancton (nutrienti, temperatura, torbidità, dati meteo-climatici, ecc.). Zooplancton Composizione tassonomica, abbondanza specifica, diversità specifica, presenza, abbondanza e tipologia di stadi larvali di pesci e molluschi come indicatore dello stato funzionale della connettività mare-laguna	Opere ad impatto lineare: stazioni su transetti intersecanti l'opera da posizionare ortogonalmente all'opera o in base alle correnti dominanti e principali. Opere ad impatto areale: stazioni a distanza progressiva dall'opera lungo uno o più transetti da selezionare in base alle correnti dominanti e alle caratteristiche morfologiche.	Fitoplancton AO: frequenza da stagionale per almeno 1 anno a 6-12 campionamenti mensili per 1 anno (in relazione all'impatto atteso). CO: monitoraggio con frequenza tale da garantire una descrizione completa delle dinamiche nell'area di impatto (minimo stagionale) PO: frequenza stagionale fino al ripristino delle condizioni iniziali e/o fino ad escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine. Zooplancton In relazione agli impatti stimati dell'opera (effetti su stadi larvali di pesci ed invertebrati di interesse sia conservazionistico che commerciale) i monitoraggi possono essere stratificati nei periodi post-riproduttivi di questi organismi AO: almeno 1 anno, preferibilmente 4 stagioni, per coprire la variabilità naturale. CO: frequenza mensile o bimestrale, a seconda della durata ed impatto del cantiere. PO: almeno 1 anno (meglio se con un ciclo stagionale completo).	Fitoplancton ISPRA, 2019. Protocolli per monitoraggio Dir. 2000/60/CE, 2019, e riferimenti citati. ISPRA, Manuali e Linea Guida 56/2010. Metodologie di studio del plancton marino ISPRA-UniVE,-CNR_ISMAR, 2017. Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Linee guida per l'applicazione del Multimetric Phytoplankton Index (MPI). Dicembre 2017. EN 15204:2006. Water quality- Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy (Utermöhl technique). EN 15972:2011. Guidance on quantitative investigations of marine phytoplankton. ISO 10260. Measurement of biochemical parameters – Spectrophotometric determination of the chlorophyll-a concentration Zooplancton ISPRA, Manuali e Linea Guida 56/2010. Metodologie di studio del plancton marino. MATTM- ICRAM, 2006. Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani. Volume II, Zooplacton neritico - testo; Volume II, Zooplacton neritico. Altri riferimenti sono disponibili in pubblicazioni tecnico-scientifiche	Fitoplancton Per indici di qualità: ISPRA-UniVE,-CNR_ISMAR, 2017. Linee guida per l'applicazione del Multimetric Phytoplankton Index (MPI). Dicembre 2017. Decisione 2018/229/UE della Commissione del 12 febbraio 2018 Per gli indici di qualità cfr. D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.
--	---------------------	--	--	---	---	---

ACQUE DI TRANSIZIONE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore di riferimento
	D2 Macrofite	Angiosperme acquatiche: mappatura, tipologia e limiti delle praterie; densità, copertura, fenologia, verifica dei processi germinativi (espansione, stabilità, regressione); analisi della componente epifitica (numero specie, ricoprimento, biomassa, indici ecologici). Macroalghe: composizione tassonomica, abbondanza, copertura, biomassa, numero e percentuale delle specie ad elevato valore ecologico; Indici di qualità ecologica. Indice MaQI Contestuali misure dei parametri ambientali connessi con le macrofite (es: trasparenza, torbidità, nutrienti, granulometria, ecc.)	Valutazione preliminare per individuare stazioni/aree di studio e, per le angiosperme, le praterie ricadenti all'interno dell'area di impatto Opere ad impatto lineare: stazioni posizionate su transetti intersecanti l'opera, ortogonalmente o in base alle correnti dominanti e principali; Opere ad impatto areale: stazioni poste a distanza progressiva dall'opera lungo uno o più transetti da selezionare in base alle correnti dominanti e alle caratteristiche morfologiche.	AO e CO: mappatura delle angiosperme acquatiche 1 volta all'anno. 2 volte all'anno (primavera e autunno) per i parametri necessari per gli indici di qualità ecologica (copertura specifica per angiosperme acquatiche; composizione, abbondanza e copertura per le macroalghe). Per i rimanenti parametri almeno 2 volte all'anno (primavera e autunno), preferibilmente frequenza stagionale Frequenze più elevate in caso di monitoraggio per la stima della biomassa algale PO: medesima frequenza delle fasi precedenti fino ad escludere eventuali effetti/impatto a medio e lungo termine.	ISPRA, 2019. Protocolli per monitoraggio Dir. 2000/60/CE, 2019 e referenze citate. Per indice MaQI: Sfriso, A. 2010. Macrophyte Quality Index (MaQI) per la valutazione dello stato ecologico dei sistemi di transizione dell'ecoregione-Mediterranea. In: Bonometto, A., Gennaro, P., Boscolo Brusà R. (Eds.). Linee Guida per l'applicazione del Macrophyte Quality Index (MaQI). Implementazione della Direttiva (2000/60/CE). ISPRA, pp: 34 Sfriso A., Facca C., Bonometto A., Boscolo Brusà R. 2014. Compliance of the Macrophyte Quality Index (MaQI) with the WFD (2000/60/EC) and ecological status assessment in transitional areas: the Venice Lagoon as study case. Ecological Indicators, 46: 536 – 547. Altri riferimenti sono disponibili in pubblicazioni tecnico-scientifiche	Per gli indici di qualità cfr. D.Lgs. 152/2006, DM 260/10, Allegato 1, A.4.4.1
	D3 Macroinvertebrati bentonici	Indici strutturali della comunità bentonica Indici di qualità ecologica Contestuali misure dei parametri ambientali connessi con la comunità bentonica	Opere ad impatto lineare: stazioni su transetti intersecanti l'opera da posizionare in base alle correnti dominanti e principale, alle caratteristiche morfologiche e degli habitat presenti	AO e CO: 2 volte all'anno (primavera e autunno); PO: 2 volte all'anno (primavera e autunno) fino al ripristino delle condizioni iniziali. La durata del monitoraggio deve essere tale da escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine.	APAT-SIBM-ICRAM, 2003. Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. M.C. Gambi & M. Dappiano (Eds). Cicero A.M. & Di Girolamo I., 2001. "Metodologie Analitiche di Riferimento. Programma di Monitoraggio per il controllo dell'Ambiente marino costiero (Triennio 2001-2003)". Ministero	Per gli indici di qualità cfr. D.Lgs. 152/2006, ss.mm.ii. Allegato 1, A.4.4.1

ACQUE DI TRANSIZIONE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore di riferimento
		(es: granulometria, contenuto organico, salinità, ecc.)	Opere ad impatto areale: stazioni a distanza progressiva dall'opera su uno o più transeetti da selezionare in base alle correnti dominanti, alle caratteristiche morfologiche e agli habitat presenti.		dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM©ICRAM, Roma 2001. ISPRA, 2019. Protocolli per il monitoraggio Dir. 2000/60/CE, 2019 e referenze citate. Altri riferimenti sono disponibili in pubblicazioni tecnico-scientifiche	
	D.4 Fauna ittica	Identificazione tassonomica degli individui fino a livello di specie, abbondanza, biomassa complessiva per specie. Parametri opzionali: lunghezza totale, peso individuale, sesso, maturità, contenuti stomacali/intestinali, parassiti, stato di salute Indici strutturali e di qualità ecologica Contestuali misure dei parametri ambientali connessi con la fauna ittica (es: salinità, ossigeno, ecc..)	Opere ad impatto lineare e areale: stazioni a distanza progressiva dall'opera	AO e CO: almeno 2 volte all'anno (primavera e autunno), preferibilmente frequenza semestrale. PO: almeno 2 volte all'anno (primavera e autunno), preferibilmente frequenza semestrale fino al ripristino delle condizioni iniziali. La durata del monitoraggio deve essere tale da escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine.	ISPRA, 2019. Protocolli per monitoraggio Dir. 2000/60/CE, 2019 e referenze citate ISPRA, Manuali e Linee Guida 168/2017. Manuale per la classificazione dell'Elemento di Qualità Biologica "Fauna Ittica" nelle lagune costiere italiane. Applicazione dell'indice nazionale HFBI (Habitat Fish Bio-Indicator) ai sensi del D.Lgs 152/2006 Altri riferimenti sono disponibili in pubblicazioni tecnico-scientifiche Uso di rete a tratta manuale. Possibile integrazione mediante dati provenienti dalla pesca professionale (es. reti da posta)	Per gli indici di qualità cfr. D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. Decisione 2018/229/UE della Commissione del 12 febbraio 2018 ISPRA, Manuali e Linee Guida 168/2017.
	D.5 Analisi dei popolamenti a bivalvi* (*da effettuare per le specie di bivalvi individuate come risorsa rilevante per l'area)	Composizione, abbondanza, biomassa, struttura per taglia e classi d'età del popolamento, valutazione dello stadio di sviluppo gonadico, indici fisiologici. Contestuali misure dei parametri ambientali della colonna d'acqua (in particolare nelle vicinanze del fondo)	Valutazione preliminare della distribuzione degli stocks Opere ad impatto lineare stazioni su transeetti ortogonali all'opera Opere ad impatto areale: stazioni a distanza progressiva dall'opera Una volta identificata l'area a bivalvi stimarne l'estensione, campionando	AO: indagini almeno stagionali; CO: indagini almeno stagionali con tempistiche variabili da stabilire in base alla durata della fase, alla tipologia delle lavorazioni e dell'impatto stimato. PO: indagini almeno stagionali fino al ripristino delle condizioni iniziali. La durata del monitoraggio deve essere tale da escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine.	Riferimenti sono disponibili in pubblicazioni tecnico-scientifiche	Non previsti valori limite e valori standard di riferimento. I valori dei parametri rilevati in fase AO saranno usati nelle fasi successive come riferimenti per

ACQUE DI TRANSIZIONE						
Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore di riferimento
		quali temperatura, salinità, ossigeno. Monitoraggi di tipo non invasivo per specie di interesse Comunitario.	fino ai suoi margini o fino a coprire l'intera area di impatto.			la verifica dell'impatto.

12.4 Acque sotterranee

12.4.1 Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale

Il PMA deve essere progettato e sviluppato in tutte le fasi di vita dell'opera; interessa le acque sotterranee interferite dalla realizzazione e dall'esercizio dell'opera ed un suo intorno di area vasta tale da comprendere "il monte e il valle" dell'installazione.

Lo scopo è di ottenere sufficienti dati e informazioni per:

- Verificare lo stato qualitativo e quantitativo¹³ dei corpi idrici sotterranei nella situazione precedente l'inizio delle attività di cantiere (fase *ante operam* - "*baseline*" per il confronto con le successive fasi di monitoraggio ambientale);
- Verificare, durante le fasi di cantiere ed esercizio dell'opera, l'efficacia delle misure di prevenzione e delle azioni di mitigazione proposte e/o messe in opera;
- Verificare l'eventuale insorgenza di impatti negativi e significativi sulle acque sotterranee durante le fasi di realizzazione, esercizio e dismissione dell'opera, valutandone l'evoluzione rispetto alle previsioni del SIA. La verifica deve includere il confronto con la condizione iniziale (*baseline*), attraverso l'analisi delle variazioni dei parametri e indicatori idrogeologici caratterizzanti lo stato fisico-chimico, gli usi e la produttività delle risorse idriche sotterranee interessate;
- Rilevare tempestivamente eventuali criticità ambientali impreviste, connesse con le attività di costruzione ed esercizio per intervenire rapidamente con adeguate azioni correttive.

Inoltre, l'implementazione del PMA è funzionale ai seguenti scopi:

- Fornire agli Enti preposti al controllo ambientale gli elementi di verifica della corretta esecuzione delle attività di monitoraggio e del rispetto delle prescrizioni e/o raccomandazioni contenute nel provvedimento di compatibilità ambientale e della normativa vigente;
- Organizzare i dati raccolti (livelli piezometrici, parametri chimici, frequenze di campionamento, ecc.) in un formato accessibile, ordinato e leggibile, in modo che possano essere consultati facilmente dagli Enti competenti (es. ARPA, APPA Comune, Provincia, Regione), utilizzati per analisi future, per confronti, per valutazioni dei *trend* temporali, per la condivisione con il pubblico ove previsto ecc.;
- Condividere con Enti pubblici le informazioni relative all'installazione di nuove stazioni di monitoraggio (es. nuovi piezometri, sonde multiparametriche, *datalogger*, ecc.), per potenziare la rete di monitoraggio ambientale preesistente.

Si evidenzia infine che nell'ambito del PMA dovrà anche essere inserita la strutturazione dei report di monitoraggio periodici che dovranno riportare in modo integrato e completo tutti gli elementi necessari alla valutazione dell'evoluzione dello stato della falda e delle eventuali interferenze indotte dal progetto. A tal fine, la documentazione deve includere almeno i seguenti contenuti:

- L'analisi dei livelli piezometrici, con rappresentazione di curve temporali, carte isopiezometriche e *trend* stagionali/pluriennali;
- Le portate sorgentizie e interazioni falda-corpi idrici superficiali, con dati correlati a eventi meteorici;
- I parametri chimico-fisici in campo (pH, conducibilità, ossigeno disciolto, TDS, torbidità) e analisi chimiche di laboratorio (macrodescrittori, metalli, composti organici, isotopi, eventuali PFAS o sostanze emergenti).

¹³ Note: per "variazioni qualitative" si intendono le eventuali modifiche delle caratteristiche fisico-chimico-biologiche delle acque sotterranee indotte dal progetto; per "variazioni quantitative" si considerano le variazioni, positive o negative, dei parametri idraulici indotte negli acquiferi che possono verificarsi a seguito delle azioni del progetto (quali, modifiche della superficie piezometrica, variazione della produttività di pozzi e/o della portata di sorgenti, depauperamento della risorsa idrica per emungimento di acque di falda ecc.).

12.4.2 Ambito oggetto del monitoraggio ambientale

12.4.2.1 Ambito normativo

La protezione e il relativo monitoraggio ambientale delle acque sotterranee in Italia si fondano su un sistema normativo stratificato, che parte dalle direttive dell'Unione Europea e si articola attraverso la legislazione nazionale e i relativi decreti attuativi. Questa normativa "gerarchizzata" garantisce un approccio coerente e integrato alla gestione delle risorse idriche. Nella fattispecie, l'ambito normativo, si colloca all'interno di un processo di semplificazione e coordinamento richiamato dall'art. 2.3 della Direttiva 2011/92/UE, così come modificata dalla Direttiva 2014/52/UE, in sinergia con le seguenti norme:

Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque - DQA)

stabilisce un quadro normativo unitario per la protezione di tutte le categorie di acque. Per le acque sotterranee, in particolare, l'obiettivo primario è la protezione dall'inquinamento e dal deterioramento, perseguendo specificamente la riduzione progressiva dell'inquinamento e la prevenzione del suo aumento, introducendo il concetto di "buono stato" chimico e quantitativo delle acque sotterranee e promuovendo, inoltre, un uso sostenibile delle risorse idriche a lungo termine, imponendo alle Autorità Nazionali di monitorare lo stato delle acque in ciascun bacino idrografico e di elaborare e attuare Piani di Gestione dei bacini idrografici per proteggere e migliorare le acque sotterranee.

L'approccio olistico della Direttiva, che considera l'acqua come un sistema interconnesso, implica che il monitoraggio delle acque sotterranee nella VIA non può essere isolato, ma deve considerare le interazioni con le acque superficiali e con i Piani di Gestione di bacino più ampi.

Direttiva 2006/118/CE (Direttiva sulle Acque Sotterranee)

stabilisce criteri dettagliati per la valutazione del buono stato chimico dei corpi idrici sotterranei e per l'identificazione di tendenze crescenti significative e durature nelle concentrazioni di inquinanti.

Direttiva 2014/80/UE

modifica la Direttiva 2006/118/CE introducendo aggiornamenti sui criteri per la definizione dei valori soglia e sulle modalità di monitoraggio delle sostanze inquinanti.

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Testo Unico Ambientale).

- Parte III - recepisce la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, stabilendo le norme generali per la tutela delle acque, compresi i criteri per il monitoraggio e la classificazione dello stato delle acque sotterranee;
- Parte IV - da tenere in considerazione nella redazione del PMA qualora l'opera sottoposta a VIA interessi aree oggetto di procedimento di bonifica, le attività previste dal PMA in questo caso dovranno tenere conto degli obblighi e delle procedure previsti, armonizzando con queste ultimi: i parametri descrittivi, l'ubicazione dei monitoraggi, le procedure di campionamento, le metodiche analitiche e i relativi limiti di quantificazione/valori di riferimento nonché frequenze, criteri di valutazione e modalità di gestione e trasmissione dei dati.

Decreto Legislativo 16 marzo 2009, n. 30

recepisce la Direttiva 2006/118/CE fornendo criteri dettagliati per la valutazione dello stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee e l'identificazione delle tendenze degli inquinanti, stabilendo valori soglia per numerose sostanze e affidando alle Regioni il compito di monitoraggio e gestione.

Decreto Ministeriale n. 100 del 6 luglio 2016

aggiorna i valori soglia per alcune sostanze inquinanti nelle acque sotterranee, includendo anche composti perfluoroalchilici (PFAS) e introducendo metodologie di analisi e criteri per la definizione dei livelli di fondo naturali.

12.4.2.2 Ambito di indagine

L'ambito di indagine riguarda tutte le attività atte a verificare e controllare gli eventuali impatti significativi e negativi sulla qualità e quantità delle acque sotterranee derivanti dal progetto sottoposto a VIA, in coerenza con

l'obiettivo della DQA del non deterioramento degli elementi di qualità dei corpi idrici e/o del mancato raggiungimento di un buono stato degli stessi¹⁴.

La norma nazionale fornisce la definizione dell'ambito di indagine: per "acque sotterranee" si intendono "tutte le acque che si trovano sotto la superficie del suolo nella zona di saturazione e a contatto diretto con il suolo o il sottosuolo" (art. 54, comma 1, lett. d) D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.)

Il monitoraggio di tale componente, nell'intero ciclo di vita dell'opera, riguarderà le aree di maggiore sensibilità e vulnerabilità della risorsa idrica individuate nel SIA, in relazione all'ubicazione, tipologia delle azioni di progetto e ai fattori di pressione sulla matrice ambientale.

In particolare, partendo da uno specifico approccio integrato, il PMA deve prendere in considerazione l'area d'influenza del progetto, intesa come l'area direttamente interessata dall'opera ed un suo significativo intorno, definito sulla base delle caratteristiche idrogeologiche dell'area, nonché anche le aree potenzialmente impattate indirettamente, anche se in taluni casi più distanti, e deve focalizzarsi principalmente sui seguenti aspetti:

- inquadramento idrogeologico (stratigrafia locale, permeabilità, presenza di livelli acquiferi multipli, profondità, della falda, direzione della falda, eventuale presenza di coperture argillose, ecc., contesto idrico-ambientale: presenza di aree di ricarica, zone di tutela, aree di salvaguardia, eventuale ingresso di acque salmastre ecc.);
- caratteristiche quantitative della risorsa idrica sotterranea (relative alla valutazione della dinamica e disponibilità della risorsa idrica sotterranea, ovvero lo studio degli aspetti idraulici dell'acquifero, indipendentemente dalla qualità chimica);
- caratteristiche qualitative della risorsa idrica sotterranea (per studiare l'influenza del progetto sulla qualità delle acque sotterranee, verificando la presenza di contaminanti, anche in relazione ai valori soglia normativi, e valutando il possibile deterioramento dello stato ambientale attraverso la definizione delle proprietà chimico-fisiche e chimiche delle acque sotterranee).

Il monitoraggio degli aspetti su menzionati ha lo scopo di monitorare, gestire e mitigare gli eventuali effetti che la realizzazione e l'esercizio dell'opera possono avere sul comparto acque sotterranee. Al riguardo, a titolo esemplificativo, di maggiore interesse saranno: gli scavi e le opere interrato, anche nell'ambito del Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo, l'impermeabilizzazione delle superfici, i depositi e gli stoccaggi a contatto con il suolo, le reti di drenaggio e/o i serbatoi interrati ecc. In tal caso, come indicato nel paragrafo 6.3 "Gestione Terre e Rocce da scavo" (Parte I), il PMA dovrà essere elaborato in coordinamento con il Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo, in particolare per quanto riguarda l'individuazione dei potenziali recettori e la definizione delle aree di indagine, così da evitare la ripetizione di monitoraggi già effettuati e garantire una pianificazione ottimale e razionale dei punti di controllo ambientale.

12.4.3 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

Al fine di garantire la rappresentatività del monitoraggio delle acque sotterranee e la futura riutilizzabilità della rete nelle diverse fasi del progetto (*ante operam*, corso d'opera, *post operam*, dismissione), la definizione delle aree e dei punti di controllo deve basarsi su criteri di significatività, completezza informativa e flessibilità. In particolare, il progettista dovrà:

- Individuare le aree da monitorare sulla base delle potenziali interferenze generate dall'opera, considerando:
 - caratteristiche idrogeologiche locali;
 - vulnerabilità e sensibilità dei sistemi acquiferi;
 - usi della risorsa idrica e presenza di recettori sensibili;
 - dinamiche di flusso sotterraneo.

¹⁴ Nel caso di deroga ai sensi dell'articolo 4 comma 7 della DQA – (artt. 76 e 77 del D.Lgs. 152/2006) il PMA deve essere predisposto per monitorare anche l'efficacia delle misure di mitigazione previste.

- Progettare una rete piezometrica adeguata, assicurando un numero sufficiente di punti d'acqua utile a definire direzione e gradiente di flusso della falda;
 - per aree di limitata estensione, prevedere almeno 3 punti di misura, con n. 2 punti monte-valle (M-V) in ingresso e uscita dall'area di intervento.
- Verificare l'esistenza di punti di captazione esistenti e valutarne l'idoneità idraulica rispetto alle caratteristiche del sito, con particolare riferimento a:
 - stato delle opere;
 - profondità utile e eventuale insabbiamento;
 - informazioni derivanti da prove di pompaggio o test idraulici precedenti.
- Effettuare eventuali interventi di recupero dei punti esistenti non funzionali, quali:
 - *air-lift*;
 - pistonaggio;
 - altre tecniche di ripristino delle opere piezometriche.

La selezione delle aree e dei punti di monitoraggio deve basarsi necessariamente sul modello concettuale dell'area, che comprende le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e idrochimiche, l'identificazione delle fonti di pressione esistenti, l'individuazione dei recettori sensibili e il regime idrologico sito-specifico.

In tale quadro, l'ubicazione dei punti di monitoraggio dovrà considerare:

- le aree di maggiore sensibilità o vulnerabilità dei sistemi acquiferi, in relazione al potenziale depauperamento quantitativo/qualitativo, ai rischi di inquinamento e — in ambito costiero — all'ingressione marina;
- le condizioni al contorno definite dal modello concettuale, inclusi i percorsi preferenziali di flusso e le discontinuità idrogeologiche;
- l'entità e la tipologia dell'opera e le interferenze identificate nel SIA, anche in relazione alle variazioni attese del regime idraulico sotterraneo;
- le aree di captazione idrica (sorgenti o pozzi a uso potabile, industriale e irriguo), qualora il SIA evidenzi potenziali interferenze dirette o indirette sullo stato quantitativo o qualitativo della falda;
- le aree interessate da gallerie, grandi scavi e movimentazioni di terra, incluse quelle ricomprese nel Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo, dove le opere possono intercettare la superficie freatica o falde confinate, alterare il regime idraulico, favorire la miscelazione tra acquiferi diversi o, nei contesti costieri, modificare l'interfaccia acqua dolce/salmastra;
- le aree destinate a cantieri, depositi e siti di recupero ambientale (compresi gli impianti di trattamento), soggette a potenziali rischi di contaminazione per sversamenti accidentali, perdite da serbatoi o uso di sostanze pericolose;
- la presenza di aree protette e di particolare valore ambientale, quali sorgenti e gruppi sorgivi, SIC/ZSC-ZPS, siti EUAP, zone umide, laghi alimentati da falda e risorgive carsiche;
- il valore della risorsa idrica, tenendo conto degli usi presenti o previsti (idropotabile, industriale, agricolo) e della disponibilità quantitativa;
- la presenza di sorgenti puntuali di pressione o rischio, quali scarichi, serbatoi, vasche, infrastrutture e potenziali fonti di alterazione dello stato qualitativo degli acquiferi;
- i corsi d'acqua connessi con la falda, soprattutto in aree fratturate o fagliate, dove possono verificarsi effetti di drenaggio o abbassamenti del livello piezometrico indotti da scavi sotterranei;
- le aree caratterizzate da incertezza sugli impatti idrici, per le quali risulta necessario prevedere un monitoraggio specifico.

Nella seguente tabella è riportata una sintesi dei criteri maggiormente utilizzati per la selezione delle aree e dei punti di monitoraggio.

Tab. 12.2 –Criteri maggiormente utilizzati per la selezione delle aree e dei punti di monitoraggio.

Categoria	Elemento da considerare	Descrizione sintetica
Modello concettuale	Caratteristiche geologiche, idrologiche, idrogeologiche e idrochimiche	Descrizione dei flussi, tipologia e vulnerabilità degli acquiferi, qualità delle acque.
	Fonti di pressione esistenti	Identificazione di attività antropiche pregresse o attive con potenziale impatto.
	Recettori sensibili	Presenza di ecosistemi, popolazione o altri beni esposti a rischio ambientale.
	Aree sensibili/vulnerabili	Zone con maggiore predisposizione al depauperamento, inquinamento e/o ingressione marina.
	Limiti idrogeologici	Caratteristiche fisiche e idrauliche che delimitano e influenzano il sistema acquifero.
Tipologia dell'opera	Entità e tipo di intervento	Valutazione delle interazioni dirette/indirette tra opera e falda, secondo quanto emerso nel SIA
Aree di valore ambientale	Siti di interesse naturalistico	Inclusione di SIC/ZSC-ZPS, siti EUAP, sorgenti, aree umide, laghi con alimentazione da falda, ecc.
Valore della risorsa	Usi attuali e potenziali della risorsa idrica	Priorità ai punti destinati a usi potabili, agricoli o industriali.
	Disponibilità quantitativa della risorsa	Rilevanza in funzione della portata e della sostenibilità d'uso.
Fonti di rischio/pressione	Presenza di sorgenti puntuali di contaminazione	Serbatoi, scarichi, vasche, infrastrutture con potenziale rilascio di sostanze inquinanti. Gallerie, grandi scavi o movimentazioni di terra (in coerenza con eventuale Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo).

Nella scelta dell'ubicazione dei punti di monitoraggio si dovrà rispettare il criterio "del monte e del valle idrogeologico" rispetto alla localizzazione delle aree interessate dalla realizzazione e l'esercizio dell'opera e alla direzione di deflusso della falda, sia al fine di definire l'andamento della piezometrica, e la conseguente direzione del flusso di falda, sia per valutare e individuare "tempestivamente" eventuali variazioni di uno stesso parametro tra punti di misura ubicati monte-valle (M-V) e conseguentemente eventuali impatti legati alle interferenze e/o pressioni e azioni di progetto.

È importante evidenziare che, relativamente alla definizione della rete di monitoraggio delle acque sotterranee, oltre all'allestimento di nuovi punti di monitoraggio (piezometri) sulla base dei criteri di cui sopra, sarà necessario includere, laddove presenti, punti di controllo già utilizzati in campagne d'indagine precedenti a supporto degli studi geologici ed idrogeologici effettuati nell'ambito del progetto e del SIA (quali ad esempio pozzi pubblici e/o privati, sorgenti, piezometri).

L'integrazione di pozzi, piezometri già esistenti e/o realizzati nelle precedenti fasi conoscitive, dovrà, comunque, essere effettuata previa la necessaria ricognizione e/o verifica di tutti i punti d'acqua prescelti, al fine di valutarne la funzionalità e le effettive condizioni di servizio. In caso contrario, sarà necessario predisporre l'allestimento di nuovi fori di sondaggi ad hoc da attrezzare per il monitoraggio.

Inoltre, la rete di monitoraggio dovrà essere strettamente connessa ed integrata con le reti di monitoraggio nazionali, regionali e locali già implementate, qualora presenti, e alle reti monitoraggio qualitativo – quantitativo previste dalla normativa di settore, sia essa relativa alla Parte III o alla Parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

La rete di monitoraggio dovrà essere progettata in modo da poter essere aggiornata nel tempo, in funzione dei risultati ottenuti e delle eventuali modifiche progettuali, garantendo così un controllo efficace e conforme agli obiettivi di tutela ambientale.

I punti di monitoraggio dovranno essere allestiti e attrezzati ad hoc al fine di monitorare le caratteristiche qualitative e quantitative delle acque sotterranee, oltre che le variazioni del livello della falda sotterranea.

Per ognuno dei punti di monitoraggio individuati, dovrà essere accertata, con sopralluoghi e altre verifiche, la fattibilità in campo attraverso la:

- Verifica in sito delle condizioni di accessibilità e di facile individuazione del punto, mediante opportuna segnaletica chiara, visibile e non asportabile;
- Verifica della realizzazione in funzione delle caratteristiche geologiche del sito interessato dalla perforazione;

- Verifica della possibilità di ubicare il punto di monitoraggio all'interno di aree recintate, in modo da evitare al massimo rischi di manomissione;
- Individuazione di potenziali sorgenti inquinanti nell'ambito dell'area, con particolare riferimento alla loro posizione e distanza rispetto ai punti di controllo prescelti e rispetto al deflusso idrico sotterraneo, che potrebbero inficiare i risultati delle misure e la valutazione delle cause – effetti tra le operazioni di realizzazione e/o esercizio dell'opera e le variazioni riscontrate nei parametri indicatori;
- Verifica dell'assenza di zone agricole coltivate, anche saltuariamente, nell'intorno del punto di monitoraggio.

La localizzazione dei punti di monitoraggio delle acque sotterranee, codificati, numerati e georeferenziati nel sistema ETRF2000¹⁵, dovrà essere riportata in specifiche planimetrie di riferimento da allegare al PMA.

12.4.4 Monitoraggio dello stato quantitativo

Il monitoraggio dello stato quantitativo delle acque sotterranee ha l'obiettivo di determinare l'equilibrio tra la ricarica ed i prelievi degli acquiferi e di individuare eventuali alterazioni indotte dall'opera. La verifica dello stato quantitativo si basa principalmente sull'analisi dei livelli piezometrici, delle direzioni e delle velocità di flusso, sulla stima della ricarica naturale e/o artificiale, sull'eventuale interconnessione con i corpi idrici superficiali. I dati raccolti, provenienti da reti esistenti e/o da nuove stazioni di misura installate specificamente per la realizzazione dell'opera, consentono di individuare variazioni anomale del regime idrico, fenomeni di impoverimento della risorsa e/o modifiche nella dinamica di falda (es. coni di abbassamento, inversioni di gradiente, modifiche del flusso).

12.4.4.1 Parametri descrittivi (indicatori)

Considerati gli obiettivi specifici del monitoraggio, la scelta degli indicatori e/o degli indici, nonché la frequenza di campionamento dovranno essere effettuati in funzione delle caratteristiche dell'acquifero, della tipologia delle attività di progetto e delle potenziali interazioni con i corpi idrici sotterranei e superficiali, del regime idraulico sotterraneo e dei potenziali rischi sulla risorsa idrica, soprattutto per quanto riguarda il rischio del suo depauperamento. Si dovrà, quindi, partire dal modello concettuale dell'area oggetto del piano di monitoraggio che, a seconda dei casi e dell'andamento dei differenti parametri, potrà essere via via aggiornato. Esso prevede l'acquisizione e l'elaborazione dei dati esistenti e l'identificazione, tramite prove dirette, dei parametri idrogeologici principali che regolano il flusso di falda. La tipologia e l'ubicazione delle prove da eseguire sono stabilite sulla base della ricostruzione delle caratteristiche dei livelli acquiferi e degli orizzonti impermeabili.

Il parametro più significativo per la valutazione dello stato "quantitativo" dell'acquifero è senz'altro rappresentato dalla misura del livello della falda nei pozzi o fori di monitoraggio attrezzati come piezometri.

Ulteriori parametri descrittivi raccomandati sono:

- l'identificazione delle tipologie di acquifero (freatico, confinato, semi-confinato), nonché della presenza di più acquiferi sovrapposti e delle loro eventuali interazioni;
- la definizione del gradiente idraulico e della direzione di flusso della falda;
- la determinazione della conducibilità idraulica e della trasmissività dell'acquifero di interesse;
- le portate di emungimento degli eventuali pozzi presenti e l'individuazione dei coni di emungimento;
- le misure delle portate volumetriche delle sorgenti, ove presenti ed interagenti con il modello idrogeologico dell'area;
- la definizione dell'interazione delle acque sotterranee con le acque superficiali eventualmente presenti, anche attraverso l'utilizzo di modelli numerici e/o dei bilanci idrici;
- le escursioni del livello nei sistemi acquiferi che alimentano zone particolarmente sensibili come le aree umide o gli specchi lacuali;
- l'identificazione dell'eventuale ingresso di acque salmastre.

¹⁵ Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri (DPCM) del 10 novembre 2011.

Ai fini dell'impostazione del PMA, si individuano di seguito due casi specifici che richiedono livelli di approfondimento e accorgimenti di monitoraggio dedicati.

Nel contesto del PMA, le sorgenti rappresentano elementi particolarmente sensibili e strategici, sia dal punto di vista ambientale che idrico, e la loro presenza può influenzare in modo significativo la progettazione, l'attuazione e l'interpretazione del monitoraggio. Per le sorgenti presenti nell'area d'influenza del progetto e individuate come "potenzialmente impattate" dalla realizzazione dell'opera, le attività di monitoraggio in situ dovranno prevedere, fra le altre, delle documentazioni fotografiche sulle condizioni del sito e delle misure e prove per la caratterizzazione del regime idraulico, come ad es. misurazione della portata volumetrica, variabilità, curva d'esaurimento ecc. In caso di emergenze idriche con bassi valori di portata o emergenze diffuse, il valore della portata volumetrica dovrà essere stimato.

Le attività di monitoraggio delle sorgenti, fra tutti la misura della portata, dovranno iniziare il più presto possibile, al fine di ottenere i dati di base prima dell'inizio della fase di cantiere). I dati dovranno essere registrati usando un formato standard.

Per le aree caratterizzate da elevata sensibilità e rilevanza socio-economica, biologica ed ecologica della risorsa idrica sotterranea e superficiale, in interazione con l'acquifero presente nell'area di influenza del progetto e potenzialmente soggette a impatti, quali ad esempio le zone umide protette, i laghi alimentati da risorgive carsiche, nonché siti appartenenti alla Rete Natura 2000 (SIC, ZSC, ZPS), sarà necessario prevedere anche idonei rilievi di campo e documentazione fotografica dello stato della vegetazione ripariale delle aree.

12.4.4.2 Frequenza e durata dei monitoraggi

Il monitoraggio quantitativo delle acque sotterranee, finalizzato alla valutazione dello stato idrodinamico degli acquiferi di interesse e all'identificazione di potenziali alterazioni del regime piezometrico, deve essere articolato in:

- fase *ante operam*: laddove possibile dovrebbe avere una durata minima di 6 mesi a partire dall'allestimento dei pozzi/piezometri ed una frequenza almeno trimestrale. In tale modo si ottengono almeno due misure distribuite in due differenti condizioni stagionali (es. fine stagione umida e inizio stagione secca, o viceversa), al fine di identificare la tendenza stagionale di base (fase di ricarica vs. fase di esaurimento), utile per interpretare le dinamiche di falda, utilizzabile per confronti futuri e per rilevare anomalie una volta avviato il cantiere. È, inoltre, fondamentale eseguire misure dopo eventi meteorici intensi;
- fase *corso d'opera*: copre l'intero periodo di realizzazione dell'opera, Le misure devono avere frequenza elevata (almeno mensili, alternativamente trimestrali), in particolare durante le attività che possono interferire con la dinamica delle acque sotterranee (es. scavi, drenaggi, impermeabilizzazioni, consolidamenti ecc.);
- fase *post operam*: il monitoraggio deve proseguire per almeno 12 mesi, e potrà essere esteso in funzione degli impatti osservati, fino al raggiungimento della situazione di riequilibrio iniziale (AO). La frequenza dovrebbe essere mensile nei primi sei mesi, e poi passare a semestrale o annuale, purché consenta di cogliere eventuali variazioni nel regime della falda e valutare l'efficacia delle eventuali misure di mitigazione adottate.

Laddove possibile, per le tre fasi sopra descritte, si raccomanda il monitoraggio in continuo (acquisizione oraria/giornaliera) tramite *data logger*, utile per identificare variazioni rapide, *trend* stagionali e/o anomalie temporanee.

Nel caso in cui nell'area d'influenza del progetto siano presenti sorgenti naturali, aree umide alimentate da falda, o comunque zone ad alta vulnerabilità e valore ambientale o ecosistemico (es. aree della Rete Natura 2000, habitat dipendenti da acque sotterranee, laghi di risorgiva, zone di ricarica strategica ecc.), la frequenza e durata del monitoraggio quantitativo dovranno essere modulati con maggiore cautela e dettaglio rispetto agli standard ordinari e dovranno essere in linea con il modello concettuale dell'area.

A seguire si riporta uno schema riassuntivo per la verifica dello stato quantitativo (livello della falda).

Tab 12.3 – Verifica dello stato quantitativo (livello della falda)

Fase	Durata minima consigliata	Indicatore	Frequenza di misura*	Obiettivi principali	Note
<i>Ante operam</i>	Almeno 6 mesi.	Livello falda	In continuo (preferibile) o trimestrale.	Rappresentare l'intero ciclo idrologico annuo.	Misure da effettuare in fine estate, primavera e/o dopo eventi meteorici intensi.
Corso d'Opera	Intera durata dei lavori.	Livello falda	In continuo o almeno mensile o trimestrale.	Rilevare variazioni stagionali (magra e ricarica).	Maggiore intensità durante le fasi critiche di interferenza.
<i>Post operam</i>	Almeno 12 mesi (estendibile se necessario).	Livello falda	Mensile o bimensile nei primi sei mesi per poi essere ridotta a semestrale/annuale (se non in continuo).	Rilevare interferenze delle attività (es. scavi, drenaggi, impermeabilizzazioni, consolidamenti).	Frequenza e durata possono variare in base agli impatti osservati.

* Nota 1: in contesti sensibili (sorgenti, aree umide, siti Natura 2000, ecc.) frequenza e durata maggiore rispetto agli standard ordinari. Il monitoraggio deve essere modulato secondo il modello concettuale dell'area e la vulnerabilità ecosistemica. Misure portate volumetrica e altri parametri specifici preferibilmente, "in continuo" o "trimestralmente".

Per quanto riguarda gli altri parametri descrittivi indicati nel paragrafo 12.4.4.1. la frequenza di monitoraggio può essere di una sola volta nell'ambito di ciascuna fase di vita dell'opera (AO, CO, PO).

12.4.4.3 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

I metodi e gli strumenti di misura (es. misure in continuo, freatometro, sonda multiparametrica) possono essere vari e quelli più adatti andranno valutati a seconda dei casi specifici, dei parametri che si andranno a monitorare e delle condizioni geologiche e idrogeologiche locali del sito.

Prima di eseguire qualsiasi operazione sui piezometri e/o pozzi, è fondamentale procedere alla misurazione del livello della falda (soggiacenza), indipendentemente dal fatto che si voglia determinare il livello statico o dinamico. Questa misura deve sempre essere effettuata prima di ogni attività che possa alterare il livello dell'acqua nel piezometro, come ad esempio lo spurgo o il campionamento, al fine di garantirne l'attendibilità. Inoltre, come buona regola per l'accuratezza delle misure, ogni volta che si compie la misura del livello della falda, si dovrà controllare la profondità del pozzo o foro di sondaggio per assicurarsi che non si siano formati depositi sul fondo e sia idoneo per il campionamento.

Le metodologie quantitative devono mirare a definire il comportamento idrodinamico dell'acquifero attraverso, in primis, la misurazione del livello piezometrico, l'analisi delle fluttuazioni stagionali e la stima dei principali parametri idraulici delle acque sotterranee oggetto del monitoraggio.

Per assicurare la confrontabilità nel tempo delle misure di soggiacenza eseguite su uno stesso punto di monitoraggio, è necessario che esse vengano sempre riferite a un riferimento fisso e stabile. È prassi identificare un punto di misura costante sulla testa del piezometro (boccapozzo), marcandolo in modo indelebile, così da garantire l'uniformità delle misurazioni nel corso delle campagne successive.

Oltre al livello di falda, è utile stimare o monitorare anche i seguenti parametri con le metodologie indicate:

- gradiente idraulico (rapporto fra lunghezze: differenza di carico idraulico tra due punti e distanza orizzontale fra essi; in genere viene espresso come percentuale);
- conducibilità idraulica e trasmissività (da *slug test*, prove di pompaggio, ecc.);
- direzione preferenziale della falda.

I piezometri devono essere installati e mantenuti secondo criteri geotecnici e idrogeologici appropriati. Nel caso in cui ci si trovi in presenza di un acquifero multifalda, ossia composto da falde acquifere sovrapposte, e si ritenga necessario acquisire informazioni da ciascun livello è auspicabile installare un gruppo di piezometri a distanza ravvicinata fra loro, uno per ogni falda che si intende indagare.

Per il monitoraggio della portata delle sorgenti, i metodi più comuni sono il metodo volumetrico (misurando il tempo necessario a riempire un contenitore di volume noto) o il metodo correntometrico (utilizzando un correntometro per misurare la velocità dell'acqua in diversi punti della sezione di deflusso della sorgente e rapportandolo poi alla 'area della sezione stessa); un'ulteriore metodologia implica l'uso di traccianti, utili in situazioni complesse, in cui non è possibile eseguire misure di tipo diretto.

Sarebbe buona prassi, laddove possibile, installare sensori di livello automatici anche nei bacini sorgentizi, al fine di rilevare variazioni di quota dell'acqua che possano suggerire modifiche nel regime dell'alimentazione.

Nelle sorgenti carsiche, soggette a risposte impulsive e rapide alle piogge, è fortemente raccomandata la misura in continuo per cogliere eventi transitori e picchi di portata.

Nei siti maggiormente sensibili, è essenziale integrare i dati di portata con informazioni pluviometriche e piezometriche nelle aree di ricarica, per comprendere i meccanismi di risposta idrologica e valutare eventuali interferenze dovute all'opera.

I dati di una campagna di monitoraggio ambientale possono risultare alterati da errori, volontari o accidentali, nelle varie fasi. Valutare l'affidabilità dei risultati è fondamentale per assumere decisioni corrette, ad esempio nel verificare la conformità a leggi, norme o specifiche tecniche.

In linea generale, i dati raccolti vanno validati con controlli di qualità e integrati da ispezioni periodiche dell'integrità delle strutture di misura.

Le metodologie devono garantire la ripetibilità, tracciabilità e affidabilità del dato. Il rispetto di questi standard è fondamentale per consentire una valutazione comparabile nel tempo, soprattutto per il confronto con i dati AO e PO.

Le metodiche di riferimento sono quelle più accreditate proposte da autorevoli istituti di ricerca internazionali e nazionali, come ad es. EPA (*Environmental protection Agency of United States of America*), IRSA (Istituto di Ricerca Sulle Acque), UNICHIM (ente di normazione tecnica operante nel settore chimico federato all'UNI - ente nazionale di unificazione), ASTM (*American Standard Test Method*), DIN (*Deutsches Institut für Normung*).

In generale, gli aspetti da tener presente ai fini della verifica di qualità nel corso del monitoraggio quantitativo della matrice acque sotterranee riguardano:

- manutenzione e calibrazione degli strumenti e delle apparecchiature;
- procedure di decontaminazione dell'attrezzatura;
- campioni di controllo;
- norme di conservazione e trasporto dei campioni;
- documentazione di campionamento.

Per ulteriori dettagli si ritiene utile far riferimento al capitolo 7 del "Manuale per le indagini ambientali" (Manuali e linee guida a cura di APAT 43/2006 ISBN 88-448-0234-1).

12.4.4.4 Valori di riferimento

Per il monitoraggio quantitativo non sono definiti valori limite e valori standard di riferimento. Il confronto dei dati di monitoraggio si baserà, pertanto, sui valori di riferimento definiti dal Proponente nel SIA e sui dati acquisiti durante il monitoraggio *ante operam*.

12.4.5 Monitoraggio dello stato qualitativo

La verifica dello stato qualitativo delle acque sotterranee nel PMA ha l'obiettivo di determinare la presenza, la natura e tendenza di contaminazioni e/o eventuali impatti diretti o indiretti generati dalle opere sulla matrice di interesse, che potrebbero compromettere gli usi attuali e futuri della risorsa idrica, anche rispetto agli obiettivi di cui alla DQA. È necessario, inoltre, valutare l'evoluzione della qualità della risorsa idrica nel tempo, rispetto alla condizione iniziale (*baseline*) ed alle fasi CO, PO e dismissione.

Il monitoraggio qualitativo è progettato sulla base del modello concettuale dell'acquifero e dovrà integrare le informazioni idrogeologiche ed idrodinamiche, illustrate nei precedenti paragrafi, con le caratteristiche geochemiche e le pressioni antropiche esistenti e potenziali.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla possibile messa in comunicazione, indotta dalle opere, tra acquiferi di diversa qualità (es. superficiali contaminati e profondi destinati ad uso potabile) e/o tra acque dolci e salmastre in contesti costieri. Inoltre, l'analisi qualitativa dovrà considerare le interazioni tra falda e altri corpi

idrici sensibili, come sorgenti, aree umide, laghi di risorgiva, la cui qualità può essere alterata anche da modifiche indirette del regime idrico.

L'esito della valutazione qualitativa, come del resto quella quantitativa, dovrà consentire di verificare il rispetto degli obiettivi di tutela ambientale della risorsa idrica e di attivare, se necessario, misure correttive, mitigative o integrative al monitoraggio.

12.4.5.1 Parametri descrittivi (indicatori)

L'identificazione dei parametri da analizzare è funzione delle attività previste per la realizzazione e l'esercizio dell'opera e dalla tipologia dell'opera stessa.

La scelta degli analiti andrà fatta facendo riferimento a quanto indicato nelle parti III e IV del D.Lgs. 152/2006 e nel D.Lgs 30/2009, che individuano i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici.

Misure speditive di campo (parametri chimico-fisici)

Il rilievo dei parametri chimico-fisici e chimici, da valutare in campo su ciascun campione d'acqua, dovrà essere eseguito subito dopo la misura del livello statico della falda e dopo un adeguato spurgo del pozzo/piezometro e la stabilizzazione delle condizioni idrochimiche.

Per la misura dei parametri in situ potrà essere utilizzata una sonda multiparametrica o altra strumentazione idonea.

Il set minimo di parametri di base da misurare in campo dovrà comprendere, in ogni caso, i seguenti parametri:

- Temperatura aria;
- Temperatura acqua;
- Tenore di Ossigeno disciolto;
- Valore di pH;
- Conducibilità elettrica;
- TDS;
- Torbidità.

Tali parametri sono quelli strettamente di base, le misure di campo sono infatti fondamentali sia per verificare le corrette attività di spurgo del piezometro, riconoscibili attraverso la stabilizzazione dei parametri stessi, sia per individuare in tempi rapidissimi eventuali alterazioni indotte dal progetto oggetto a VIA.

Analisi chimiche

Sono analisi svolte su campioni prelevati e conservati secondo i protocolli normati che saranno descritti nel seguito (UNI EN ISO). Permettono la determinazione quantitativa di numerosi parametri chimici, suddivisibili in differenti categorie a seconda delle loro caratteristiche.

La scelta degli analiti da determinare andrà eseguita in relazione agli impatti individuati nel SIA, al modello concettuale, tenendo conto di quanto indicato nel D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e nell'ambito del recepimento della Direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento recepita in Italia con il D.Lgs. 16 marzo 2009 n. 30 e s.m.i.

Più specificamente, per la caratterizzazione qualitativa delle acque su ciascun campione prelevato (da piezometri, pozzi e sorgenti) dovranno essere misurati i seguenti parametri di base:

- parametri chimici macrodescrittori, attraverso cui viene definita l'origine geochimica e la tipologia dell'acqua sotterranea (calcica, bicarbonato calcica, sodica ecc.) e la presenza di una potenziale contaminazione o pressione antropica: calcio, sodio, potassio, magnesio, bicarbonati, solfati, cloruri, fluoruri, nitrati, nitriti, ione ammonio;
- elementi in traccia: arsenico, cobalto, cromo, rame, ferro, iodio, manganese, nichel, selenio, silicio, stagno, vanadio, zinco, cadmio, mercurio, piombo. Metalli e metalloidi possono essere di origine naturale o antropica e la loro presenza in natura è strettamente dipendente dai parametri chimico-fisici (pH, temperatura, ecc.).

Oltre ai parametri di base, a seconda dei casi specifici connessi ai rischi associati alle attività necessarie per la realizzazione dell'opera, al suo esercizio e alle caratteristiche ambientali e antropiche del sito e dei corpi idrici recettori, potrebbe verificarsi la necessità di ampliare il set analitico per la verifica di potenziali contaminazioni della risorsa idrica sotterranea prevedendo:

- determinazione della concentrazione di composti organici (IPA, VOC, BTEX) e idrocarburi, laddove pertinenti con le attività previste per la realizzazione e l'esercizio dell'opera e/o con l'effettiva qualità delle acque sotterranee sottostanti l'area di esecuzione del progetto;
- analisi microbiologiche;
- analisi della richiesta chimica di ossigeno (COD), della richiesta biochimica di ossigeno (BOD), della richiesta totale di ossigeno (TOD), del contenuto di carbonio organico totale (TOC);
- analisi isotopiche, mediante la determinazione del Tritio (per definire l'età delle acque sotterranee) e degli isotopi stabili dell'ossigeno ^{18}O , ^2H (per definire l'età e la provenienza e l'area d'alimentazione delle acque);
- determinazione di eventuali elementi radioattivi per le aree dove sono presenti rocce contenenti elementi radioattivi, quali a es. ossidi di uranio;
- misure dei parametri analitici per la valutazione degli effetti dell'intrusione marina e delle variazioni dell'interfaccia acque dolci/acque salate nelle zone costiere (salinizzazione), tramite la determinazione dei parametri chimici e fisici delle acque connessi direttamente con la "salinità" delle acque: conducibilità e cloruri.

12.4.5.2 Frequenza e durata dei monitoraggi

Il progetto di monitoraggio idrogeologico si dovrà articolare secondo tre fasi principali: *ante operam*; corso d'opera; *post operam*.

La frequenza andrà modulata in base ai molteplici fattori in gioco, quali ad esempio:

- le caratteristiche idrogeologiche (presenza di falde vulnerabili, sorgenti potabili, aree protette, ecc.);
- la tipologia dell'opera (gallerie, scavi profondi, cave, discariche, ecc.);
- la presenza di pressioni esistenti o storiche (serbatoi, scarichi, siti contaminati ecc.);
- il rispetto della stagionalità.

Si evidenzia che Linee guida regionali e/o eventuali prescrizioni o condizioni ambientali contenute nel provvedimento di VIA possono richiedere frequenze specifiche in base alla sito-specificità. In linea generale, si dovrà cercare di eseguire i rilievi o il prelievo di campioni anche nei momenti di minima/massima condizione idrologica (periodo di magra e di ricarica della falda) per definire meglio il range della variabilità stagionale (es. a primavera, fine estate, autunno o dopo un periodo caratterizzato da precipitazioni eccezionali).

La frequenza dei rilievi e del campionamento per la caratterizzazione qualitativa dei corpi idrici sotterranei sarà effettuata con cadenza minima di almeno tre volte l'anno (preferibilmente quattro volte l'anno), al fine di consentire una definizione della variabilità stagionale dei parametri.

La programmazione dei singoli campionamenti dovrà essere prevista preferibilmente in contemporanea alle lavorazioni più critiche, mentre per quanto concerne i tempi di restituzione dei dati, non si dovranno eccedere in modo significativo i tempi tecnici per la conduzione delle prove di laboratorio.

Per quanto riguarda la durata della fase di monitoraggio iniziale (AO) il periodo minimo delle osservazioni raccomandato è di 6 mesi, mentre per la fase di cantiere (CO) il periodo varia a seconda del cronoprogramma delle lavorazioni del progetto; per la fase *post operam*, le attività di monitoraggio dovranno continuare per un periodo minimo di un anno e, comunque, per una durata che dipende dalla tipologia dell'opera, dalla tematica oggetto del monitoraggio (es. variazione livello della falda) e comunque fino al raggiungimento delle condizioni iniziali (AO).

A seguire si riporta uno schema riassuntivo per la verifica dello stato qualitativo.

Tab 12.4 – Verifica dello stato qualitativo.

Fase	Durata minima consigliata	Frequenza di misura*	Note
<i>Ante operam</i>	Minimo 6 mesi a partire dall'allestimento dei pozzi e piezometri.	Preferibilmente 4 volte/anno ed almeno in fase di magra e ricarica dell'acquifero. Alternativamente 3 campionamenti/anno	Acquisizione della baseline qualitativa, con attenzione alla variabilità stagionale (magra, ricarica, piogge intense); serve per confronto e valutazione degli impatti durante e dopo l'opera.
Corso d'Opera	Intero periodo di realizzazione del progetto.	Almeno 3 campionamenti/anno (preferibilmente 4 volte/anno)	Deve tenere conto delle fasi più critiche dei lavori; utile per la verifica tempestiva di interferenze e/o impatti e per attivare misure correttive. Campionamenti preferibilmente coordinati con le lavorazioni principali.
<i>Post operam</i>	Minimo 12 mesi (estendibile in base a tipo opera e impatti attesi)	Almeno semestrale o annuale	Serve per valutare l'efficacia delle mitigazioni, la stabilizzazione dei parametri rispetto alla baseline e l'assenza di impatti residui. Frequenza ridotta, ma coerente con le dinamiche idrogeologiche residue.

12.4.5.3 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

L'esecuzione dei monitoraggi (strumentazione, tecniche di campionamento e analisi in situ e in laboratorio, numero di campioni, ecc.) dovrà fare riferimento a metodologie riconosciute a livello nazionale e internazionale, proposte da enti quali EPA, IRSA, UNICHIM, ASTM, DIN, con priorità ai metodi normati UNI EN ISO laddove disponibili.

Le attività dovranno essere coerenti con quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006, dal D.Lgs. 30/2009 e dalle normative europee pertinenti, nonché con eventuali linee guida ISPRA, SNPA e prescrizioni regionali.

I laboratori incaricati dovranno essere accreditati secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 e applicare procedure di qualità documentate, al fine di garantire l'affidabilità e la tracciabilità dei dati analitici.

Prima di dare inizio al campionamento è necessario effettuare lo spurgo delle tubazioni per eliminare l'aria che vi è contenuta e per essere certi che il campione d'acque che verrà prelevato sia effettivamente rappresentativo dell'acquifero di interesse. Si ricorda a tal riguardo che lo spurgo viene generalmente eseguito con pompe a bassa portata, sufficienti a rimuovere l'acqua dal piezometro e dalla zona immediatamente circostante.

Sono disponibili diverse modalità operative basate su criteri differenti. Il metodo più comune prevede l'asportazione di un volume d'acqua pari a 3–5 volte quello contenuto nel piezometro in condizioni statiche. Un altro approccio si basa invece sul controllo in continuo di parametri chimico-fisici dell'acqua di spurgo (ossigeno disciolto, conducibilità, pH, temperatura, Eh) fino al raggiungimento della loro stabilizzazione, utilizzando sonde multiparametriche inserite nel piezometro o collegate a celle di flusso

In particolar modo quando si vanno ad analizzare le concentrazioni dei metalli, è importante registrare se il campione è stato sottoposto a filtrazione, in quanto ciò incide direttamente sull'interpretazione dei risultati analitici: un campione filtrato fornirà informazioni relative esclusivamente alla frazione disciolta degli analiti, mentre un campione non filtrato includerà anche la quota associata ai solidi sospesi.

Qualora si renda necessaria la filtrazione, questa viene solitamente effettuata utilizzando filtri in polietere sulfone (PES) con porosità di 0,45 µm, al fine di separare efficacemente la componente particolata. Sarà poi necessario, stabilizzare il campione procedendo tramite acidificazione per evitare l'adsorbimento dei metalli pesanti sulle pareti del contenitore e/o la precipitazione sotto forma di idrossidi.

Il riferimento per la caratterizzazione chimica delle acque è il manuale "Metodi Analitici per le Acque" (IRSA-APAT Rapporto 29/2003; ISBN 88-448-0083-7).

Le analisi di laboratorio saranno effettuate in accordo agli standard in uso presso laboratori certificati che seguiranno tecniche analitiche standard (ad esempio secondo le procedure indicate da APAT, CNR, IRSA, EPA).

12.4.5.4 Valori di riferimento

Prima dell'inizio dei lavori di realizzazione dell'opera si dovranno definire i criteri di valutazione dei risultati del monitoraggio in riferimento alla situazione registrata in *ante operam*.

Il confronto dei dati del monitoraggio in corso d'opera con i valori di riferimento misurati nel monitoraggio AO e con degli opportuni valori soglia di attenzione e di intervento, desunti dalla normativa vigente¹⁶ o dalla letteratura scientifica, consentirà d'individuare eventuali impatti e/o pressioni dovuti alla realizzazione dell'opera e, in caso di superamento delle soglie, di mettere in atto tempestivamente le azioni e le misure correttive a difesa dell'ambiente e della salute pubblica.

Il confronto sarà effettuato rispetto a:

Valori limite normativi, come quelli definiti da:

- D.Lgs. 152/2006: Tabella 2 Allegato 5 alla Parte IV;
- D.Lgs. 30/2009: Tabella 2 e Tabella 3 dell'Allegato 3.

Valori soglia di attenzione e di intervento, definiti da:

- Linee guida ISPRA, normative regionali o letteratura scientifica;

Valori di riferimento locali:

- La baseline ambientale stabilita nella fase di monitoraggio iniziale (AO).

Le misurazioni saranno accompagnate da idoneo certificato. L'affidabilità e la precisione dei risultati dovranno essere assicurati dalle procedure di qualità interne ai laboratori che effettuano le attività di campionamento ed analisi.

12.4.6 Valori di fondo

Alla luce di quanto esposto, è opportuno sottolineare l'importanza del valore di fondo (naturale e/o antropico) tra i riferimenti da considerare nella definizione dei valori soglia. La normativa vigente richiama più volte questo concetto, riconoscendone il ruolo chiave in contesti in cui i livelli naturali di alcuni parametri risultano elevati per ragioni geochimiche o ambientali. In tali casi, la determinazione accurata dei valori di fondo diventa essenziale, poiché può rappresentare il principale punto di riferimento per la valutazione e la gestione della qualità delle acque sotterranee all'interno dei procedimenti VIA.

Le Linee guida ISPRA/SNPA¹⁷ stabiliscono che la determinazione dei valori di fondo debba basarsi su un solido modello concettuale del sito, sulla raccolta e selezione dei dati più rappresentativi e sull'applicazione di metodi statistici (es. percentili elevati). È inoltre previsto di distinguere tra valori di fondo naturali e antropici diffusi, attribuendo a ciascuna stima un livello di affidabilità. In sede di VIA, il confronto tra valori di fondo, limiti normativi e baseline consente di differenziare condizioni naturali da pressioni antropiche e di calibrare in modo più efficace monitoraggi e misure di gestione.

¹⁶ valori soglia riferimento D.Lgs. 16 marzo 2009, n. 30 (G.U. 4 aprile 2009, n. 79) – “Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento” All. 3.

¹⁷ SNPA, 2018. Linee guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee. Linee Guida SNPA n. 8/2018. ISBN 978-88-448-0880-8 (ex Manuali e Linee Guida ISPRA n. 174/2018).

12.4.7 Scheda tecnica

In merito alle acque sotterranee si riportano le seguenti schede tecniche:

- Scheda tecnica 1 – Acque sotterranee - stato quantitativo
- Scheda tecnica 2 - Acque sotterranee - stato qualitativo
- Scheda tecnica 3 - Acque sotterranee - Ulteriori indicazioni operative

Scheda tecnica 1 - Acque sotterranee - stato quantitativo

ACQUE SOTTERRALEE - STATO QUANTITATIVO					
Obiettivi specifici del MA	Parametro descrittore	Localizzazione	Frequenza / Durata	Metodologia di riferimento	Unità di misura
Variazioni nel regime idrodinamico degli acquiferi	Livello piezometrico, gradiente idraulico, direzione di flusso	Piezometri in aree influenzate dall'opera (monte e valle idrogeologici)	Per i livelli piezometrici: AO: continuo o trimestrale. CO: continuo o mensile (o per lo meno trimestrale). PO: mensile o bimensile nei primi 6 mesi e poi semestrale o annuale per i successivi 12-24 mesi Per gradiente idraulico, direzione di flusso le determinazioni sono legate al rilevamento dei livelli piezometrici	Misura con freatimetro o datalogger Linee guida IRSA – APAT - metodi UNICHIM – EPA - ASTM	(m)
Alterazioni della dinamica sorgentizia	Portata sorgente, variazioni di livello, risposta a eventi meteo	Presso sorgenti sensibili o strategiche	Frequenza almeno trimestralmente. Raccomandato monitoraggio in continuo	Dispositivi di misura a stramazzo Datalogger Linee guida IRSA – APAT- metodi UNICHIM – EPA - ASTM	(l/s - m ³ /s)
Caratterizzazione idrodinamica avanzata	Conducibilità idraulica, trasmissività, coefficiente di accumulo	Pozzi di prova o piezometri selezionati	In fase AO o pre-opera Prove una tantum o al verificarsi di un cambiamento evidente del regime idrodinamico	Slug test, prove di pompaggio	(m/s) (m ² /s)
Connessione falda/acque superficiali	Variazioni correlate livello falda e corso d'acqua	Zone di contatto idraulico o faglia	Monitoraggio integrato su entrambi i corpi	Confronto piezometrico e batimetrico Eventuali traccianti	-

Scheda tecnica 2 - Acque sotterranee - stato qualitativo

Il rilievo dei parametri fisici - chimici da valutare in campo su ciascun campione d'acqua dovrà essere eseguito subito dopo la misura del livello statico della falda e dopo un adeguato spurgo del pozzo/piezometro e la stabilizzazione delle condizioni idrochimiche. Per la verifica dei parametri in situ potrà essere utilizzata una sonda multiparametrica o altra strumentazione idonea. Al fine di consentire una definizione della variabilità stagionale dei parametri, si dovrà cercare di eseguire i rilievi o il prelievo di campioni nei momenti di minimo/massima condizioni idrologiche (periodo di magra e di ricarica della falda) per definire meglio il range della variabilità stagionale (es. a primavera, fine estate, autunno o dopo un periodo caratterizzato da precipitazioni eccezionali.)

ACQUE SOTTERRANEE - STATO QUALITATIVO					
Obiettivi specifici del MA	Parametro descrittore	Localizzazione	Frequenza / Durata	Metodologia di riferimento	Unità di misura
Valutazione della qualità chimica di base	pH, temperatura, conducibilità elettrica, Eh, DO, torbidità	In piezometri rappresentativi dell'area di influenza	AO: almeno 3 volte/anno CO: 3-4 volte/anno (critico) PO: semestrale o annuale per almeno 1 anno	Misura e campionamento in campo	(°C) (ms/cm) (mg/l) (NTU)
Analisi chimiche dei macrodescrittori	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , HCO ₃ ⁻	Come sopra, con rappresentatività geografica	Come sopra	Prelievo con spurgo e flussaggio Laboratorio accreditato UNI EN ISO 17025	(mg/l – mg/l)
Elementi in traccia e metalli ¹⁸	Fe, Mn, Pb, Zn, Cd, As, ecc.	Dove presenti potenziali fonti di pressione	Come sopra o secondo prescrizione specifica	Filtrazione in campo (0,45 µm), acidificazione Analisi ICP-MS / ICP-OES UNI EN ISO 11885 / 17294-2	(mg/l – mg/l)
Verifica delle potenziali contaminazioni della risorsa idrica sotterranea e di altri rischi (solo in determinati casi)	Analisi microbiologiche: Escherichia coli, Enterococchi, Coliformi totali	Aree di cantiere, siti di deposito e di recupero ambientale.	Come sopra o secondo prescrizione specifica		(UFC/ml)
Rilevamento contaminazione accidentale	Idrocarburi, BTEX, pesticidi, solventi clorurati	Aree cantieristiche, siti di bonifica, serbatoi, depositi temporanei	Monitoraggio intensificato in corso d'opera	Prelievo con materiali inerti, conservazione refrigerata Metodi specifici UNICHIM/IRSA	(mg/l)
Verifica della stabilità chimica nel tempo	Variazione di parametri rispetto baseline	Tutti i punti confrontabili nel tempo	Confronto AO – CO – PO con trend semestrali o annuali	Analisi statistica e interpretazione evolutiva	-

¹⁸ Gli isotopi dell'Idrogeno e dell'Ossigeno: Tritio (3H), Deuterio (2H) e Ossigeno-18 (18O), possono essere utilizzati come traccianti naturali perché la loro concentrazione generalmente non dipende dal chimismo delle rocce attraversate ma è funzione soltanto delle caratteristiche proprie dell'acqua di infiltrazione efficace. In particolare, il contenuto in tritio nelle precipitazioni è legato alla produzione di tritio nella stratosfera a seguito dell'interazione del flusso di neutroni prodotti dalla radiazione cosmica con l'azoto atmosferico. La misurazione del Tritio, che è l'unico isotopo della molecola dell'acqua soggetto a decadimento, consente di risalire all'età isotopica delle acque. Con l'Ossigeno-18 ed il Deuterio (2H) si può, invece, ricavare la quota isotopica della zona di ricarica. Le analisi isotopiche, inoltre, sono un valido ausilio per evidenziare gli scambi isotopici con la roccia-serbatoio ad alta temperatura, le interconnessioni tra acque sotterranee e superficiali, i mescolamenti tra acque di circuiti idrogeologici diversi.

Scheda tecnica 3 - Acque sotterranee - Ulteriori indicazioni operative

Situazione	Parametro	Metodo / Note
Presenza di più falde sovrapposte	Piezometria separata	Installazione piezometri multistrato
Sorgenti carsiche o variabili	Tempo di risposta a pioggia	Monitoraggio continuo + pluviometro
Aree potenzialmente contaminate	Traccianti naturali o artificiali	Cloruri, solfati, fluoresceina, ecc.
Falda in pressione o soggetta a variazioni rapide	Velocità di risalita, pressione	Trasduttori digitali / <i>loggers</i>