

ALLEGATO N

Guidance Note JASPERS



| | |
|-----------------------------|---|
| Date: | 15 May 2026 |
| JASPERS assignment(s) code: | AA-013210 |
| Project title: | Support investment in green hydrogen under ERDF Regional Programme Sicily |
| Subject: | Elementi per la valutazione della resilienza climatica degli impianti di produzione di idrogeno rinnovabile |
| Country(s) | Italy |
| Prepared by: | JASPERS Team |

***Nota:** l'assistenza JASPERS è fornita in buona fede e con ragionevole cura e diligenza (diligentia quam in suis), basandosi sull'esperienza e sulle prassi commerciali dei suoi partner, della Commissione Europea e della Banca Europea per gli Investimenti. Il beneficiario accetta e concorda che qualsiasi linea d'azione sarà decisa esclusivamente dal beneficiario stesso, sulla base della propria valutazione dell'esito della consulenza, e che JASPERS o i suoi partner non sono responsabili e non si assumeranno alcuna responsabilità per tale decisione del beneficiario.*

1. Introduzione

Secondo le linee guida nazionali italiane sulla "verifica climatica"¹ - Articolo 73(2)(j) del Regolamento sulle disposizioni comuni (UE) 2021/1060, i progetti di produzione di idrogeno rientrerebbero nella definizione di "infrastruttura" per la quale è richiesta la verifica climatica.

Per quanto riguarda le misure di *adattamento climatico*, sarebbe necessaria una **valutazione della resilienza climatica** per la *produzione* di idrogeno e, se pertinente, per gli impianti asserviti per la generazione di energia elettrica rinnovabile e relativo accumulo, ove presente.

¹ [indirizzi-per-la-verifica-climatica_e_allegato.pdf](#)

BEI Advisory JASPERS ha pubblicato delle linee guida settoriali che potrebbero essere utilizzate per facilitare il lavoro dei promotori dei progetti nell'elaborazione dell'analisi della resilienza - disponibili qui: [Linee guida pratiche settoriali JASPERS sulla verifica della resilienza climatica](#).

L'obiettivo di questa nota è di presentare delle tabelle di sintesi in supporto all'analisi di resilienza relative a:

- *Sensibilità* climatiche tipiche delle componenti progettuali ammissibili nel bando (a supporto della fase di *screening*).
- *Impatti* climatici significativi potenziali (a supporto della possibile *analisi dettagliata*).
- Elenco indicativo di *soluzioni di adattamento*, da integrare nel progetto nel caso in cui l'analisi del rischio determini la presenza di rischi non trascurabili.

Per effettuare la fase di screening della resilienza climatica dovranno essere incrociate le valutazioni relative alla *sensibilità* con un'analisi dell'*esposizione* del progetto a pericoli climatici attuali e futuri. Per quanto riguarda l'esposizione ai rischi climatici per l'area in cui è prevista la localizzazione del progetto, è necessario disporre di dati e informazioni che consentano una mappatura dei pericoli climatici attuali e futuri, con il maggior livello di dettaglio e risoluzione possibili.

2. Commenti specifici

2.1 Elettrolizzatori di idrogeno

FASE 1 • Screening

Analisi di sensibilità

La sensibilità degli elettrolizzatori di H2 verde ai rischi climatici è riportata nella sottostante tabella, insieme ai punteggi indicativi per categoria di componente (*Nessuna sensibilità* - *Bassa* - *Media* - *Elevata*). Le valutazioni presentate riflettono le sensibilità ai rischi climatici tipiche delle infrastrutture di elettrolizzatori per H2 verde. Tali valutazioni dovrebbero tuttavia essere sottoposte a un esame critico da parte dei progettisti e, se necessario, modificate per garantirne la compatibilità con le specificità del progetto.²

TABELLA 2.1a • Sensibilità dei componenti degli elettrolizzatori di H2.

| Rischio climatico | Sensibilità |
|---|---|
| Alluvione Mareggiata Forti precipitazioni | <ul style="list-style-type: none"> • Allagamento dell'edificio dell'elettrolizzatore e danni fisici alle apparecchiature elettriche (ad esempio quadri elettrici e trasformatori) o ad altre apparecchiature critiche (ad esempio compressori, impianti di stoccaggio), nonché alle infrastrutture interdipendenti: impianti di energia rinnovabile, linee di trasmissione e distribuzione, strade di accesso, ecc. • Affioramento / rottura delle tubazioni interrate in zone paludose, rischio di esplosione. • Le inondazioni espongono le condutture a detriti e altre minacce. • L'interruzione o la contaminazione della fonte idrica aumentano la necessità di trattamento dell'acqua, con conseguente incremento dei costi operativi. |

² Ad esempio, la fonte di energia rinnovabile utilizzata per la produzione di H2 può presentare diversi livelli di sensibilità intrinseca, come nel caso dei parchi eolici rispetto ai parchi solari.

| Rischio climatico | Sensibilità | | | |
|--|---|--------------|---|------------------------------------|
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Venti estremi (inclusi tempeste, uragani, tornado) | <ul style="list-style-type: none"> Danni di natura elettrica all'elettrolizzatore e ad altre apparecchiature elettriche (ad esempio, quadri elettrici e trasformatori). Deformazione strutturale o ribaltamento dei serbatoi di stoccaggio in seguito all'esposizione a raffiche di vento estreme. Sollecitazioni significative dovute a venti estremi possono causare la rottura dei dischi di sicurezza e delle valvole di sovrappressione, con conseguente rilascio improvviso di idrogeno e aumento del rischio di incendio, esplosione o asfissia (in ambienti chiusi). L'interruzione o la contaminazione della fonte idrica aumentano la necessità di trattamento dell'acqua, con conseguente incremento dei costi operativi. | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Asset e processi in loco | Sistemi interdipendenti |
| Innalzamento del livello del mare Intrusione salina | <ul style="list-style-type: none"> Inondazione temporanea o permanente dell'impianto di H2 (per gli impianti costieri). Danni da cortocircuito agli elettrodi, rischio di esplosione di gas ossigeno-idrogeno. L'intrusione salina influisce direttamente sull'acqua in ingresso e sul processo di purificazione dell'acqua. Problemi operativi relativi alle infrastrutture costiere interdipendenti, ad esempio porti e approdi per il trasporto di ammoniaca e metanolo, o il sistema interdipendente di approvvigionamento idrico. | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Stress idrico, Siccità | <ul style="list-style-type: none"> Aumento della domanda di acqua e conflitti nell'utilizzo delle risorse idriche. Problemi operativi dovuti alla mancanza di acqua disponibile (soprattutto per gli elettrolizzatori su larga scala che richiedono quantità d'acqua considerevoli). L'aumento del ricorso alla desalinizzazione di acqua marina o salmastra (per compensare la mancanza di acqua dolce) può comportare un impatto ambientale significativo a causa dello scarico di salamoia. Il peggioramento della qualità dell'acqua, che richiede un trattamento più intensivo, influisce sul processo di purificazione dell'acqua e sul funzionamento del generatore di idrogeno. L'erosione dovuta all'inaridimento del terreno ed il ritiro del terreno stesso possono determinare problemi alle fondamenta. | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Incendio boschivo | <ul style="list-style-type: none"> L'ampio intervallo di infiammabilità dell'idrogeno lo rende soggetto ad accensione rapida se miscelato con l'aria, con conseguenti incendi, fiamme invisibili, getti di fuoco ad alta velocità, radiazioni termiche ed esplosioni. Incendio con conseguenti danni materiali alle proprietà. Danni alle strade di accesso, con conseguente accesso limitato o nullo all'impianto H2 durante o immediatamente dopo gli incendi. | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |

| Rischio climatico | Sensibilità | | | |
|--|---|--------------|---------------|--------------------------------|
| Ondata di calore | <ul style="list-style-type: none"> • Surriscaldamento e aumento del rischio di guasti e malfunzionamenti delle apparecchiature elettriche nel caso in cui vengono superate le normali temperature di esercizio. • Le temperature più elevate possono influire sulla qualità dell'acqua e sull'efficienza dei sistemi di purificazione. • Dal punto di vista termodinamico, le prestazioni dell'elettrolisi possono essere migliorate operando ad alta temperatura, ma ciò richiede complesse modifiche alla gestione del calore. | | | |
| Sensibilità globale: Media | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Erosione costiera Erosione del suolo | <ul style="list-style-type: none"> • Problemi di stabilità e danni fisici all'unità di elettrolisi e ai depositi. • L'erosione del suolo può esporre le condutture ad altre minacce, come la corrosione e i danni causati dagli scavi. | | | |
| Sensibilità globale: Media | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Frana Valanga Cedimento | <ul style="list-style-type: none"> • Danni fisici causati dal movimento di masse di terreno/roccia (in caso di frane) o neve (in caso di valanghe) all'unità di elettrolisi, ai depositi e ad altre apparecchiature critiche. • Le tubature sotterranee sono estremamente vulnerabili ai danni causati da frane, valanghe o cedimenti del terreno, con possibili interruzioni nella distribuzione del gas naturale e nell'approvvigionamento idrico. | | | |
| Sensibilità globale: Media | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Ondata di freddo | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le deviazioni dalla temperatura ottimale possono influire sulle prestazioni della produzione di idrogeno verde. ▪ Il congelamento dell'acqua nelle tubazioni / camini di sfiato può ostacolare le operazioni. ▪ La formazione di ghiaccio sui pannelli solari o sulle turbine eoliche può ostacolare il processo di elettrolisi. | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Variazioni di temperatura Variabilità della temperatura | <ul style="list-style-type: none"> • Le variazioni di temperatura influenzano la variabilità e l'intermittenza della produzione di energia rinnovabile, il che a sua volta incide sull'efficienza dell'elettrolizzatore (ad esempio, carico minimo per il funzionamento, frequenti avviamenti a freddo, tempo necessario per raggiungere la potenza operativa) e, di conseguenza, sul costo di produzione dell'idrogeno. | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |



FASE 2 • Analisi dettagliata




TABELLA 2.1b • Impatti climatici degli elettrolizzatori per la produzione di H₂ verde (elenco non esaustivo).




| Aree di rischio (AR) | Impatti |
|--------------------------------------|--|
| AR1: Danni all'infrastruttura | Danni fisici alle unità di elettrolisi, ai componenti elettrici e alle infrastrutture di supporto, con la possibilità di guasti agli impianti e tempi di inattività prolungati. Ciò può comportare costi diretti e indiretti per l'impianto di produzione di idrogeno. |
| AR2: Sicurezza e salute | Problemi di sicurezza operativa: il surriscaldamento o il malfunzionamento delle apparecchiature di elettrolisi possono comportare rischi di incendio all'interno dell'impianto di produzione di idrogeno. Inoltre, guasti elettrici o perdite di idrogeno possono comportare rischi per la sicurezza, con potenziali danni al personale che lavora nell'impianto o alla comunità circostante, qualora non vengano adottate misure precauzionali. |
| AR3: Ambiente | Inquinamento: i malfunzionamenti delle apparecchiature o le perdite di idrogeno possono avere conseguenze ambientali, tra cui il rilascio di gas serra o altri inquinanti. Qualità dell'acqua: gli impianti di produzione di idrogeno verde richiedono acqua per il processo di elettrolisi e la scarsità o l'inquinamento idrico potrebbero avere un impatto sulle operazioni. Dissalazione: L'aumento dello scarico di salamoia generato durante la dissalazione su larga scala compromette la capacità dei suoli di produrre colture e foraggio. Un trattamento inadeguato della salamoia può inquinare i corpi idrici e le falde acquifere. |
| AR4: Impatti sociali | Effetti sociali indiretti: le interruzioni nella produzione di idrogeno verde possono avere ripercussioni su industrie e servizi che dipendono dall'idrogeno pulito come fonte di energia, come i trasporti e la produzione manifatturiera, influenzando la mobilità e la logistica. Anche l'economia in generale potrebbe risentirne, soprattutto se l'idrogeno è un elemento chiave delle strategie di decarbonizzazione. |
| AR5: Impatti finanziari | Costi operativi: l'intermittenza della produzione di energia rinnovabile può ridurre l'efficienza dell'elettrolizzatore, con conseguente aumento dei costi operativi per la produzione di idrogeno. Si prevede che gli eventi climatici estremi aumenteranno i costi di riparazione e manutenzione. |
| AR6: Reputazione | Attrattività per gli investitori: frequenti guasti alle apparecchiature, lunghi periodi di inattività o elevati costi di manutenzione possono far apparire l'impianto inaffidabile e rischioso agli occhi di investitori e clienti. Immagine del settore: problematiche ambientali come perdite di idrogeno o inquinamento possono offuscare l'immagine dell'idrogeno verde come fonte di energia pulita e sostenibile. |
| AR7: Rischi esterni | Forniture energetiche: la disponibilità di fonti di energia rinnovabile (ad esempio, energia eolica e solare) influenza direttamente la capacità produttiva degli impianti di elettrolisi. Distribuzione agli utilizzatori finali: le sfide logistiche e di trasporto nella distribuzione dell'idrogeno verde possono influire sulla catena di approvvigionamento. |




TABELLA 2.1c • Elettrolizzatori per idrogeno verde (H2): elenco indicativo di soluzioni di adattamento, ove necessario

Anziché optare per una progettazione rigida basata su proiezioni altamente incerte di eventi climatici estremi, è opportuno promuovere strategie di progettazione adattiva, flessibili e in grado di adattarsi alle condizioni future, ottimizzando l'utilizzo delle risorse ed evitando inutili spese iniziali. In ogni caso, è fondamentale che il processo decisionale in tutte le fasi del ciclo di progetto si basi sulle proiezioni più aggiornate, almeno per quanto riguarda i rischi climatici più significativi.

| Rischio climatico |  Piano e fattibilità |  Progettazione e costruzione |  Funzionamento e manutenzione |
|--|--|--|---|
| Alluvione Mareggiata Forti precipitazioni | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Eseguire un'analisi approfondita del rischio di alluvioni (per il clima attuale e futuro) durante la fase di selezione del sito. ▪ Evitare le zone soggette ad allagamenti. ▪ Ottimizzare l'altitudine e la disposizione del sito per ridurre al minimo la suscettibilità alle inondazioni. ▪ Collocare le infrastrutture critiche in zone più elevate ed evitare di costruire in aree soggette ad allagamenti. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Progettare più livelli di protezione per i componenti elettrici al fine di garantire la ridondanza nel caso in cui una o più misure di sicurezza dovessero fallire. ▪ Progettare misure di protezione dalle inondazioni, ad esempio, aumentare la capacità di drenaggio (fossati più ampi, tubature sotterranee), elevare le apparecchiature critiche (in particolare i componenti elettrici). ▪ Installare trappole per sedimenti per prevenire un eccessivo deflusso di sedimenti. ▪ Utilizzare materiali e rivestimenti resistenti alle inondazioni. ▪ Valutare misure di protezione dall'erosione rispettose dell'ambiente. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Installare sistemi di allerta precoce e integrarli con misure temporanee di difesa dalle inondazioni (ad esempio, muri di protezione temporanei). ▪ Utilizzo delle zone umide come zona cuscinetto. ▪ Effettuare ispezioni periodiche delle infrastrutture per individuare e risolvere le vulnerabilità. ▪ Si consiglia di valutare sistemi riposizionabili o modulari che possano essere temporaneamente spostati in zone più elevate durante le inondazioni. ▪ Assicurarsi che i sistemi di alimentazione di emergenza siano resistenti alle inondazioni e situati in zone meno soggette a inondazioni. |
| Venti estremi (inclusi tempeste, uragani e tornado) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Valutare la possibilità di diversa localizzazione del progetto. ▪ Integrare i principi di progettazione antivento. ▪ Valutare una copertura assicurativa completa contro i danni causati dalle tempeste. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Si consiglia di prevedere una progettazione strutturale robusta per l'edificio dell'elettrolizzatore (ad esempio, rinforzi per le fondamenta). ▪ Regolare le specifiche di progettazione oltre le soglie previste dalla normativa per aumentare la stabilità e la sicurezza. ▪ Selezionare materiali strutturali con maggiore resistenza alla fatica. ▪ Progettare misure di protezione per le apparecchiature critiche (ad esempio, protezione dal vento con ancoraggio). ▪ Implementare sistemi efficaci di gestione delle acque piovane per prevenire allagamenti e controllare il deflusso idrico durante i temporali. ▪ Integrare superfici permeabili per ridurre il rischio di allagamenti superficiali. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Installare sistemi avanzati di monitoraggio meteorologico e di allerta precoce per tracciare l'arrivo delle tempeste. ▪ Eseguire arresti proattivi in base agli avvisi dei sistemi di allerta. ▪ Realizzare e mantenere frangivento naturali, ovvero file di alberi, arbusti o altra vegetazione piantate strategicamente che fungano da barriera per ridurre l'impatto dei venti forti. ▪ Implementare ispezioni di routine delle infrastrutture per identificare e affrontare le vulnerabilità. |
| Innalzamento del livello del mare | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Effettuare una valutazione dettagliata dell'innalzamento previsto del livello del mare nella regione e valutare, se necessario, un'eventuale localizzazione alternativa. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Progettazione di opere di protezione costiera (muri frangiflutti, dighe, opere di rivestimento). | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizzare sistemi di allerta precoce e monitoraggio integrato delle zone costiere. ▪ Ripristinare e proteggere le zone cuscinetto naturali, come le mangrovie o le zone umide. |

| Rischio climatico |  Piano e fattibilità |  Progettazione e costruzione |  Funzionamento e manutenzione |
|-------------------------------|---|---|--|
| Intrusione salina | <ul style="list-style-type: none"> Integrare le proiezioni sull'innalzamento del livello del mare nella pianificazione a lungo termine dell'impianto. Ottimizzare l'altitudine e la disposizione del sito per ridurre al minimo il rischio di intrusione salina. | <ul style="list-style-type: none"> Progettare infrastrutture critiche, tra cui unità elettrolitiche e impianti di stoccaggio, con fondamenta sopraelevate. Progettazione di strutture per l'assorbimento delle onde (frangiflutti). Installare sistemi di pompaggio per contrastare l'intrusione salina. Utilizzare materiali e rivestimenti anticorrosivi. | <ul style="list-style-type: none"> Monitorare le condizioni dei rivestimenti e dei materiali protettivi per garantirne l'efficacia. Elaborare piani di emergenza specifici per eventi di intrusione salina, inclusi protocolli per il cambio di fonte idrica o per interruzioni temporanee. Mantenersi informati sui progressi nelle tecnologie di desalinizzazione e trattamento delle acque. |
| Stress idrico, Siccità | <ul style="list-style-type: none"> Piano per le disposizioni contrattuali relative all'utilizzo dell'acqua. Coinvolgere tutte le parti interessate e ascoltare le esigenze della comunità. Instaurare collaborazioni con le autorità locali per garantire l'accesso a fonti idriche diversificate. Valutare la fattibilità di un sistema di approvvigionamento idrico basato sulla desalinizzazione anziché sull'utilizzo di acqua dolce e selezionare i metodi di trattamento e scarico più appropriati (ad esempio, scarico in mare, smaltimento nelle fognature, iniezioni in pozzi profondi, bacini di evaporazione). Esplorare fonti idriche alternative come le acque reflue trattate o l'acqua salmastra. | <ul style="list-style-type: none"> Implementare sistemi di raffreddamento avanzati che ottimizzano l'utilizzo dell'acqua e riducano gli sprechi (ad esempio, sistemi di raffreddamento a secco). Effettuare una valutazione dettagliata della gestione delle risorse idriche a livello di bacino idrografico e a livello locale. Analizzare in modo approfondito gli effetti dello scarico di salamoia su diversi ecosistemi e organismi. Pianificare un aumento della capacità di stoccaggio idrico per far fronte ai periodi di scarsità d'acqua. | <ul style="list-style-type: none"> Utilizzare sensori avanzati e analisi dei dati per ottimizzare il consumo idrico durante il funzionamento. Integrare sistemi di riciclo delle acque grigie per riutilizzare l'acqua proveniente da fonti non potabili per il raffreddamento e i processi non critici. Implementare sistemi di monitoraggio in tempo reale per l'utilizzo e la disponibilità dell'acqua. Sviluppare e aggiornare regolarmente piani di emergenza per la siccità al fine di garantire la continuità operativa. Instaurare rapporti di collaborazione con le autorità idriche locali. Investire nella ricerca e nello sviluppo di tecnologie innovative per il risparmio idrico. |
| Incendio boschivo | <ul style="list-style-type: none"> Evitare le zone ad alto rischio di incendi boschivi. Integrare fasce tagliafuoco e aree prive di vegetazione combustibile nella planimetria del sito. Collaborare con le autorità antincendio locali e le comunità per comprendere i piani di intervento in caso di incendi boschivi. | <ul style="list-style-type: none"> Installare sistemi antincendio. Installare rilevatori di gas idrogeno e di fiamma per identificare tempestivamente eventuali perdite di gas o fiamme che ne derivano. Eseguire una valutazione dettagliata del rischio di incendio ed esplosione. Incorporare rivestimenti ignifughi e materiali isolanti. Progettare e costruire edifici e impianti in grado di resistere a un'esplosione con danni isolati/limitati. | <ul style="list-style-type: none"> Preparare piani antincendio che includano il monitoraggio continuo e i sistemi di allerta precoce. Monitorare e gestire la crescita della vegetazione per prevenire l'accumulo di materiali infiammabili. Formare adeguatamente il personale. Gestire la vegetazione in modo proattivo (potatura e sfoltimento degli alberi) per ridurre il rischio di incendi, preservandone al contempo il valore ecologico. Garantire un approvvigionamento idrico adeguato e affidabile per le attività antincendio. |

|  Rischio climatico | Piano e fattibilità |  Progettazione e costruzione |  Funzionamento e manutenzione |
|--|--|---|---|
| Ondata di calore | <ul style="list-style-type: none"> Scegliere i siti tenendo conto delle condizioni climatiche locali, con l'obiettivo di ridurre al minimo i rischi legati al calore. Ottimizzare l'orientamento e la disposizione degli impianti per mitigare l'impatto delle temperature estreme. | <ul style="list-style-type: none"> Selezionare la tecnologia di raffreddamento più appropriata: sistemi a umido, a secco o ibridi (ad esempio, scambiatori di calore ad alette, torri di raffreddamento aperte, sistemi di nebulizzazione, ecc.). Progettare infrastrutture critiche con materiali in grado di resistere alle alte temperature. Integrare rivestimenti termoresistenti e materiali isolanti per migliorare la resistenza delle strutture. Progettare l'impianto in modo da garantire l'efficienza energetica e ridurre al minimo la produzione di calore durante il funzionamento. Integrare strategie di ombreggiatura e isolamento per ridurre l'assorbimento di calore. | <ul style="list-style-type: none"> Monitorare le temperature ed eseguire la pianificazione operativa con arresti di protocollo. Si consiglia di valutare soluzioni di paesaggistica sostenibile per migliorare il microclima intorno all'impianto di H₂. Elaborare protocolli per la gestione dello stress da calore per i lavoratori, che includano pause regolari, misure di idratazione e aree di riposo ombreggiate. Attuare misure di raffreddamento di emergenza, come sistemi di raffreddamento di riserva o supplementari, per gestire gli eventi di calore estremo. |
| Erosione costiera Erosione del suolo | <ul style="list-style-type: none"> Scegliete siti con minore suscettibilità all'erosione, evitando aree con terreni instabili o elevati tassi di erosione costiera. Ottimizzare la disposizione degli impianti e il posizionamento delle infrastrutture per ridurre al minimo il disturbo del suolo e l'esposizione costiera. | <ul style="list-style-type: none"> Progettare elementi paesaggistici che migliorino la ritenzione del suolo e riducano il rischio di erosione costiera. Installare strutture di controllo dell'erosione, come barriere di contenimento del limo, geotessili e muri di sostegno, per mitigare l'erosione del suolo. Progettare strutture di protezione costiera, come frangiflutti o opere di difesa costiera, per ridurre l'erosione costiera. Progettare sistemi di drenaggio che convogliano l'acqua lontano dalle aree vulnerabili. Aumentare la profondità delle trincee per le condotte interrato. | <ul style="list-style-type: none"> Implementare sistemi di monitoraggio in tempo reale delle condizioni del suolo e dei tassi di erosione. Effettuare ispezioni periodiche delle condizioni del suolo e delle misure di controllo dell'erosione per individuare eventuali segni di degrado. Eseguire la manutenzione ordinaria della vegetazione. Valutare la possibilità di realizzare progetti di ripascimento delle spiagge per ricostituire la sabbia e ripristinare la resilienza costiera. Rimanere informati sui progressi nel campo del controllo dell'erosione e dei metodi di protezione costiera. |
| Frana Valanga Cedimento | <ul style="list-style-type: none"> Eseguire un'analisi approfondita del rischio di frane (per il clima attuale e futuro) durante la fase di selezione del sito. Evitare le zone soggette a frane (ad esempio, pendii ripidi, formazioni geologiche instabili). Ottimizzare la disposizione degli impianti e il posizionamento delle infrastrutture per ridurre al minimo il rischio di provocare frane. | <ul style="list-style-type: none"> Selezionare tipologie di fondazione in grado di sopportare grandi cedimenti differenziali. Progettare misure di protezione contro le frane, ad esempio muri di sostegno, vegetazione, drenaggio subacqueo, riduzione delle pendenze. Installare sistemi di drenaggio efficaci per gestire il deflusso dell'acqua e prevenire la saturazione del terreno, una causa frequente di frane. Attuare misure di deviazione delle acque superficiali per ridurre il rischio di erosione del suolo. | <ul style="list-style-type: none"> Monitorare costantemente le condizioni geologiche all'interno e intorno al sito per identificare potenziali fattori scatenanti di frane. Monitoraggio a distanza delle zone a rischio (metodi di mappatura satellitare, strumentazione di campo remota) integrato con sistemi di allerta precoce. Mantenere il verde sui pendii e rinforzare la vegetazione. Scegliere piante autoctone con apparati radicali profondi che contribuiscono alla stabilità del suolo. |

| Rischio climatico |  Piano e fattibilità |  Progettazione e costruzione |  Funzionamento e manutenzione |
|--|--|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Coinvolgere ingegneri geotecnici specializzati durante la fase di progettazione. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Effettuare ispezioni periodiche di pendii, strutture di contenimento e infrastrutture critiche per individuare segni di erosione o instabilità. |
| Ondata di freddo | <ul style="list-style-type: none"> ▪ È importante considerare i dati climatici locali per comprendere la gravità e la durata delle ondate di freddo nella regione. ▪ Integrare la pianificazione per la preparazione invernale nel progetto. ▪ Valutare le strategie di isolamento per le infrastrutture critiche al fine di prevenire il congelamento. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Progettare infrastrutture critiche utilizzando materiali in grado di resistere alle basse temperature. ▪ Applicare rivestimenti e isolanti resistenti al freddo. ▪ Implementare misure di isolamento per tubature e impianti di stoccaggio dell'acqua per evitare il congelamento dell'acqua. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementare sistemi di monitoraggio della temperatura in tempo reale per tenere traccia della temperatura ambiente e delle apparecchiature. ▪ Ispezionare e trattare regolarmente le superfici soggette all'accumulo di ghiaccio. ▪ Attuare misure di riscaldamento di emergenza, come sistemi di riscaldamento di riserva o supplementari. |
| Cambiamento delle temperature Variabilità della temperatura | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diversificare le fonti di energia rinnovabile per ridurre al minimo la variabilità e l'intermittenza delle forniture elettriche. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Integrare sistemi di accumulo di energia nella progettazione per gestire la variabilità energetica. ▪ Progettare il sistema di elettrolisi in modo che sia in grado di gestire un'ampia gamma di carichi in modo efficiente, tenendo conto dei requisiti di carico minimo e della capacità di gestire frequenti avviamenti a freddo senza compromettere l'efficienza. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementare strategie di ottimizzazione continua basate su dati prestazionali in tempo reale, compresa la regolazione dinamica dei parametri operativi per massimizzare l'efficienza in condizioni di temperatura variabili. ▪ Analizzare regolarmente i dati di monitoraggio per identificare le tendenze e affrontare in modo proattivo i potenziali problemi. |

2.2 Impianti fotovoltaici

FASE 1 • Screening

Analisi di sensibilità

TABELLA 2.2a • Sensibilità dei componenti di un parco solare.

| Rischio climatico | Sensibilità | | | |
|---|--|-------|--------|-------------------------|
| Venti estremi (inclusi tempeste, uragani e tornado) | <ul style="list-style-type: none"> Danni fisici ai componenti e alle attrezzature del parco causati da raffiche di vento e detriti volanti: pannelli rotti, strutture di supporto destabilizzate, danni/guasti agli inverter. Danni alle linee di trasmissione e distribuzione, effetti a cascata sulle linee e rischio di prolungate interruzioni di corrente con conseguenze costose. | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Alluvione Mareggiata Forti precipitazioni | <ul style="list-style-type: none"> Danni da cortocircuito ai pannelli solari e ad altre apparecchiature elettriche in caso di allagamento del sito; crepe e frantumazione del vetro dei pannelli in caso di forti grandinate. Danni alle linee di trasmissione e distribuzione, effetti a cascata sulle linee e rischio di prolungate interruzioni di corrente con conseguenti danni economici dovuti all'interruzione. Strade di accesso allagate/sommerse che ostacolano le ispezioni e le riparazioni. | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Frana Valanga Cedimento | <ul style="list-style-type: none"> I pannelli solari possono essere gravemente danneggiati da frane o da qualsiasi tipo di massiccio spostamento del terreno (cedimento del terreno, crollo degli argini, ecc.). Danni alle strutture di supporto in caso di cedimento del terreno. Danni fisici alle linee di trasmissione e distribuzione, blocco delle strade di accesso (che ostacolano le operazioni di manutenzione). | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Incendio boschivo | <ul style="list-style-type: none"> Danni materiali alle infrastrutture del parco solare (in caso di esposizione diretta al fuoco). Danni alla rete interconnessa di trasmissione e distribuzione. Il fumo denso proveniente dagli incendi boschivi riduce la quantità di radiazione solare che raggiunge i pannelli, compromettendo le prestazioni del parco solare. | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Siccità | <ul style="list-style-type: none"> Sistemi di raffreddamento a basse prestazioni che si basano sull'acqua. Riduzione della produzione di energia solare a causa dell'inquinamento atmosferico e dello sporco sui pannelli (che assorbono e disperdono la luce solare). L'aumento dei conflitti per l'utilizzo dell'acqua potrebbe limitare la disponibilità idrica, con conseguenti ripercussioni sulle operazioni di pulizia e raffreddamento e, di conseguenza, sull'efficienza dei pannelli. | | | |
| Sensibilità globale: Media | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |

| Rischio climatico | Sensibilità | | | |
|--|---|--------------|---------------|--------------------------------|
| Ondata di freddo | <ul style="list-style-type: none"> Danni ai pannelli, ad esempio crepe (specialmente in caso di sbalzi di temperatura). Un'abbondante coltre di neve può danneggiare i pannelli. Le temperature gelide e il ghiaccio possono corrodere i componenti metallici dell'inverter, causandone il malfunzionamento. Riduzione della potenza erogata a causa della formazione di ghiaccio sui pannelli. | | | |
| Sensibilità globale: Media | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Innalzamento del livello del mare Intrusione salina | <ul style="list-style-type: none"> L'allagamento temporaneo o permanente del parco (per le strutture costiere) potrebbe causare malfunzionamenti elettrici. Danni alle strutture di supporto in caso di cedimento del terreno (causato dall'innalzamento del livello della falda freatica nelle strutture costiere). | | | |
| Sensibilità globale: Media | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Cambiamenti nei modelli e nei tipi di precipitazione (aumento della nuvolosità) | <ul style="list-style-type: none"> Riduzione della produzione di energia a causa della prolungata nuvolosità. L'aumento dell'accumulo di polvere (causato dalla ridotta frequenza della pulizia naturale con acqua piovana) diminuisce la resa energetica del parco. L'aumento delle esigenze di pulizia manuale (in caso di piogge meno frequenti) incrementa i costi di gestione e manutenzione. | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Ondata di calore | <ul style="list-style-type: none"> La produzione di energia è inferiore al picco di domanda energetica (che aumenta durante le ondate di calore a causa del maggiore fabbisogno di aria condizionata e refrigerazione). Deviazioni significative dalla temperatura ottimale ³riducono le prestazioni e la produzione di energia. L'esposizione prolungata a temperature estreme può contribuire all'affaticamento e al degrado dei materiali, compromettendo potenzialmente l'integrità strutturale del parco solare. | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Variazioni di temperatura Variabilità della temperatura | <ul style="list-style-type: none"> L'efficienza dei pannelli solari può ridursi; ⁴⁴ potrebbero verificarsi carenze di approvvigionamento energetico. L'aumento delle esigenze di raffreddamento delle apparecchiature solari ha comportato un incremento dei costi di gestione e manutenzione. Il più rapido degrado del materiale dei pannelli solari comporta un aumento dei costi di gestione e manutenzione. Le temperature più basse aumentano la potenza erogata. | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |

³ Le prestazioni dei pannelli fotovoltaici diminuiscono di circa lo 0,5% per ogni aumento di 1 °C della temperatura.

| Rischio climatico | | Sensibilità | | | |
|---|--|--|-------|--------|-------------------------|
| Erosione costiera Erosione del suolo | | <ul style="list-style-type: none">L'erosione del suolo aumenta il deflusso dell'acqua e, di conseguenza, il rischio di movimenti del terreno e frane che possono danneggiare i pannelli fotovoltaici e le infrastrutture ad essi collegate (linee di trasmissione e strade di accesso). | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Cambiamenti modelli di vento nei | | <ul style="list-style-type: none">In generale, il vento riduce la temperatura dei moduli fotovoltaici, migliorandone la produzione di energia elettrica. Le variazioni dei modelli di vento possono essere sia benefiche che dannose, a seconda che la variazione sia in aumento o in diminuzione. | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |




FASE 2 • Analisi dettagliata




TABELLA 2.2b • Potenziali impatti climatici significativi sul parco solare (elenco non esaustivo).




| Aree di rischio (AR) | Impatti |
|--------------------------------|---|
| AR 1: Danni all'infrastruttura | Danni fisici alle infrastrutture in loco: ciò include pannelli fotovoltaici, strutture di montaggio, sistemi di cablaggio, inverter e altre apparecchiature elettriche critiche pertinenti (ad esempio, batterie). I danni causati da eventi meteorologici estremi o incidenti possono provocare guasti agli impianti, interruzioni prolungate dell'alimentazione elettrica e un aumento dei costi di manutenzione. |
| AR 2: Sicurezza e salute | -- |
| AR 3: Ambiente | <p>Deforestazione: la costruzione di centrali solari su larga scala può portare al degrado del suolo e alla distruzione della vegetazione, con conseguente aumento del rischio di inondazioni nell'intera regione.</p> <p>Problemi relativi alle risorse idriche: per mantenere l'efficienza dei pannelli solari potrebbe essere necessaria l'acqua per la pulizia. Nelle regioni che soffrono di scarsità idrica a causa dei cambiamenti climatici, l'utilizzo di acqua per la pulizia potrebbe sollevare preoccupazioni ambientali.</p> |
| AR 4: Impatti sociali | Impatto sulla fornitura di energia: le interruzioni di corrente dovute a danni o guasti nel parco solare possono influire sulla fornitura energetica complessiva della comunità. Ciò può avere ripercussioni sui servizi essenziali, tra cui strutture sanitarie, impianti di trattamento delle acque e altri servizi pubblici. |
| AR 5: Impatti finanziari | <p>Impatti economici per l'operatore: aumento dei costi di gestione e manutenzione per la riparazione/sostituzione di apparecchiature danneggiate/malfunzionanti e maggiori esigenze di pulizia, riduzione della produzione di energia, riduzione dei flussi di cassa in entrata e dell'attrattiva economica dell'investimento.</p> <p>Perdite per aziende e consumatori: le interruzioni nella produzione di energia solare possono avere ripercussioni sulle aziende e sui clienti finali che dipendono da una fornitura costante di elettricità prodotta da fonti solari. Le aziende potrebbero subire perdite finanziarie e potrebbe essere necessario ricorrere a fonti energetiche alternative, con conseguente aumento dei costi energetici per i consumatori.</p> |

| Aree di rischio (AR) | Impatti |
|----------------------|---|
| AR 6: Reputazione | <p>Affidabilità e fiducia: la reputazione dei parchi solari si basa sulla dimostrazione di affidabilità e sicurezza. Guasti ripetuti, incidenti o prestazioni inferiori alle aspettative possono minare la fiducia di clienti e investitori.</p> <p>Responsabilità ambientale: l'impegno per la responsabilità ambientale è fondamentale per mantenere una reputazione positiva. Incidenti o violazioni ambientali possono danneggiare l'immagine di un operatore come entità responsabile dal punto di vista ambientale.</p> |

TABELLA 2.2c • Parchi solari: elenco indicativo di soluzioni di adattamento, ove necessario

| Rischio climatico |  Piano e fattibilità |  Progettazione e costruzione |  Funzionamento e manutenzione |
|--|---|--|---|
| Venti estremi (inclusi tempeste, uragani e tornado) | <ul style="list-style-type: none"> In caso di rischio estremo, si valuti la possibilità di trasferire il progetto in un'altra località. | <ul style="list-style-type: none"> Progettare e realizzare sistemi di protezione dal vento per i pannelli e le strutture di montaggio, in modo che resistano a condizioni meteorologiche estreme. Installare vetri rinforzati per i pannelli. Aumentare le specifiche di montaggio dei pannelli solari per resistere a venti estremi. Installare dispositivi di protezione contro i fulmini (cavi di terra, spinterometri, parafulmini). Progettare un sistema di generazione di energia decentralizzato per distribuire il rischio (ad esempio, installando microinverter in ogni pannello). Applicare rivestimenti "anti-soiling". | <ul style="list-style-type: none"> Regolare l'angolo di inclinazione del pannello per ridurre il carico del vento: sistema manuale o automatico. Interrompere preventivamente l'alimentazione delle apparecchiature elettriche critiche per evitare infiltrazioni d'acqua. Considerare, ove possibile, clausole relative alle calamità naturali nelle disposizioni contrattuali con il gestore della rete di trasmissione / distribuzione. |
| Alluvione Mareggiata Forti precipitazioni | <ul style="list-style-type: none"> Evitare le zone soggette ad allagamenti. Aumentare le dotazioni di sistemi di accumulo a batteria per ridurre al minimo la dipendenza dalla rete elettrica. | <ul style="list-style-type: none"> Trasformatori e cablaggi impermeabili. Sollevare le apparecchiature elettriche sensibili all'acqua. | <ul style="list-style-type: none"> Interrompere preventivamente l'alimentazione delle apparecchiature elettriche critiche per evitare infiltrazioni d'acqua. |
| Frana Valanga Cedimento | <ul style="list-style-type: none"> Evitare le zone soggette a frane ed erosione. Eseguire un'indagine geotecnica completa per confermare i rischi di frana. In caso di rischi estremi, considerare localizzazioni alternative per il parco solare. | <ul style="list-style-type: none"> Attuare misure di stabilizzazione dei pendii come il consolidamento e l'ancoraggio del terreno, i muri di sostegno, ecc. Progettare sistemi di drenaggio efficaci, come drenaggi sotterranei e canali di deviazione delle acque superficiali, per migliorare le condizioni di stabilità delle regioni soggette a frane. | <ul style="list-style-type: none"> Monitorare le aree soggette a frane, valanghe e cedimenti del terreno. Ripristinare la vegetazione per mitigare il rischio di frane. |
| Incendio boschivo | <ul style="list-style-type: none"> Evitare le zone ad alto rischio di incendi boschivi. | <ul style="list-style-type: none"> Installare sistemi antincendio. | <ul style="list-style-type: none"> Sviluppare una zonizzazione antincendio e gestire in modo proattivo la vegetazione (potatura e sfoltimento degli alberi) per ridurre il rischio di incendi. Elaborare piani di risposta alle emergenze completi, che includano il coordinamento con i vigili del fuoco e i piani di evacuazione per il personale. |

| Rischio climatico |  Piano e fattibilità |  Progettazione e costruzione |  Funzionamento e manutenzione |
|--|---|--|--|
| Siccità | <ul style="list-style-type: none"> Pianificare sistemi di approvvigionamento idrico di riserva (ad esempio, serbatoi d'acqua) durante i periodi di siccità. Considerare sistemi di raffreddamento a secco che non utilizzano acqua. | N / A | <ul style="list-style-type: none"> Installare rilevatori di incendio e sistemi di monitoraggio. Eseguire pulizie di manutenzione più frequenti per proteggere i pannelli dallo sporco. Adottare, intorno al parco solare, pratiche di gestione del verde ed utilizzo di specie resistenti alla siccità al fine di ridurre al minimo l'accumulo di polvere e sporco. |
| Ondata di freddo | N / A | <ul style="list-style-type: none"> Applicare rivestimenti idrorepellenti ai pannelli fotovoltaici per ridurre l'adesione del ghiaccio. | <ul style="list-style-type: none"> Piantare file fitte di cespugli o arbusti che fungano da barriere frangivento. Assicurarsi che siano disponibili le attrezzature per la pulizia per evitare l'accumulo di neve. |
| Innalzamento del livello del mare | <ul style="list-style-type: none"> Dare priorità alle località con altitudine maggiore. In caso di rischio estremo, si valuti la possibilità di trasferire il progetto in un'altra località. | <ul style="list-style-type: none"> Aumentare l'altezza dei componenti critici. Elevare le strutture di argine per proteggere i pannelli fotovoltaici dalle inondazioni. Utilizzare materiali anticorrosivi. | <ul style="list-style-type: none"> Ripristinare/mantenere la vegetazione costiera (ad esempio le paludi salmastre) per dissipare le onde e proteggere le aree retrostanti da inondazioni ed erosione. |
| Intrusione salina | | | |
| Cambiamenti nei modelli e nei tipi di precipitazione (aumento della nuvolosità) | N / A | <ul style="list-style-type: none"> Utilizzare pannelli fotovoltaici con vetro testurizzato e rivestimenti antiriflesso per catturare la luce solare da più angoli (per aumentare la nuvolosità). In condizioni di cielo nuvoloso, per una maggiore efficienza si utilizzano pannelli solari monocristallini. | <ul style="list-style-type: none"> Utilizzare un sistema avanzato di tracciamento e controllo per ruotare i pannelli. Raccogliere l'acqua piovana per la pulizia dei pannelli fotovoltaici. Considerare alternative manuali alla pulizia naturale con acqua piovana. |
| Ondata di calore | <ul style="list-style-type: none"> Prevedere un sistema di raffreddamento efficace. Esplorare la fattibilità di tecnologie innovative come i rivestimenti a base di nanomateriali per migliorare le prestazioni dei pannelli. | <ul style="list-style-type: none"> Migliorare il sistema di raffreddamento del parco solare (ad esempio, utilizzando ventilatori o soffiatori per far circolare l'aria intorno ai pannelli oppure sistemi di raffreddamento a base d'acqua come irrigatori o sistemi di nebulizzazione). Utilizzare materiali resistenti alle alte temperature. Utilizzo di celle resistenti al calore. Ottimizzare la disposizione degli elementi (spazi, orientamento) per migliorare la circolazione dell'aria. | <ul style="list-style-type: none"> Applicare meccanismi di raffreddamento automatizzati basati su letture di temperatura in tempo reale. |
| Variazioni di temperatura | N / A | <ul style="list-style-type: none"> Migliorare il sistema di raffreddamento del parco solare (ad esempio, utilizzando ventilatori o soffiatori per far circolare l'aria intorno ai pannelli | <ul style="list-style-type: none"> Realizzare interventi di paesaggistica sostenibile per migliorare il microclima intorno al parco solare. |

| Rischio climatico |  Piano e fattibilità |  Progettazione e costruzione |  Funzionamento e manutenzione |
|----------------------------------|---|---|---|
| Variabilità della temperatura | | <p>oppure sistemi di raffreddamento ad acqua come irrigatori o sistemi di nebulizzazione).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ottimizzare la disposizione degli elementi (spazi, orientamento) per migliorare la circolazione dell'aria. ▪ Utilizzo di sistemi di raffreddamento ad aria o senza acqua, come il flusso d'aria passivo al di sotto delle strutture di montaggio. ▪ Esplorare tecnologie innovative per migliorare le prestazioni dei pannelli fotovoltaici (ad esempio, micro-riflettori, rivestimenti in nanomateriali). ▪ Utilizzare materiali resistenti alle alte temperature e moduli con celle fotovoltaiche resistenti al calore. | |
| Erosione costiera | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Evitare le zone costiere e le aree soggette a erosione. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevare le strutture di arginatura per contrastare l'erosione costiera e proteggere i pannelli fotovoltaici dalle inondazioni. ▪ Costruire muri di contenimento, terrazzamenti o argini per controllare l'erosione del suolo e ridurre la deriva del terreno. ▪ Installare geotessili e teli per il controllo dell'erosione sui pendii erosi. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ripristinare/mantenere la vegetazione costiera (ad esempio, le paludi salmastre) per dissipare le onde e proteggere le aree retrostanti da inondazioni ed erosione. |
| Erosione del suolo | | | |
| Cambiamenti nei modelli di vento | N / A | N / A | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Promuovere una progettazione paesaggistica sostenibile per gestire i modelli di vento e migliorare il microclima intorno al parco. |

2.3 Sistemi di accumulo di energia a batteria (BESS)

FASE 1 • Screening

Analisi di sensibilità

TABELLA 2.3a • Sensibilità dei componenti BESS.

| Rischio climatico | Sensibilità | | | |
|---|---|--------------|---------------|--------------------------------|
| Ondata di calore | <ul style="list-style-type: none"> Accelerazione delle reazioni chimiche che portano al degrado e alla riduzione della durata delle celle della batteria. Aumento del rischio di autoaccensione dovuto al surriscaldamento delle batterie. Le temperature più elevate possono influire sulle caratteristiche di scarica delle batterie, compromettendo l'efficienza della produzione di energia elettrica. | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Alluvione Mareggiata Forti precipitazioni | <ul style="list-style-type: none"> L'immersione di batterie e dispositivi elettronici in acqua può causare cortocircuiti e corrosione. La contaminazione delle acque alluvionali con sostanze chimiche attive provenienti dalle batterie può rappresentare una grave minaccia ambientale per gli ecosistemi acquatici. Guasti elettrici che provocano reazioni termiche incontrollate e conseguenti incendi delle batterie. Gravi danni alla rete di trasmissione e distribuzione o agli impianti di generazione di energia che alimentano il sistema di accumulo di energia. | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Incendio boschivo | <ul style="list-style-type: none"> Se esposte a temperature molto elevate e alle fiamme, le celle delle batterie possono esplodere. Malfunzionamento/guasto del sistema di filtraggio dell'aria quando i filtri dell'aria sono ostruiti dal fumo degli incendi boschivi. I residui di fumo accumulati sulle parti elettromeccaniche sensibili possono causare malfunzionamenti. Eventuali danni fisici alle infrastrutture di trasmissione e distribuzione potrebbero interrompere il funzionamento dell'impianto BESS. Restrizioni di accesso alla struttura. | | | |
| Sensibilità globale: Elevata | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Ondata di freddo | <ul style="list-style-type: none"> Le temperature estremamente basse rallentano le reazioni chimiche nelle batterie e ne limitano la capacità di erogare energia. L'infiltrazione di acqua nel sistema di accumulo di energia (dovuta allo scioglimento della neve) può provocare guasti elettrici. Interruzione del servizio in caso di carenza di energia elettrica o blackout (causati dal sovraccarico della rete elettrica durante i periodi di freddo intenso). | | | |
| Sensibilità globale: Media | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Frana Valanga Cedimento | <ul style="list-style-type: none"> Le unità BESS possono essere traslate/ribaltate/deformate se sottoposte a massicci spostamenti del terreno. Le unità BESS (essendo strutture relativamente pesanti) possono innescare frane se installate in aree soggette a frane. | | | |

| Rischio climatico | Sensibilità | | | |
|--|---|--------------|---------------|--------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> Eventuali danni fisici alle linee di trasmissione e distribuzione potrebbero interrompere il funzionamento dell'impianto BESS. Blocco delle strade di accesso che ostacola l'accesso del personale. | | | |
| Sensibilità globale: Media | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Venti estremi (inclusi tempeste, uragani e tornado) | <ul style="list-style-type: none"> Danni strutturali ai componenti del BESS e alle relative strutture di supporto. Guasti/danni da impatto ad apparecchiature elettromeccaniche sensibili. Infiltrazioni d'acqua nell'unità BESS che provocano guasti elettrici. Danni alle apparecchiature elettriche (ad esempio, quadri di parallelo, interruttori di trasferimento) causati da fulmini o sbalzi di tensione (a seguito di un'interruzione di corrente). Interruzione del servizio in caso di carenza di energia elettrica o blackout (causati da danni alla rete elettrica durante le tempeste). | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Erosione costiera Erosione del suolo | <ul style="list-style-type: none"> L'erosione del suolo aumenta il deflusso dell'acqua e, di conseguenza, il rischio di movimenti del terreno che possano danneggiare l'impianto BESS e le altre infrastrutture interconnesse (linee di trasmissione e strade di accesso). | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Innalzamento del livello del mare Intrusione salina | <ul style="list-style-type: none"> L'immersione di batterie e dispositivi elettronici in acqua può causare cortocircuiti e corrosione. Cedimenti delle fondamenta e abbassamento del terreno delle unità BESS (causati dall'innalzamento del livello della falda freatica). L'aumento della salinità accelera i processi di corrosione delle parti metalliche e dei componenti elettronici. | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |
| Siccità | <ul style="list-style-type: none"> Periodi prolungati di siccità creano condizioni di aridità e ritiro del terreno che possono causare problemi/instabilità alle fondamenta (soprattutto se seguiti da forti piogge). La ridotta disponibilità di acqua per i sistemi di raffreddamento potrebbe influire sull'efficienza e sulla gestione termica dei sistemi di accumulo di energia (BESS). | | | |
| Sensibilità globale: Bassa | Componenti e processi del progetto | Input | Output | Sistemi interdipendenti |


FASE 2 • Analisi dettagliata




TABELLA 2.3b • Impatti climatici dei sistemi BESS (elenco non esaustivo).




| Aree di rischio (AR) | Impatti |
|--------------------------------------|---|
| AR1: Danni all'infrastruttura | Danni fisici: le celle della batteria, gli inverter e i sistemi di controllo possono guastarsi o non funzionare correttamente se esposti a temperature estreme o all'acqua. La struttura portante del sistema di accumulo di energia (BESS) può subire gravi danni se esposta a forti raffiche di vento e a grandi movimenti del terreno (in caso di frane/cedimento del terreno). |

| | |
|--------------------------------|---|
| AR2: Sicurezza e salute | Personale: Il rischio di esplosione può rappresentare una minaccia diretta per il personale che lavora con o in prossimità degli impianti. Possono inoltre sorgere rischi per la salute a causa dell'esposizione a sostanze chimiche o gas pericolosi rilasciati durante un evento termico (ad esempio un incendio boschivo), con conseguenze sia per i lavoratori che per le comunità limitrofe. |
| AR3: Ambiente | Inquinamento: il rilascio di inquinanti e materiali tossici da batterie danneggiate durante eventi termici può causare la contaminazione del suolo e dell'acqua, rappresentando un rischio per gli ecosistemi e le fonti idriche locali. Riduzione della vita utile: le temperature estreme possono ridurre la durata di vita utile delle batterie, aggravando le problematiche ambientali relative al loro smaltimento e riciclaggio. |
| AR4: Impatti sociali | Implicazioni sociali: le interruzioni nei sistemi di accumulo di energia a batteria possono avere ripercussioni su servizi e settori critici che dipendono da una fornitura energetica stabile e affidabile. Ciò include strutture sanitarie, centri dati e servizi di emergenza, dove le interruzioni possono compromettere l'assistenza ai pazienti, l'integrità dei dati e la sicurezza pubblica. |
| AR5: Impatti finanziari | Costi di O&M: gli eventi meteorologici estremi aumenteranno i costi di riparazione (per i componenti danneggiati). L'aumento dei costi operativi può derivare da: (i) cambiamenti cronici nei modelli meteorologici che riducono la durata della vita utile delle batterie, con conseguente aumento della frequenza di sostituzione; (ii) maggiori esigenze di manutenzione dell'aria condizionata e dei server; (iii) fluttuazioni dei costi di ricarica. |
| AR6: Reputazione | Affidabilità e fiducia: ripetuti guasti o incidenti di sicurezza nei sistemi di accumulo di energia a batteria possono danneggiare la reputazione dei gestori dell'impianto. Investitori e clienti potrebbero perdere fiducia nell'affidabilità e nella sicurezza delle soluzioni di accumulo di energia. Responsabilità ambientale e percezione pubblica: le problematiche ambientali, come lo smaltimento e il riciclaggio delle batterie, possono influenzare la reputazione della tecnologia e dei suoi produttori, nonché l'immagine del marchio. |

TABELLA 2.3c • Sistemi di accumulo di energia a batteria (BESS): elenco indicativo di soluzioni di adattamento, ove necessario

| Rischio climatico |  Piano e fattibilità |  Progettazione e costruzione |  Funzionamento e manutenzione |
|---|---|--|--|
| Ondata di calore | <ul style="list-style-type: none"> Garantire la scalabilità per adattare la capacità in base alle mutevoli condizioni climatiche e all'evoluzione del fabbisogno energetico. | <ul style="list-style-type: none"> Implementare sistemi avanzati di gestione termica, come il raffreddamento a liquido o soluzioni di raffreddamento passivo, per regolare le temperature all'interno del BESS. Progettare e costruire contenitori robusti e sigillati per componenti critici come moduli batteria, inverter e sistemi di controllo. Per i componenti esposti ad alte temperature, utilizzare materiali resistenti al calore. Integrare elementi paesaggistici e strutture ombreggianti per ridurre l'impatto diretto della luce solare sul sistema di accumulo di energia (BESS). | <ul style="list-style-type: none"> Eseguire ispezioni di routine per individuare segni di usura, soprattutto nei componenti sensibili al calore. Installare sistemi di monitoraggio per tracciare continuamente le variazioni di temperatura e fornire dati in tempo reale. Sviluppare e implementare protocolli operativi specifici per condizioni di alta temperatura, comprese le regolazioni delle portate di scarico e l'ottimizzazione del sistema di raffreddamento. |
| Alluvione Mareggiata Forti precipitazioni | <ul style="list-style-type: none"> Evitare le zone soggette ad allagamenti. | <ul style="list-style-type: none"> Costruire i componenti del sistema BESS su fondamenta o piattaforme sopraelevate. Progettare e costruire contenitori impermeabili per componenti critici come moduli batteria, inverter e sistemi di controllo. Sigillare i punti di ingresso dei cavi con raccordi a tenuta stagna per impedire l'infiltrazione di acqua nei componenti elettrici. Installare barriere e argini contro le inondazioni intorno al sito BESS per deviare o contenere le acque alluvionali. | <ul style="list-style-type: none"> Effettuare valutazioni periodiche del rischio di alluvioni per identificare i cambiamenti nei fattori di rischio e aggiornare di conseguenza i piani di intervento in caso di emergenza. Installare regolatori automatici del livello dell'acqua e arrestare il funzionamento al raggiungimento delle soglie critiche. |
| Incendio boschivo | <ul style="list-style-type: none"> Nella scelta del sito, si tenga conto della vicinanza alle zone ad alto rischio di incendi boschivi. | <ul style="list-style-type: none"> Installare sistemi antincendio. Progettare spazi adeguati intorno agli impianti BESS riducendo al minimo la vegetazione e integrando fasce tagliafuoco. Realizzare involucri ignifughi per i componenti critici, come i moduli batteria, al fine di proteggerli dal calore radiante e dall'esposizione diretta alle fiamme. Integrare fasce tagliafuoco nella planimetria del sito. | <ul style="list-style-type: none"> Preparare piani antincendio che includano il monitoraggio continuo e i sistemi di allerta precoce. Pianificare il coordinamento e l'addestramento delle squadre antincendio per affrontare incendi di grandi dimensioni di origine elettrica/chimica legati a sistemi di accumulo di energia (BESS). Monitorare e gestire la crescita della vegetazione per prevenire l'accumulo di materiali infiammabili. Garantire un approvvigionamento idrico adeguato e affidabile per le attività antincendio. |

| Rischio climatico |  Piano e fattibilità |  Progettazione e costruzione |  Funzionamento e manutenzione |
|--|--|--|---|
| Ondata di freddo | <ul style="list-style-type: none"> Garantire la scalabilità per adattare la capacità in base alle mutevoli condizioni climatiche e all'evoluzione del fabbisogno energetico. Scegliere siti che offrano una migliore protezione dalle basse temperature. | <ul style="list-style-type: none"> Utilizzare materiali resistenti alle basse temperature o integrare l'isolamento termico per i componenti critici, inclusi i moduli batteria e i sistemi elettrici. Installare impianti di riscaldamento, se necessario. | <ul style="list-style-type: none"> Implementare funzionalità di controllo remoto per consentire lo spegnimento / l'arresto sicuro dei sistemi BESS in caso di minaccia di incendi boschivi. Definire protocolli per le basse temperature relativi alle attività operative, compresi gli adeguamenti alle portate di scarico e ai programmi di manutenzione. Implementare sistemi di monitoraggio remoto per tracciare continuamente le variazioni di temperatura e fornire dati in tempo reale. Elaborare strategie per la gestione della neve, compresi piani di rimozione della neve per i punti di accesso e le attrezzature critiche. |
| Frana Valanga Cedimento | <ul style="list-style-type: none"> Evitare le aree soggette a frane/erosione e valutare la possibilità di ricollocare il progetto in caso di rischi estremi. | <ul style="list-style-type: none"> Attuare misure di stabilizzazione dei pendii. Adottare fondamenta più solide. Progettare sistemi di drenaggio efficaci, come drenaggi sotterranei e canali di deviazione delle acque superficiali, per migliorare le condizioni di stabilità delle regioni soggette a frane. | <ul style="list-style-type: none"> Monitorare le aree soggette a frane, valanghe e cedimenti del terreno. Favorire la crescita della vegetazione, come erbe, arbusti e alberi, per contribuire a stabilizzare il suolo e i pendii, rafforzando le radici e migliorando l'assorbimento dell'acqua. Potenziare i sistemi di drenaggio naturali, come fossi di scolo, canali di drenaggio biologici e bacini di infiltrazione. |
| Venti estremi (inclusi tempeste, uragani e tornado) | <ul style="list-style-type: none"> Selezionare siti meno esposti a cicloni e uragani oppure valutare la possibilità di ricollocare il progetto in caso di rischio estremo non mitigato. | <ul style="list-style-type: none"> Progettare strutture BESS che soddisfino o superino le migliori pratiche e gli standard in materia di resistenza al vento. Fissare i componenti critici come i moduli batteria, gli inverter e i sistemi di controllo per evitare che si spostino durante le tempeste. Installare sistemi di protezione contro i fulmini per proteggersi da potenziali scariche elettriche. Progettare e costruire involucri resistenti alle intemperie per i componenti critici, al fine di proteggerli da pioggia battente e detriti. | <ul style="list-style-type: none"> Eseguire ispezioni di routine per individuare segni di usura. Implementare sistemi di monitoraggio automatizzati delle condizioni meteorologiche per fornire dati in tempo reale che consentano risposte e interventi tempestivi in caso di eventi estremi. Garantire la disponibilità di sistemi di alimentazione di riserva per assicurare che le operazioni e le comunicazioni critiche rimangano operative durante le interruzioni di corrente. |
| Erosione costiera Erosione del suolo | <ul style="list-style-type: none"> Evitare le zone costiere e le aree soggette a erosione dopo aver consultato il piano di difesa e | <ul style="list-style-type: none"> Considerare opere civili di protezione per salvaguardare l'impianto BESS. | <ul style="list-style-type: none"> Aumentare e mantenere la vegetazione per prevenire l'erosione. |

| Rischio climatico |  Piano e fattibilità |  Progettazione e costruzione |  Funzionamento e manutenzione |
|--|--|---|---|
| | <p>gestione costiera elaborato dalle autorità pubbliche.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Costruire muri di contenimento, terrazzamenti o argini per controllare l'erosione del suolo e ridurre la deriva del terreno. ▪ Installare geotessili e teli per il controllo dell'erosione sui pendii erosi. ▪ Aumentare la profondità delle trincee per i cavi sotterranei. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistemi di monitoraggio e allerta delle zone costiere. |
| Innalzamento del livello del mare Intrusione salina | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Effettuare una valutazione dettagliata dell'innalzamento previsto del livello del mare nella regione e valutare, se necessario, un eventuale trasferimento. ▪ Integrare le proiezioni sull'innalzamento del livello del mare nella pianificazione a lungo termine dell'impianto. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Progettazione di opere di protezione costiera (muri frangiflutti, dighe, opere di rivestimento). ▪ Utilizzare materiali e rivestimenti anticorrosivi. ▪ Ottimizzare l'altitudine e la disposizione del sito per ridurre al minimo il rischio di intrusione salina. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizzare sistemi di allerta precoce e monitoraggio integrato delle zone costiere. ▪ Ripristinare e proteggere le zone cuscinetto naturali, come le mangrovie o le zone umide. ▪ Monitorare le condizioni dei rivestimenti e dei materiali protettivi per garantirne l'efficacia. |
| Siccità | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Individuare fonti idriche alternative o implementare tecnologie per il risparmio idrico al fine di ridurre la dipendenza dalle risorse idriche locali. ▪ Valutare il potenziale impatto dell'utilizzo dell'acqua da parte del sistema BESS sulle risorse idriche locali durante i periodi di siccità. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementare sistemi di raffreddamento a basso consumo idrico, come il raffreddamento a circuito chiuso, per ridurre al minimo il consumo di acqua. ▪ Installare sistemi di riciclo dell'acqua per riutilizzare e trattare l'acqua all'interno del sistema di accumulo di energia (BESS), riducendo la domanda complessiva di acqua. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimanere aggiornati sui nuovi sistemi di raffreddamento delle apparecchiature, ottimizzati per l'efficienza, che riducono il fabbisogno idrico senza compromettere le prestazioni. ▪ Installare sistemi antincendio a secco che non dipendano dall'acqua, riducendo così il fabbisogno idrico durante le emergenze incendio. |