
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	4
PARTE I – INDICAZIONE DI CARATTERE GENERALE	4
1 Riferimenti normativi e metodologici	4
2 Criteri per la redazione del Progetto di monitoraggio ambientale	4
3 Indicazioni operative per la redazione del Progetto di monitoraggio ambientale	4
4 Modalità di restituzione dei dati di monitoraggio	4
5 Figure organizzative di riferimento	4
6 Coordinamento con altre procedure ambientali	4
PARTE II – INDICAZIONI OPERATIVE SPECIFICHE	5
7 Biodiversità	5
8 Patrimonio agroalimentare	5
9 Suolo	5
10 Sedimenti	5
11 Geologia	5
12 Acque	5
13 Atmosfera	5
14 Sistema paesaggistico	5
15 Agenti fisici	5
16 Cambiamenti climatici	6
16.1 Mitigazione dei cambiamenti climatici	6
16.1.1 Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale	6
16.1.2 Ambito oggetto del monitoraggio ambientale	6
16.1.2.1 <i>Ambito normativo</i>	6
16.1.2.2 <i>Ambito di indagine</i>	7
16.1.3 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio	7
16.1.4 Parametri descrittivi (indicatori)	7
16.1.5 Frequenza e durata dei monitoraggi	8
16.1.6 Metodologie di riferimento/tecniche di misura	8
16.1.7 Valori di riferimento	9
16.2 Adattamento ai cambiamenti climatici	10
16.2.1 Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale	10
16.2.2 Ambito oggetto del monitoraggio ambientale	10
16.2.2.1 <i>Ambito normativo</i>	11
16.2.2.2 <i>Ambito di indagine</i>	11
16.2.3 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio	11

16.2.4 Parametri descrittivi (indicatori)	12
16.2.5 Frequenza e durata dei monitoraggi	14
16.2.6 Metodologie di riferimento/tecniche di misura	14
16.2.7 Valori di riferimento	14
16.2.8 Scheda tecnica	15

BOZZA

16 Cambiamenti climatici

La tematica Cambiamenti climatici, ai fini delle presenti Linee guida, comprende le sotto tematiche mitigazione e adattamento.

La strategia di mitigazione dei cambiamenti climatici è finalizzata alla riduzione delle emissioni di gas serra e alla rimozione di tali gas dall'atmosfera e persegue, pertanto, l'obiettivo di "evitare l'ingestibile" agendo sulla componente di rischio della "pericolosità". L'adattamento mira, invece, a "gestire l'inevitabile" incidendo su vulnerabilità ed esposizione ai cambiamenti climatici. Adattamento e mitigazione agiscono, quindi, in maniera complementare per la riduzione dei rischi associati ai cambiamenti climatici e sono oggi ugualmente urgenti e necessarie.

La terminologia utilizzata si riconduce alle definizioni dell'IPCC *Sixth Assessment Report, Climate change 2022*, dove il rischio climatico in un territorio è il risultato dell'interazione tra la pericolosità, l'esposizione e la vulnerabilità.

16.1 Mitigazione dei cambiamenti climatici

16.1.1 Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale

La mitigazione dei cambiamenti climatici, per i progetti di opere con emissioni di gas serra in atmosfera, si attua mediante la loro riduzione e contenimento ed è un processo attraverso cui si identificano e si attuano misure per ridurre o compensare gli impatti negativi legati alle emissioni di gas serra e altri inquinanti durante la realizzazione e l'esercizio di un'opera.

Il monitoraggio ambientale, per quanto attiene la mitigazione delle emissioni di gas climalteranti, riguarda la caratterizzazione e quantificazione dello scenario emissivo di questi gas nelle diverse fasi di vita dell'opera (AO, CO, PO) attraverso appropriati strumenti analitici o procedure di stima.

Il monitoraggio ambientale è necessario innanzitutto per la verifica della congruità delle ipotesi formulate nel SIA. Ciò per consentire le eventuali integrazioni e/o modifiche al quadro emissivo, da tenere in considerazione nella rimodulazione o adattamento del monitoraggio in base alle nuove esigenze emerse.

Gli obiettivi del Progetto di Monitoraggio Ambientale e le conseguenti attività che dovranno essere programmate e adeguatamente caratterizzate sono rappresentati da:

1. Verifica dello scenario emissivo di base e analisi degli andamenti in modo da verificare in base ai dati effettivi la correttezza delle ipotesi fatte e la riduzione delle emissioni climalteranti;
2. Comunicazione degli esiti delle attività di cui ai punti precedenti (alle autorità preposte ad eventuali controlli, al pubblico).

16.1.2 Ambito oggetto del monitoraggio ambientale

16.1.2.1 Ambito normativo

Le politiche su clima ed energia stanno attraversando una fase di profonda revisione a seguito della sottoscrizione dell'Accordo di Parigi, il cui obiettivo è il contenimento dell'aumento della temperatura media globale al di sotto dei 2°C, cercando di limitarne l'aumento a 1.5°C, rispetto ai livelli preindustriali. Nell'ambito dell'Accordo di Parigi, l'Unione Europea si è data come obiettivo, da raggiungere entro il 2030, la riduzione delle emissioni nette di gas serra di almeno il 55% rispetto all'anno 1990. Tale obiettivo è ripartito su tre pilastri normativi: la Direttiva *Emission Trading System* (ETS), il Regolamento (UE) 857/2023 *Effort Sharing* e il Regolamento (UE) 839/2023 LULUCF.

La Direttiva 2003/87/CE ha istituito il sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra (*Emission Trading System* – ETS) a partire dal 2005 per alcuni dei settori industriali maggiormente energivori ed è stata successivamente modificata dalla Direttiva 2008/101/CE, che ha incluso nel sistema anche il settore dell'aviazione e dalla Direttiva 2009/29/UE.

Per il periodo 2013-2020, la decisione 406/2009/UE *Effort Sharing* ha suddiviso, tra gli Stati membri, l'obiettivo comunitario di riduzione delle emissioni di gas serra al 2020 per quei settori che non sono regolati dalla direttiva ETS: trasporti, riscaldamento edifici, parte dell'industria, agricoltura e rifiuti. Per l'Italia la decisione ha imposto un obiettivo di riduzione del 13% rispetto ai livelli del 2005 da raggiungere entro il 2020. Le decisioni 2013/162/UE, 2013/634/UE e 2017/1471/UE hanno successivamente stabilito gli obiettivi annuali di riduzione per l'intero periodo 2013-2020.

Il quadro normativo per il settore dell'uso del suolo, del cambiamento di uso del suolo e della silvicoltura è stato stabilito con il regolamento (UE) 839/2023 LULUCF, che ha modificato il precedente regolamento (UE) 841/2018, e riguarda le emissioni e gli assorbimenti di CO₂ e le emissioni di gas a effetto serra di CH₄ e N₂O risultanti dal settore LULUCF, nel periodo dal 2021 al 2030.

Il quadro generale è completato dal Regolamento (UE) 2018/1999 sulla Governance dell'energia e sull'azione per il clima, nel cui contesto è stato recentemente aggiornato il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC). Tale Piano ha la finalità di identificare le politiche e misure nazionali in materia di riduzione delle emissioni, incremento dell'efficienza energetica, ricerca e innovazione, sicurezza energetica e sviluppo del mercato interno dell'energia.

16.1.2.2 Ambito di indagine

Occorre ricordare che gli impatti dei cambiamenti climatici, dovuti alle emissioni di gas climalteranti, sono a livello globale e non è detto che interessino l'area d'intervento. Di conseguenza l'ambito di indagine sarà definito in base agli scenari nazionali e internazionali resi disponibili dai soggetti preposti e in relazione alle caratteristiche dell'area interessata e della tipologia di opera.

16.1.3 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

Per quanto riguarda la mitigazione delle emissioni di gas climalteranti non essendo possibile correlare direttamente le emissioni locali con gli effetti/impatti locali, il monitoraggio si basa su misure/stime delle emissioni e la verifica che l'andamento delle emissioni totali sia decrescente. Devono quindi essere individuate tutte le sorgenti emissive sia puntuali che diffuse, valutare l'opportunità di misurazioni analitiche o l'approccio attraverso stime che seguano l'approccio IPCC o LCA (*Life Cycle Assessment*). Analogamente occorre effettuare il monitoraggio delle emissioni indirette ma connesse alla realizzazione dell'opera.

16.1.4 Parametri descrittivi (indicatori)

L'indicatore da analizzare è rappresentato dalle stesse emissioni dei diversi gas climalteranti (valutare almeno CO₂, CH₄, N₂O, Fgas riportati dalle linee guida IPCC) che possono essere espresse anche in termini di CO₂eq. L'indicatore di monitoraggio sarà dunque costituito dalle emissioni annuali di gas climalteranti. In alcuni casi è da tenere in considerazione la capacità di assorbimento del carbonio da parte del suolo e le modifiche che può comportare il cambiamento della destinazione d'uso.

Il PMA, in primo luogo, avrà come obiettivo principale la verifica della coerenza delle ipotesi formulate nel SIA e quindi farà riferimento alle analisi e alle valutazioni riportate in esso che dovranno essere integrate e/o aggiornate nel caso in cui venga introdotta una o più sorgenti emissive o qualsiasi altra modificazione al progetto. In tal modo sarà possibile aggiornare il quadro emissivo e di conseguenza valutare l'opportunità di modificare la caratterizzazione della componente rispetto a uno o più parametri. Questa verifica si baserà sulla rispondenza tra quanto previsto riguardo alla localizzazione e alle caratteristiche emissive delle sorgenti e l'attuazione delle misure di mitigazione adottate.

In ogni fase del progetto dell'opera (*ante operam*, corso d'opera e *post operam*), è fondamentale identificare e implementare le soluzioni con la descrizione di alcuni aspetti chiave legati al monitoraggio delle misure atte a ridurre o compensare le emissioni di gas serra in atmosfera nella procedura di VIA:

- valutazione accurata delle emissioni dirette e indirette che il progetto potrebbe causare. Le emissioni possono derivare dalla fase di cantiere attraverso l'uso di macchinari, trasporti, ecc., dalla fase di esercizio direttamente collegata ai processi industriali, consumi energetici, trasporti ed infine dalla fase di dismissione attraverso lo smaltimento di materiali e rifiuti, demolizioni;

- misure di Mitigazione Diretta: adottare tecnologie avanzate che riducano le emissioni durante l'esercizio del progetto, migliorare l'efficienza energetica del progetto ed utilizzare sistemi abbattimento e di captazione e altre tecnologie per ridurre le emissioni nell'atmosfera;
- misure di Mitigazione Indiretta: adottare pratiche di compensazione delle emissioni, come la piantumazione di alberi o l'investimento in progetti di energia rinnovabile; promuovere il trasporto pubblico, car pooling, o l'adozione di veicoli elettrici per ridurre le emissioni legate ai trasporti; optare per materiali da costruzione e risorse che abbiano un impatto ambientale minore (materiali a bassa intensità di carbonio);
- stabilire un sistema di monitoraggio per controllare le emissioni durante la costruzione e l'esercizio del progetto. Le misure di mitigazione dovrebbero essere verificate e i risultati documentati, per garantire che gli standard siano rispettati. Le misure di controllo possono includere il monitoraggio dei gas inquinanti emessi, le variazioni di uso del suolo (che modificano la capacità di assorbimento del carbonio da parte del suolo) e altre variabili ambientali al fine di prevedere l'entità delle emissioni generate e l'efficacia delle misure di mitigazione previste nello SIA. Infine, prevedere le azioni da intraprendere per ridurre l'impatto.

È auspicabile l'Integrazione con le misure di adattamento al cambiamento climatico, soprattutto in progetti a lungo termine che potrebbero essere vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico (es. impatti sulle risorse idriche, aumento delle temperature).

16.1.5 Frequenza e durata dei monitoraggi

L'indicatore prodotto deve rappresentare l'emissione annuale del gas preso in considerazione.

16.1.6 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

Le stime delle emissioni devono essere effettuate tenendo in considerazione le metodologie riconosciute a livello nazionale e internazionale in modo da avere stime delle emissioni confrontabili. Le metodologie appartengono a due grandi famiglie: LCA (*Life Cycle Assessment*) e quelle relative agli inventari nazionali delle emissioni rappresentate dalle metodologie IPCC.

Riferimenti utili per le metodologie e l'elenco delle sostanze:

- IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories reperibili su <https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/>, evolute nelle cosiddette 2019 Refinement;
- a livello nazionale le metodologie sono aggiornate e pubblicate annualmente nel National Inventory Report sul sito ISPRA <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti> ufficialmente trasmesso nell'ambito dell'UNFCCC.

I fattori di emissione che, oltre alle fonti internazionali sopra citate, a livello nazionale ISPRA pubblica annualmente:

- fattori di emissione dal trasporto su strada disponibili sul sito <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/siaispra/fetransp>;
- fattori di emissione per produzione e consumo di elettricità disponibili su <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/siaispra/serie-storiche-emissioni/fattori-di-emissione-per-la-produzione-ed-il-consumo-di-energia-elettrica-in-italia/view>;
- fattori di emissioni delle sorgenti stazionarie disponibili su <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/siaispra/serie-storiche-emissioni/fattori-di-emissione-per-le-sorgenti-di-combustione-stazionarie-in-italia/view>.

Per quanto riguarda le sorgenti contenute in ETS (*Emissions Trading Scheme*), per gli impianti esistenti occorre tenere in considerazione i piani di monitoraggio previsti dall'ETS che riportano le informazioni/dati da valutare (ad esempio descrizione dell'impianto e delle sue attività e informazioni sulle emissioni; informazioni sulla metodologia di calcolo per il monitoraggio delle emissioni di CO₂, ecc.). Per i nuovi impianti che ricadranno nell'ambito di applicazione della normativa ETS occorre assicurare che la stima delle emissioni prevista sia

coerente con quella riportata nel piano di monitoraggio. Gli impianti ETS (campo di applicazione del sistema ETS) una volta realizzati dovranno soddisfare la relativa normativa che prevede una valutazione dei piani di monitoraggio delle emissioni di gas climalteranti. Sul sito di riferimento sono riportate normative e moduli Excel per il monitoraggio <https://www.ets.minambiente.it/>.

16.1.7 Valori di riferimento

La peculiarità della tematica cambiamenti climatici fa sì che non sia possibile definire valori di riferimento per l'opera proposta quindi la valutazione deve essere prodotta sugli andamenti delle emissioni annuali che dovrebbero risultare decrescenti.

Inoltre, la valutazione delle emissioni dirette e indirette di gas a effetto serra del progetto, come dovrebbe essere considerato nel SIA, deve tenere conto degli obiettivi di riduzione del gas climalteranti a livello nazionale (Strategia Energetica Nazionale - SEN-DM del MiSE 10 novembre 2017 e successivi aggiornamenti), regionale e locale (Piani di Azione Locali).

16.2 Adattamento ai cambiamenti climatici

16.2.1 Obiettivi specifici del monitoraggio ambientale

Il tema dell'Adattamento richiede un'analisi di lungo periodo per valutare i pericoli climatici e gli elementi di vulnerabilità che interessano l'area di studio. Al fine di verificare l'avanzamento e l'efficacia delle misure di adattamento messe in atto, il monitoraggio mira a valutare se gli obiettivi sono stati raggiunti o sono stati compromessi da criticità non previste in un contesto di rapida evoluzione dei pericoli climatici.

Monitoraggio ante operam

Il proponente di un'opera che ha trattato il tema dell'Adattamento ai C.C. all'interno dello Studio di Impatto Ambientale dovrà verificare che sia stata effettuata una corretta valutazione degli impatti in corso e dei rischi futuri associati ai cambiamenti climatici nell'area di interesse, dovuti all'interazione di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione (IPCC *Sixth Assessment Report. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability*). A tal fine, si rivela utile considerare sia gli scenari pessimistici che quelli ottimistici e basarsi sul principio di precauzione.

È quindi necessario verificare innanzitutto che la caratterizzazione del quadro climatico definita nel SIA sia stata adeguatamente sviluppata.

Questa prima fase si identifica con la verifica svolta per il fattore Atmosfera-Clima, in particolare riguardo i seguenti aspetti:

- valutazione del clima attuale;
- valutazione dei pericoli climatici (*hazard*);
- valutazione del clima futuro.

La valutazione procede poi verso gli impatti in corso, così come individuati anche nella caratterizzazione di tutte le tematiche ambientali nel SIA, correlati ai pericoli climatici.

Ai fini di un corretto inquadramento del rischio è quindi necessario verificare che siano stati adeguatamente valutati gli elementi esposti e quelli vulnerabili che caratterizzano l'area.

Monitoraggio in corso d'opera, post operam e dismissione

Il monitoraggio va programmato con un ampio orizzonte temporale e in relazione almeno alla vita utile dell'opera. Questa fase si indirizza alla verifica delle misure di adattamento previste nel SIA. Inoltre, è necessaria anche ad individuare, valutare e gestire eventuali situazioni di criticità non previste, a programmare eventuali misure correttive per influire sullo stato di rischio climatico dell'area e dell'opera interessata.

L'obiettivo è quello di misurare l'avanzamento e l'efficacia delle misure adottate, tramite la valutazione dell'evoluzione dell'impatto dei cambiamenti climatici sull'opera, interferendo sul funzionamento, la durata di vita dell'opera; ma anche di valutare se l'opera può contribuire ad esacerbare gli impatti diretti/indiretti correlati ai pericoli climatici. Si procede quindi con la:

Valutazione dell'avanzamento ed efficacia delle misure di adattamento

In relazione alle tipologie di misure di adattamento prescelte per l'opera, sarà opportuno valutare indicatori specifici per ogni tipologia di intervento, individuata tra:

- Misure verdi e blu (*green e blue*), basate su un approccio che utilizza la natura ed i molteplici servizi forniti dagli ecosistemi;
- Misure grigie (*grey*), misure di tipo strutturale e tecnologico, basate su interventi fisici o costruttivi;
- Misure di tipo non strutturale o "*soft*", che includono misure politiche, legali, sociali, gestionali e finanziarie;
- Misure di tipo trasversale tra settori (*soft/green/grey*).

16.2.2 Ambito oggetto del monitoraggio ambientale

16.2.2.1 Ambito normativo

Il PMA deve essere contestualizzato nell'ambito della normativa, pianificazione e documentazione di riferimento rappresentata da:

Per la parte climatica

- *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI) della World Meteorological Organization (WMO);
- *Expert Team on Sector-Specific Climate Indices* (ET-SCI) della WMO;
- Programma EURO-CORDEX;
- Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici;
- Piattaforma nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici.

Per le misure di adattamento il riferimento principale è il:

- Piano nazionale di adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), Decreto n. 434 del 21/12/2023.

Il Piano include una lista di Direttive, Regolamenti, Comunicazioni che costituiscono l'ambito normativo di riferimento della tematica Adattamento come ad esempio:

- COM (2009) 147 final -Libro bianco "L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro di azione europeo";
- COM (2013) 216 "Strategia dell'UE di Adattamento ai cambiamenti climatici";
- COM (2013) 249 Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo "Infrastrutture verdi, Rafforzare il capitale naturale in Europa";
- SNAC Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici. Decreto direttoriale n.86 del 16/06/2015.

16.2.2.2 Ambito di indagine

L'ambito di indagine sarà definito di volta in volta, coerentemente con le previsioni di impatti potenziali correlati ai pericoli climatici e in relazione alle caratteristiche dell'area interessata e della tipologia di opera.

16.2.3 Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

Le misure di adattamento di un'opera possono variare in relazione alla tipologia dell'opera stessa (puntuale, lineare, areale) ma anche in rapporto ai diversi contesti di impatto climatico in cui viene prevista la sua collocazione. La scelta delle aree e dei punti in cui verrà effettuato il monitoraggio deve essere effettuata in base a quanto già definito nel SIA in termini di aree di influenza potenziale degli impatti previsti a cui "adattarsi".

L'analisi del clima attuale deve essere prevista nel monitoraggio per la verifica delle condizioni ambientali *ante operam*, al fine di fornire un quadro di riferimento su cui valutare le misure di adattamento.

Tuttavia, per il monitoraggio di tali misure, che hanno come peculiarità il lungo termine temporale, è necessario valutare anche gli scenari climatici, con orizzonte temporale fino alla vita utile dell'opera.

La definizione del monitoraggio dipende, oltre che dalle caratteristiche territoriali o temporali delle misure di adattamento adottate, anche dalla loro tipologia:

- Misure verdi e blu (*green e blue*);

è utile in questo caso fare riferimento alle indicazioni riportate nei paragrafi del PMA relativi a biodiversità, uso del suolo, acque superficiali e paesaggio, etc. in quanto queste misure di adattamento hanno alcune caratteristiche che vengono considerate all'interno di questi fattori ambientali correlati.

- Misure grigie (*grey*);

in questo caso, ad esempio, le aree di indagine e i punti di monitoraggio potrebbero corrispondere a punti specifici dei manufatti che costituiscono l'opera e le opere connesse, ma anche nelle opere realizzate in relazione alle misure di adattamento nelle aree limitrofe

- Misure di tipo non strutturale o "soft",

in questa tipologia che include misure politiche, legali, sociali, gestionali e finanziarie, l'area di indagine potrebbe corrispondere ad ambiti territoriali ampi o ambiti sociali/associativi da stabilire di volta in volta.

- Misure di tipo trasversale tra settori (soft/green/grey)

in questo caso le aree di indagine e i punti di monitoraggio saranno da stabilire in base alla specifica misura adottata.

16.2.4 Parametri descrittivi (indicatori)

La scelta dei parametri/indicatori è finalizzata alla lettura degli elementi da monitorare, coerentemente con gli obiettivi del monitoraggio e la tipologia di misure di adattamento.

Relativamente alla valutazione del quadro climatico di seguito sono riportati gli indicatori/indici suggeriti.

Per quel che riguarda la valutazione delle misure di adattamento, in coerenza col documento del PNACC, si ripropone la distinzione in indicatori di avanzamento ed indicatori di efficacia. Come più volte sottolineato anche in virtù del fatto che le misure di adattamento hanno un lungo orizzonte temporale da verificare.

Valutazione del quadro climatico

Ai fini della conoscenza del clima attuale relativo all'area di interesse è utile fare riferimento ad indicatori e indici climatici, che consentono di descrivere sia le condizioni climatiche medie che quelle estreme. Tali indici si basano sull'elaborazione di dati giornalieri delle principali variabili climatiche (temperatura dell'aria, precipitazione, velocità del vento, ecc.).

Ne sono esempi: la temperatura media annuale; la precipitazione cumulata annuale; il numero annuo di notti tropicali (con temperatura minima giornaliera maggiore di 20 °C); il massimo numero annuo di giorni asciutti (con precipitazione cumulata giornaliera minore di 1 mm); il livello del mare.

Questi, come altri indici e indicatori, sono descritti in:

- a. etccdi.pacificclimate.org/indices.shtml, dove è presentata una prima definizione a livello internazionale di 27 indici climatici fornita dall'*Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI) del "CCL/CLIVAR Working Group on Climate Change Detection" della WMO (Peterson et al., 2001);
- b. climact-sci.org/indices/, dove è disponibile un ampliamento del precedente set di indici definito dal *World Meteorological Organization's Expert Team on Sector-Specific Climate Indices* (ET-SCI) che comprende in particolare alcuni indici relativi alla descrizione delle ondate di calore (numero, frequenza, durata, ampiezza e magnitudine);
- c. nel documento del Piano di Adattamento ai Cambiamenti Climatici: <https://www.mase.gov.it/portale/piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici-pnacc>; nonché nella Piattaforma nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici: <https://climadat.isprambiente.it/pnacc/dati-indicatori-mappe-pnacc/> dove sono disponibili gli indicatori calcolati su un grigliato regolare che copre l'intero territorio nazionale.

Le condizioni climatiche medie del sito in esame possono essere descritte calcolando i valori normali, cioè i valori medi sul trentennio climatologico di riferimento più recente (attualmente 1991-2020) degli indici proposti.

Pertanto, è necessario individuare una o più stazioni di misura in prossimità del sito di interesse per le quali siano disponibili serie storiche complete e sufficientemente lunghe di dati delle variabili climatiche (le fonti di dati sono indicate nel paragrafo Atmosfera – Parametri meteorologici).

Pericoli climatici

Per identificare le sorgenti di pericolo a cui l'area potrebbe essere esposta (ad esempio: precipitazioni intense, tempeste, tornado, ondate di freddo e neve, ondate di calore) l'analisi dell'andamento di un indicatore climatico nel corso del tempo permette la valutazione del pericolo climatico ad esso associato.

Il territorio italiano è stato interessato nel corso degli anni da eventi estremi di diversa natura a seconda dell'area considerata: ondate di calore, precipitazioni intense, siccità, inondazioni, ecc.

Pertanto, dall'analisi delle serie temporali degli indicatori rappresentativi degli estremi climatici è possibile valutare quali sono i pericoli climatici che maggiormente interessano l'area in esame.

Per gli indicatori, elencati nel seguito, si può fare riferimento ai punti a) b) e c) sopra citati:

- estremi di caldo: temperatura massima giornaliera, numero di giorni torridi, numero di notti tropicali, indici di ondate di calore (numero, durata, ampiezza);
- estremi di freddo: numero di giorni con gelo, indice di durata dei periodi di freddo;
- precipitazioni intensa (numero di giorni con precipitazione superiore ad una soglia fissata);
- tempeste di vento (*Extreme Wind Speed* - EWS).

Le serie degli indici calcolati forniscono informazioni sulla pericolosità degli eventi estremi di caldo/freddo, precipitazione, siccità e vento nel sito in esame.

In particolare, è utile riportare il valore annuale dell'indice in termini di anomalie (differenze) rispetto ad un valore medio di riferimento (generalmente il trentennio climatologico 1991-2020): valori positivi sono relativi a valori dell'indice superiori alla media e viceversa. Pertanto, la persistenza di anomalie positive (o negative), nonché l'analisi del *trend*, permettono di rilevare l'aumento dei pericoli climatici più significativi nell'area di studio.

Il rapporto ISPRA "La sfida ambientale per la finanza sostenibile – Metodologie, informazioni e indicatori ambientali – Documenti tecnici 2024" contiene una descrizione più dettagliata della procedura per il calcolo di alcuni indici.

Scenari climatici

L'analisi delle proiezioni del clima futuro negli scenari definiti dall'IPCC, ove possibile, va effettuata considerando i diversi scenari di emissione (RCP2.6 - mitigazione aggressiva, RCP4.5 - scenario intermedio e RCP8.5 - ad elevati emissioni) e diversi modelli, utili per avere anche una stima dell'incertezza previsionale.

Per quanto riguarda l'orizzonte temporale, è necessario considerare almeno la data di fine attività e/o dismissione del progetto.

Gli indicatori da considerare sono gli stessi a cui si è fatto riferimento per il quadro climatico attuale.

Esempi:

- alla pagina <https://climadat.isprambiente.it/pnacc/dati-indicatori-mappe-pnacc/aree-terrestri/> sono disponibili i valori di 22 indicatori climatici, su un grigliato regolare con risoluzione orizzontale di circa 12 km, relativi ai tre diversi scenari emissivi RCP2.6 (mitigazione aggressiva), RCP4.5 (scenario intermedio) e RCP8.5 (ad elevati emissioni), calcolati con un ensemble di 14 modelli climatici nell'ambito del programma EURO-CORDEX, per il periodo futuro 2035-2065 (centrato sull'anno 2050) (in questo caso per ciascun indicatore viene resa disponibile la variazione dell'indicatore rispetto al periodo di riferimento 1981-2010). I valori degli indicatori sono espressi in termini di media (ensemble mean) e deviazione standard (dispersione attorno al valore medio) calcolati sull'insieme delle proiezioni dei modelli climatici;
- alla pagina <https://climadat.isprambiente.it/pnacc/dati-indicatori-mappe-pnacc/aree-marine/> sono disponibili i valori delle anomalie climatiche su base annuale della temperatura superficiale dell'acqua (SSTA) e del livello del mare (SSHA) per lo scenario RCP8.5 relativo al periodo 2036-2065, rispetto al clima 1981-2010 su un grigliato regolare con una risoluzione spaziale di 7 km. I valori attesi sono stati ottenuti tramite il modello oceanico NEMO applicato al Mar Mediterraneo (7 km di risoluzione) e forzato con i dati atmosferici e idrologici del modello climatico CMCC-CM a circa 80 km di risoluzione orizzontale (configurazione MEDSEA sviluppata da CMCC).

Valutazione del rischio climatico dell'area e degli impatti dovuti ai pericoli climatici

I parametri/indicatori fanno riferimento ai diversi settori di impatto dei cambiamenti climatici come, ad esempio, "Risorse idriche", "Biodiversità ed ecosistemi", "Suolo e territorio" per verificare gli impatti in corso e potenziali, dovuti ai pericoli climatici nell'area di studio interessata dall'opera (ad esempio: erosione costiera, degrado del suolo, desertificazione, depauperamento risorse idriche, allagamenti, esondazioni, frane e smottamenti, ecc.) così come individuati nel SIA.

Per un elenco esaustivo si rimanda al testo del PNACC.

È utile anche un riferimento a eventuali piani/programmi/progetti che riguardano l'adattamento nell'area interessata, sia a livello regionale che locale.

Valutazione dell'avanzamento e dell'efficacia delle misure di adattamento

Molti indicatori di riferimento si possono ritrovare nei documenti del PNACC.

Come esempio si riportano gli indicatori relativi alla misura "conservazione, ricostruzione e rinaturalizzazione delle aree costiere/ riqualificazione fluviale e manutenzione delle sponde".

Sono esempi di indicatori di avanzamento:

- mappatura dei sistemi di previsione e allertamento per esondazione/inondazione;
- km lineari di fasce tampone e barriere vegetate realizzate.

Sono esempi di indicatori di efficacia:

- aumento assoluto (HA) e relativo 5 dell'ampiezza dei litorali sabbiosi;
- stabilità della linea di costa;
- riduzione dei danni (economici e ambientali) dei fenomeni di dissesto idrogeologico;
- riduzione dei danni (economici e ambientali) dei fenomeni di esondazione/inondazione.

Per ogni tipologia di misura di adattamento (*soft/green/grey*) si può fare riferimento agli indicatori di avanzamento e di efficacia citati, inseriti nel documento del PNACC.

16.2.5 Frequenza e durata dei monitoraggi

Gli indicatori prescelti andranno monitorati secondo una frequenza temporale stabilita in funzione della disponibilità dei dati. Non è quindi possibile stabilire una frequenza valida per tutti gli indicatori.

Il monitoraggio va programmato con un ampio orizzonte temporale e in relazione almeno alla vita utile dell'opera.

16.2.6 Metodologie di riferimento/tecniche di misura

Al paragrafo Parametri descrittivi (indicatori) sono stati riportati alcuni riferimenti alle metodologie di calcolo, ai grigliati di riferimento, agli scenari IPCC che costituiscono i riferimenti metodologici alla verifica dello scenario climatico.

Per la verifica delle misure di adattamento anche in questo caso si ribadisce il riferimento al PNACC come strumento di orientamento nelle metodologie per la valutazione del rischio climatico (dovuto all'interazione di vulnerabilità, esposizione e pericolosità - IPCC).

Inoltre, come per altri fattori ambientali, per il raggiungimento degli obiettivi di monitoraggio, si ritiene utile suggerire di utilizzare analisi documentali e abbinarle ad indagini di verifica nel territorio interessato.

Infine, si consiglia la produzione di cartografia tematica, schede di monitoraggio, documentazione fotografica con fotosimulazioni per la verifica dell'avanzamento e dell'efficacia delle misure di adattamento.

16.2.7 Valori di riferimento

In coerenza con la tematica della Mitigazione dei cambiamenti climatici anche per l'Adattamento non è possibile definire valori di riferimento per le verifiche da effettuare.

16.2.8 Scheda tecnica

Si riportano gli indicatori relativi alla valutazione climatica e alcuni esempi di indicatori relativi alle misure di adattamento *Green* (Soluzioni basate su servizi ecosistemici), individuati dal PNACC.

Obiettivo specifico del MA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore/indicatore
Valutazione del clima attuale. Valutazione dei pericoli climatici (<i>hazard</i>). Valutazione del clima futuro.	Ambito climatico	Temperatura media annuale. Precipitazione cumulata annuale. Numero annuo di notti tropicali (con temperatura minima giornaliera maggiore di 20 °C). Massimo numero annuo di giorni asciutti (con precipitazione cumulata giornaliera minore di 1 mm). Livello del mare. Numero di giorni torridi. Indici di ondate di calore (numero, durata, ampiezza). Numero di giorni con gelo. Indice di durata dei periodi di freddo. Precipitazione massima giornaliera. Numero di giorni con precipitazione superiore ad una soglia fissata. Extreme Wind Speed - EWS) ecc.
Valutazione degli impatti in corso dovuti ai pericoli climatici	Identificazione ed evoluzione degli impatti climatici	Esempi: Erosione, Perdita di biodiversità, Danni dovuti a frane o alluvioni.
Valutazione del rischio climatico che caratterizza l'area	Relazioni possibili tra progetto e rischio climatico	Interazione di vulnerabilità, esposizione e pericolosità -IPCC.
Valutazione dell'avanzamento ed efficacia delle misure di adattamento	In riferimento alle macrocategorie PNACC: Azioni di adeguamento e miglioramento di impianti e infrastrutture. Processi organizzativi e partecipativi. Governance. Informazione. Soluzioni basate su servizi ecosistemici.	Miglioramento dello status ecologico delle acque. Aumento assoluto (ha) e relativo (%) dell'ampiezza dei litorali sabbiosi. Stabilità della linea di costa. Riduzione dei danni (economici o ambientali) dei fenomeni di dissesto idrogeologico. Riduzione dei danni (economici o ambientali) dei fenomeni di esondazione/inondazione. Riduzione (assoluta (m) e relativa (%)) dell'erosione costiera. Aumento (assoluto (ha) e relativo (%)) della superficie dei cordoni dunali costieri. Stato di conservazione soddisfacente (SCS)/favorevole degli habitat e delle specie costieri. Riduzione del degrado e della perdita di biodiversità nelle aree costiere, e dei relativi servizi ecosistemici. Protezione e gestione degli habitat marini. Mantenimento e/o ripristino delle condizioni ottimali degli ecosistemi marini. Stabilità delle strutture ripariali a seguito di eventi di piena. Aumento (assoluto (ha) e relativo (%)) dell'estensione delle aree limitrofe ai fiumi naturali, seminaturali, o fruibili e/o utilizzabili/utilizzate. Aumento (assoluto (ha) e relativo (%)) della superficie di aree riconvertite in zone umide. Aumento della biodiversità delle zone umide. Aumento delle zone umide annoverate sotto Convenzione Ramsar. Riduzione del numero di edifici in classe energetica F e G. Aumento del numero di edifici in classe energetica A, B e C. Sistemi di drenaggio stradali Aumento (assoluto (Km) e relativo (%)) dei sistemi di drenaggio stradale. Verde urbano.

		Aumento (assoluto (m2) e relativo (%)) della superficie di verde pubblico. Aumento del numero di specie forestali. Aumento del numero di specie animali. Aumento della popolazione di specie animali. Miglioramento dello status ecologico delle acque. Aumento della qualità dell'aria. Aumento (assoluto (ha) e relativo (%)) della superficie territoriale ricadente nel regime delle aree protette (Natura 2000). Aumento delle frequenze turistiche.
--	--	---

BOLZA