

Materiale Didattico SuPeRBE

2 RBE Sistema di Valutazione

Area di specializzazione:
2.1 Metodo RBE

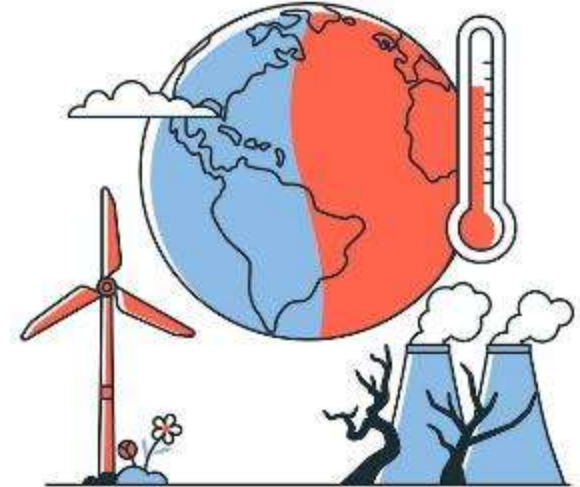
Livello di Competenza: 3

Cos'è il metodo RBE?

Il metodo RBE costituisce la base metodologica del Sistema di Valutazione RBE. È un approccio di analisi multi-criteri sviluppato per valutare il rischio climatico a scala edilizia e di quartiere. Basato sul modello concettuale delle catene di impatto, il metodo genera un punteggio di rischio complessivo per una determinata area e un insieme di indicatori complementari che dettagliano il livello di rischio legato al clima in specifiche categorie di rischio e settori urbani.

Perché è necessario il metodo RBE?

- Mancanza di strumenti di valutazione a scala edilizia e di quartiere.
- I quadri di sostenibilità esistenti non sono adatti per la valutazione del rischio climatico.
- Richiesta di strumenti comparabili, adattabili e orientati al supporto decisionale per l'adattamento climatico.



Perché è necessario il metodo RBE?

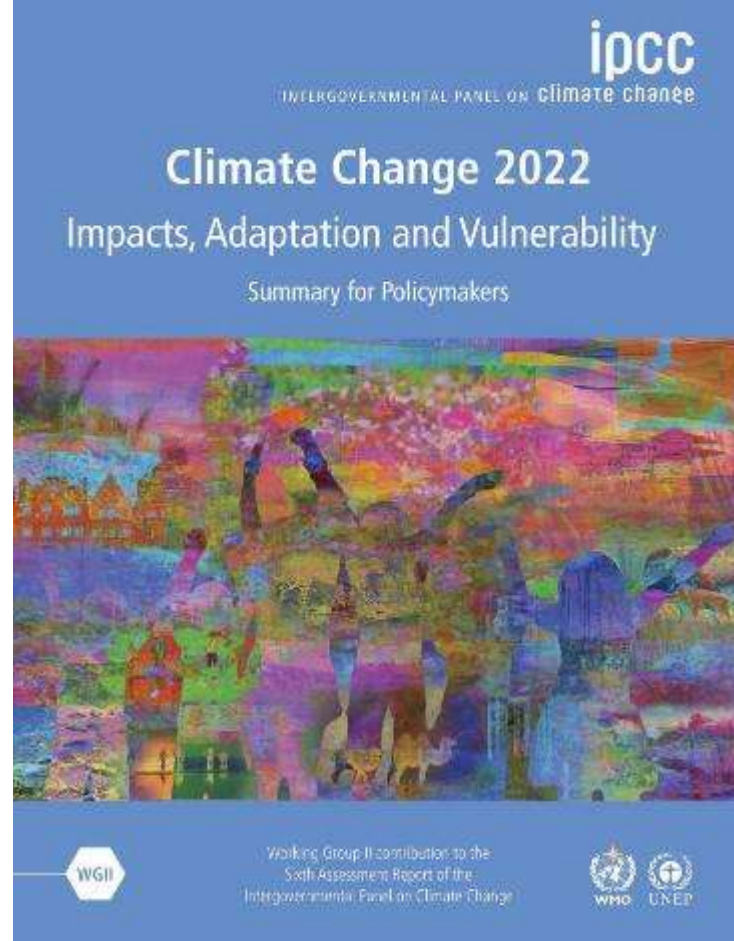
- Mancanza di strumenti di valutazione del rischio climatico a scala edilizia e di quartiere.
- I quadri di sostenibilità esistenti non sono adatti per la valutazione del rischio climatico perché non in linea con l'approccio al rischio dell'IPCC.
- Necessità di strumenti comparabili, adattabili e orientati al supporto decisionale per l'adattamento climatico.



IPCC AR6

Il metodo RBE si basa sul concetto di rischio dell'IPCC AR6. L'IPCC AR6, ovvero il Sesto Rapporto di Valutazione del Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento Climatico, rappresenta la più recente valutazione completa delle conoscenze scientifiche sul cambiamento climatico.

L'IPCC AR6 fornisce un concetto di rischio dettagliato e ricco di sfumature in relazione al cambiamento climatico. Il rapporto si basa sul quadro di rischio stabilito nei precedenti rapporti IPCC, ma lo affina ulteriormente per tenere conto delle complesse interazioni tra pericoli climatici, esposizione e vulnerabilità.



Rischio legato al cambiamento climatico

L'AR6 dell'IPCC fornisce un concetto di rischio dettagliato e sfaccettato in relazione ai cambiamenti climatici. Il rapporto si basa sul quadro di riferimento del rischio stabilito nelle precedenti valutazioni dell'IPCC, ma lo perfeziona ulteriormente per tenere conto delle complesse interazioni tra **pericoli climatici**, **esposizione** e **vulnerabilità**.

$$R = H \times V \times W_H \times W_V \times W_{HV}$$

Metodo RBE: Caratteristiche principali

Multiscala

I settori urbani sono armonizzati tra RNTool e RBTool, consentendo un utilizzo coerente dei dati e una pianificazione coordinata a diverse scale. Ciò garantisce che le misure a livello edilizio contribuiscano agli obiettivi di resilienza urbana e che le strategie di quartiere siano informate dalle vulnerabilità degli edifici.

Misurabile

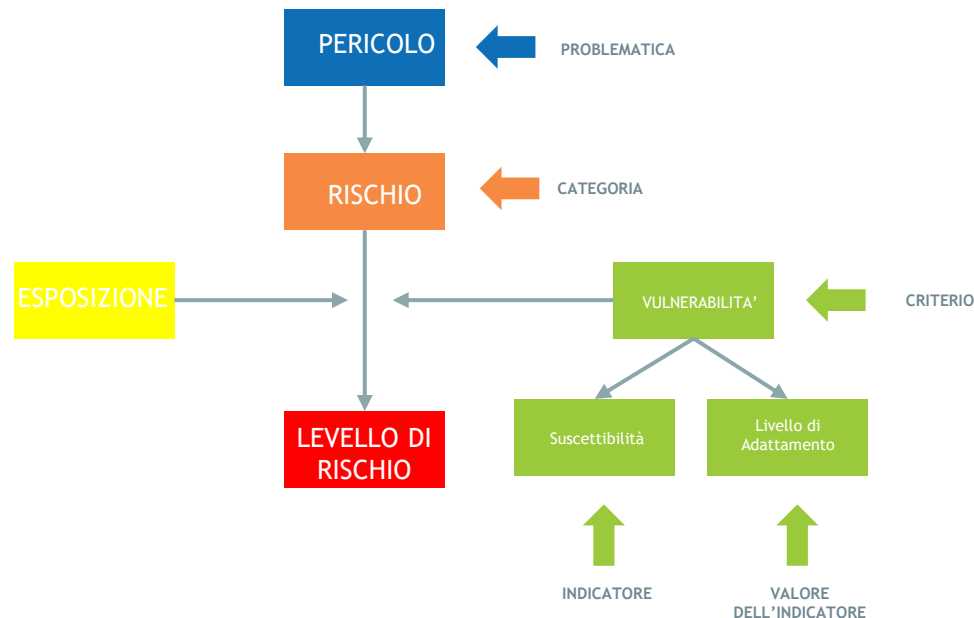
Il Metodo RBE si basa su criteri e indicatori chiaramente definiti e misurabili. Il metodo è contestualizzabile, consentendo di adattarlo alle condizioni locali e alla disponibilità dei dati. Ciò garantisce una diagnosi più accurata e significativa dei rischi legati al clima, supportando decisioni basate su evidenze.

Struttura Modulare

La struttura modulare consente di applicare il metodo RBE a diversi tipi di edifici e aree urbane. Gli utenti possono adattare i parametri di riferimento e la rilevanza degli indicatori in base a specifiche priorità locali.

Catene d'Impatto

Il metodo RBE prevede l'applicazione del modello concettuale delle catene di impatto per identificare i criteri e gli indicatori più appropriati al fine di valutare le 3 componenti chiave del rischio climatico (Pericolo, Esposizione e Vulnerabilità) alla scala edilizia e urbana di piccole dimensioni. Vengono tracciate le relazioni di causa-effetto ed è facilitata la comunicazione dei risultati. Questo approccio consente la creazione di un sistema di valutazione con entità numeriche, in cui a ciascun elemento della matrice del rischio climatico (pericolo, esposizione, vulnerabilità) viene attribuito un valore.



Tre assi della valutazione del rischio

Pericolo

Il metodo RBE considera sia i pericoli legati al clima sia quelli non legati al clima. I pericoli legati al clima comprendono eventi meteorologici estremi (ad es. caldo estremo, siccità, precipitazioni intense) così come processi climatici a lenta insorgenza (ad es. innalzamento del livello del mare). I pericoli non legati al clima includono quelli innescati dai pericoli climatici (ad es. frane, eventi biologici).

Esposizione

L'esposizione descrive chi o cosa è esposto. Secondo l'IPCC, l'esposizione è la presenza di persone, mezzi di sussistenza, specie o ecosistemi, funzioni ambientali, servizi e risorse, infrastrutture o beni economici, sociali o culturali in luoghi e contesti che potrebbero essere negativamente colpiti (IPCC, 2021a).

Vulnerabilità

La vulnerabilità rappresenta la predisposizione di un elemento esposto a subire effetti negativi. I suoi aspetti riguardano i fattori che incidono sulla suscettibilità di tale elemento nei confronti di un pericolo climatico, contribuendo ad aumentare o ridurre il rischio associato. Tali fattori non sempre coincidono con caratteristiche intrinseche dell'elemento stesso, ma possono comunque influenzarne in modo significativo il livello di rischio.

Pericoli

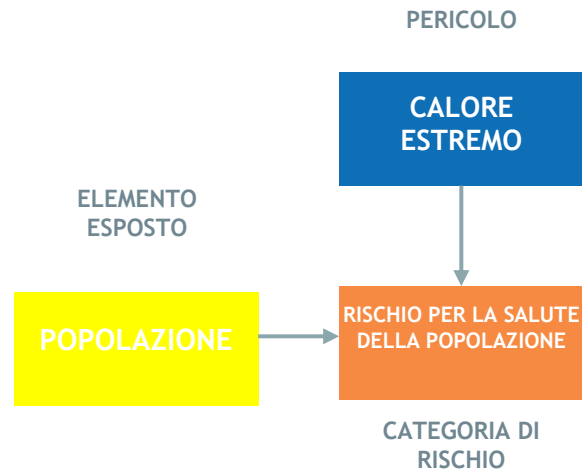
Pericoli	Descrizione
Precipitazioni intense	Evento di precipitazione marcata che si verifica in un periodo di 1h, 3h, 6h, 12h, 24h o 48h, con un totale di precipitazione superiore a una certa soglia definita per una determinata località. Sotto-pericoli: pioggia intensa, monzone, forte nevicata, nebbia, grandine
Alluvioni	L'esondazione dei normali confini di un corso d'acqua o di un altro corpo idrico, oppure l'innalzamento temporaneo del livello del mare o di un lago che provoca l'inondazione di terre emerse. Sotto-pericoli: alluvione lampo/superficiale, alluvione fluviale, alluvione costiera, alluvione da falda
Caldo estremo	Riscaldamento marcato dell'aria o invasione di aria molto calda, su un'ampia area, della durata da pochi giorni a qualche settimana. Sotto-pericoli: ondata di calore, giorni estremamente caldi
Siccità	Periodo di tempo insolitamente secco, sufficientemente lungo da causare un grave squilibrio idrologico, che può comportare squilibri idrici a lungo termine e risorse idriche insufficienti a soddisfare i fabbisogni medi a lungo termine
Tempeste	Disturbo atmosferico che può manifestarsi con venti forti e accompagnato da pioggia, neve o altre precipitazioni, e da tuoni e fulmini. Sotto-pericoli: vento forte, tornado, ciclone, tempesta extra-tropicale, tempesta tropicale, marea di tempesta, fulmine/temporale
Freddo estremo	Raffreddamento marcato dell'aria o invasione di aria molto fredda su un'ampia area
Incendi boschivi	Qualsiasi combustione o incendio non controllato e non prescritto di piante in un ambiente naturale come foreste, praterie, macchia o tundra, che consuma i combustibili naturali e si diffonde in base alle condizioni ambientali. Sotto-pericoli: incendio forestale, incendio di terreno
Innalzamento del livello del mare	Aumento a lungo termine del livello medio dei mari del mondo, che comporta un'inondazione permanente
Cambiamento chimico	Modifiche nella composizione chimica usuale dell'aria, dell'acqua o del suolo, ad es. cambiamento delle concentrazioni atmosferiche di CO ₂ , acidificazione degli oceani, intrusione di acqua salata
Movimento di massa	Qualsiasi tipo di movimento in discesa dei materiali terrestri. Sotto-pericoli: frana, valanga, caduta massi, subsidenza, degrado del suolo, erosione del suolo
Pericoli biologici	Esposizione a organismi viventi e alle loro sostanze tossiche o a malattie trasmesse da vettori che possono veicolare; esempi: fauna e insetti velenosi, piante tossiche, zanzare portatrici di agenti patogeni

Settori Urbani

Settore Urbano	
1. Edifici	Si riferisce a qualsiasi struttura o gruppo di strutture (municipali/residenziali/terziarie, pubbliche/private), agli spazi circostanti, permanentemente costruite o erette sul sito
2. Trasporti	Include reti di trasporto stradale, ferroviario, aereo e marittimo e le relative infrastrutture (es. strade, ponti, snodi, gallerie, porti e aeroporti)
3. Energia	Si riferisce al servizio di approvvigionamento energetico e alle infrastrutture correlate (produzione, trasmissione e reti di distribuzione, tutti i tipi di energia)
4. Acqua	Si riferisce al servizio di approvvigionamento idrico e alle infrastrutture correlate. Copre anche l'uso dell'acqua e il sistema di gestione delle acque (reflue, meteoriche), inclusi fognature, drenaggi e impianti di trattamento
5. Rifiuti	Include le attività legate alla gestione dei rifiuti (compresa la raccolta, il trattamento e lo smaltimento)
6. Agricoltura e silvicoltura	Include terreni classificati/designati per uso agricolo e forestale. Comprende allevamento, acquacoltura, agroforestazione, apicoltura, orticoltura e altre attività di gestione e servizi agricoli e forestali nell'area
7. Ambiente e biodiversità	"Ambiente" si riferisce ai paesaggi verdi e blu, alla qualità dell'aria, compreso l'hinterland urbano. "Biodiversità" indica la varietà della vita in una regione specifica, misurabile come varietà all'interno delle specie, tra le specie e varietà di ecosistemi
8. Salute	Si riferisce al benessere umano. Include anche il servizio sanitario e le infrastrutture correlate (es. ospedali)
9. Protezione civile e emergenza	Si riferisce al funzionamento dei servizi di protezione civile ed emergenza da parte o per conto delle autorità pubbliche (es. autorità di protezione civile, polizia, vigili del fuoco, ambulanze, servizi di pronto soccorso e medicina d'emergenza)
10. Turismo	Si riferisce alle attività di persone che viaggiano e soggiornano in luoghi al di fuori del loro ambiente abituale
11. ICT	Si riferisce ai diversi tipi di reti di comunicazione e alle tecnologie utilizzate in esse
12. Sistemi economici	Si riferisce all'insieme delle attività economiche, delle infrastrutture finanziarie e delle reti commerciali

Categorie di Rischio

Una "Categoria di rischio" rappresenta il tipo specifico di rischio che deriva dall'interazione tra un Pericolo climatico definito e un Elemento Esposto all'interno di un Sistema Urbano. Ad esempio, la correlazione tra il pericolo "Calore estremo" e l'Elemento Esposto "Popolazione" dà origine alla Categoria di rischio "Rischio per la salute della popolazione".



Categorie di Rischio

Definendo una specifica Categoria di rischio per ogni combinazione di Pericolo ed Elemento Esposto, il Sistema di Valutazione RBE consente alle città di identificare esattamente chi o cosa è a rischio e perché. Questo approccio mirato supporta lo sviluppo di strategie di adattamento personalizzate, applicabili a diverse scale spaziali, come edifici e quartieri, e aiuta a chiarire quale istituzione o dipartimento è responsabile dell'azione

Pericolo	Sistemi Urbani					
	Ambiente Costruito		Salute		Trasporti	
	Elementi Esposti					
	Edifici Residenziali	Edifici Pubblici	Popolazione	Strutture Sanitarie	Rete Stradale	Rete Ferroviaria
Caldo Estremo	Categoria di Rischio 1	Categoria di Rischio 2	Categoria di Rischio 3	Categoria di Rischio 4	Categoria di Rischio 5	Categoria di Rischio 6
Forti Precipitazioni	Categoria di Rischio 7	Categoria di Rischio 8	Categoria di Rischio 9	Categoria di Rischio 10	Categoria di Rischio 11	Categoria di Rischio 12

Il metodo RBE in relazione alle condizioni future

Il metodo RBE può essere utilizzato per valutare il livello di rischio climatico in relazione alle future condizioni climatiche, selezionando i valori del pericolo che riflettono accuratamente i cambiamenti climatici previsti nel tempo. Ciò comporta la valutazione dei potenziali pericoli basata su proiezioni future, come l'aumento della temperatura, i cambiamenti nei modelli di precipitazione e la frequenza o intensità di eventi meteorologici estremi. Queste proiezioni possono essere derivate da modelli come quelli riportati nei rapporti dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in particolare nei Representative Concentration Pathways (RCPs).



Struttura del Metodo RBE

Il metodo RBE organizza i suoi componenti in livelli gerarchici annidati (5):

Livello 1	Pericolo
Livello 2	Sistemi Urbani
Livello 3	Categorie di Rischio
Livello 4	Criteri
Livello 5	Indicatore

Struttura del Metodo RBE

Livello 1 : corrisponde ai Pericoli, tradotti in un Tema strategico. I Temi sono al vertice della gerarchia e contengono al loro interno le Macro Categorie corrispondenti ai 12 Sistemi Urbani. A livello di Tema, i Pericoli sono classificati in base alle lettere. Ad esempio: A. Precipitazioni intense, B. Alluvioni, C. Calore estremo, D. Siccità, ecc.

A	PROBLEMA (Pericolo)
---	---------------------



Pericolo	
A-P1	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo
A-P2	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo
A-Pn	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo

Livello 2 : corrisponde ai Sistemi Urbani, tradotti in "Macro Categorie". Le Macro Categorie contengono al loro interno le Categorie di Rischio e sono classificate in ordine numerico. Ad esempio: A1. Edifici, A2. Trasporti, A3. Energia, ecc.

A	PROBLEMA (Pericolo)
A1	MACRO CATEGORIA (Sistemi Urbani)



Pericolo	
A-P1	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo
A-P2	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo
A-Pn	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo

Struttura del Metodo RBE

Livello 3 :corrisponde alle **Categorie di Rischio**.
Le Categorie di Rischio contengono al loro interno i criteri di vulnerabilità ed esposizione e sono classificate in ordine numerico. Ad esempio: A1.1 Rischio di danno per edifici residenziali, A1.2 Rischio di danno per edifici pubblici, A1.3 Rischi di danno per edifici commerciali, ecc.

A	PROBLEMA (Pericolo)
A1	MACRO CATEGORIA (Sistemi Urbani)
A1.1	CATEGORIA DI RISCHIO (Elementi Esposti)



Pericolo	
A-P1	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo
A-P2	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo
A-Pn	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo

Livello 4 :corrisponde ai **Criteri di valutazione**.
Il metodo RBE include tre tipi di criteri: criteri di vulnerabilità e di esposizione, associati alle Categorie di Rischio, e criteri di pericolo, associati ai Temi.

A	PROBLEMA (Pericolo)
A1	MACRO CATEGORIA (Sistemi Urbani)
A1.1	CATEGORIA DI RISCHIO (Elementi Esposti)
VULNERABILITA'	
A1.1.1	Criterio di Vulnerabilità
ESPOSIZIONE	
A1.1-E1	Criterio di Esposizione



Pericolo	
A-P1	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo
A-P2	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo
A-Pn	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo

Struttura del Metodo RBE

Livello 5 :corrisponde agli Indicatori. Ciascun indicatore è associato a un criterio specifico (pericolo, esposizione o vulnerabilità) e viene utilizzato per quantificare le prestazioni rispetto a quel criterio. Gli indicatori possono essere sia quantitativi sia qualitativi. Un criterio può essere associato a un solo indicatore.

A	PROBLEMA (Pericolo)
A1	MACRO CATEGORIA (Sistemi Urbani)
A1.1	CATEGORIA DI RISCHIO (Elementi Esposti)
VULNERABILITA'	
A1.1.1	Criterio di Vulnerabilità

Criterio di Esposizione

ESPOSIZIONE	
A1.1-E1	Criterio di Esposizione

Indicatore di Esposizione



Hazard	
A-P1	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo
A-P2	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo
A-Pn	Criterio di Pericolo
	Indicatore di Pericolo

Struttura del Metodo RBE

Esempio:

A	Temperature Estreme (Pericolo)
A1	Edifici (Sistemi urbani)
A1.1	Rischio di danno per gli edifici residenziali (Elemento esposto)
VULNERABILITÀ	
A1.1.1	Capacità di infiltrazione superficiale
Quota di superfici permeabili vs impermeabili	
ESPOSIZIONE	
A1.1-E1	Densità edilizia
Numero di edifici per km ²	



Temperature Estreme	
A-P1	R20
	Numero di giorni con precipitazioni ≥ 20 mm
A-P2	SDII
	Indice di intensità giornaliera semplice
A-Pn	RX1DAY
	Totale massimo di precipitazione che cade in un solo giorno

Processo di valutazione del metodo RBE

Il processo di valutazione del metodo RBE consiste nei seguenti passaggi:

1. Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per ciascuna Categoria di Rischio
2. Calcolo del Valore di Esposizione (EV) per ciascuna Categoria di Rischio
3. Calcolo del Valore di Pericolo (HV) per ciascun Tema
4. Calcolo del Valore di Rischio per ciascuna Categoria di Rischio
5. Aggregazione dei Valori delle Categorie di Rischio per calcolare il Valore di Rischio delle Macro Categorie (Sistemi Urbani)
6. Aggregazione dei Valori delle Macro Categorie per calcolare il Valore di Rischio dei Temi (Pericoli)
7. Aggregazione dei Valori dei Temi per calcolare il Valore di Rischio Complessivo

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 1: Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per le Categorie di Rischio

Per calcolare il Valore di Vulnerabilità di una Categoria di Rischio:

- Si calcolano i valori degli indicatori quantitativi
- I valori calcolati vengono normalizzati nell'intervallo (0,1)
- Viene assegnato un punteggio normalizzato (0,1) agli indicatori qualitativi
- I punteggi degli indicatori quantitativi e qualitativi vengono aggregati tramite una somma ponderata

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 1: Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per le Categorie di Rischio

- Calcolo degli indicatori quantitativi

Si calcolano i valori degli indicatori quantitativi di vulnerabilità legati ai criteri associati alla Categoria di Rischio. Il risultato consiste in un insieme di quantità espresse in diverse unità di misura

Pericolo	Caldo Estremo	
Categoria di Rischio	Rischio per la Salute della Popolazione	
Criterio di Vulnerabilità	Indicatore	Valore Calcolato
Capacità delle superfici pavimentate di riflettere la radiazione solare	Indice medio di riflettanza solare delle superfici pavimentate nell'area	76
Disponibilità di Aree Verdi	Percentuale di spazi verdi sulla superficie totale dell'area urbana	15 %
Ombreggiatura delle Superfici Pavimentate	Percentuale di superfici pavimentate ombreggiate il 21 giugno alle 12:00	5 %

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 1: Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per le Categorie di Rischio

- Normalizzazione dei valori degli indicatori quantitativi

I valori calcolati degli indicatori quantitativi vengono normalizzati nell'intervallo (0,1). Il termine “normalizzazione” si riferisce alla trasformazione dei valori degli indicatori, misurati in unità diverse, in valori senza unità su una scala comune. L'intervallo di normalizzazione utilizzato nel metodo RBE è compreso tra 0 e 1, il più applicato negli studi sul rischio climatico in generale. Un valore pari a zero è definito come “ottimale”, nessun miglioramento necessario o possibile, mentre 1 è definito come “critico”

Valori di normalizzazione	Descrizione
0-0.2	Ottimale (Nessun miglioramento necessario)
>0.2-0.4	Piuttosto Positivo
>0.4-0.6	Neutrale
>0.6-0.8	Piuttosto Negativo
>0.8-1	Critica (Potrebbe portare a gravi conseguenze)

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 1: Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per le Categorie di Rischio

- Normalizzazione dei valori degli indicatori quantitativi

Per gli indicatori “più alto è meglio” (più alto è il valore numerico dell’indicatore, maggiore è il livello di prestazione), il valore viene normalizzato applicando la seguente formula

$$X_{norm} = \frac{x_{max} - x_i}{x_{max} - x_{min}}$$

Dove:

- x_i : valore dell’indicatore
- x_{min} = valore critico dell’indicatore (corrispondente al punteggio 1)
- x_{max} = valore ottimale dell’indicatore (corrispondente al punteggio 0)

I valori dell’indicatore peggiori di x_{min} saranno assegnati al valore x_{min} e i valori dell’indicatore superiori a x_{max} saranno assegnati al valore x_{max} .

Ad esempio, se il valore (x_i) dell’indicatore ‘indice medio di riflettanza solare delle superfici pavimentate nell’area’ è 14, con i seguenti parametri di riferimento:

- x_{max} (prestazione ottimale) = 58, parametro associato al punteggio 0
- x_{min} (prestazione critica) = 0, parametro associato al punteggio 1

Il valore normalizzato risultante sarà: $x_{norm} = 0,76$ (piuttosto negativo)

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 1: Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per le Categorie di Rischio

-Normalizzazione dei valori degli indicatori quantitativi

Per gli indicatori “più basso è meglio” (più basso è il valore numerico dell’indicatore, maggiore è il livello di prestazione), il valore viene normalizzato applicando la seguente formula:

$$X_{norm} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

Dove:

- x_i : valore dell’indicatore
- x_{min} = valore ottimale dell’indicatore (corrispondente al punteggio 0)
- x_{max} = valore critico dell’indicatore (corrispondente al punteggio 1)

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 1: Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per le Categorie di Rischio

Esempio: Normalizzazione degli indicatori quantitativi

Se il valore (X_i) dell'indicatore "Percentuale di superfici impermeabili nell'area" è pari all'85%, con i seguenti parametri di riferimento:

- $X_{\min}$ (prestazione ottimale) = 50 %, parametro associato al punteggio 0
- $X_{\max}$ (prestazione critica) = 100 %, parametro associato al punteggio 1

Il valore normalizzato risultante sarà: $X_{\text{norm}} = 0,7$ (piuttosto negativo)

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 1: Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per le Categorie di Rischio

-Normalizzazione dei valori degli indicatori quantitativi

Gli indicatori qualitativi, specificati da valori categorici (scenari), vengono normalizzati utilizzando uno schema di valutazione a cinque livelli.

Valori di Normalizzazione	Descrizione
0.1	Ottimale (Nessun miglioramento necessario)
0.3	Piuttosto Positivo
0.5	Neutrale
0.7	Piuttosto Negativo
0.9	Critica (Potrebbe portare a gravi conseguenze)

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 1: Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per le Categorie di Rischio

Esempio: Normalizzazione degli indicatori quantitativi

La tabella mostra i valori normalizzati in relazione agli scenari dell'indicatore qualitativo "Qualità della governance urbana".

Durante la fase di normalizzazione, deve essere selezionato lo scenario che riflette la situazione reale e assegnato il punteggio relativo all'indicatore.

Valori di Normalizzazione	Descrizione	Scenario
0.1	Ottimale (Nessun miglioramento necessario)	Governance climatica esemplare, con una strategia di adattamento consolidata e inclusiva, integrata in tutte le politiche urbane. Elevata collaborazione tra istituzioni, cittadini, organizzazioni private e comunità scientifica.
0.3	Piuttosto Positivo	Governance climatica ben organizzata e integrata nei processi di pianificazione urbana. Forte coordinamento tra tutti i dipartimenti e gli stakeholder. Partecipazione attiva della comunità e degli stakeholder nella pianificazione e nell'attuazione delle strategie di adattamento.
0.5	Neutrale	I piani climatici sono presenti e attuati con un buon livello di coordinamento. Esiste collaborazione tra le diverse entità, ma alcuni settori critici rimangono trascurati. Il coinvolgimento della comunità e degli stakeholder avviene solo in alcune decisioni.
0.7	Piuttosto Negativo	Esistono piani climatici formali, ma con scarso coordinamento tra i vari dipartimenti e stakeholder. Poca chiarezza su chi sia responsabile della gestione dei rischi climatici. Coinvolgimento della comunità e degli stakeholder limitato o assente.
0.9	Critica (Potrebbe portare a gravi conseguenze)	Governance climatica frammentata e inefficace. Mancanza di piani climatici chiari o strategie di adattamento. Scarsa collaborazione tra le diverse entità e assenza di coinvolgimento dei cittadini.

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 1: Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per le Categorie di Rischio

-Aggregazione dei valori normalizzati per calcolare il Valore di Vulnerabilità della Categoria di Rischio

Per calcolare il Valore di Vulnerabilità (VV) della Categoria di Rischio, i valori normalizzati degli indicatori vengono aggregati utilizzando una media aritmetica. Ne risulta il Valore di Vulnerabilità totale per la Categoria di Rischio:

$$VV = \sum_{i=1}^n (I_i \times W_i)$$

Dove:

- I_i è il valore normalizzato del i-esimo indicatore
- W_i è il peso associato al i-esimo indicatore
- n è il numero di indicatori considerati

I fattori di ponderazione devono rispettare le seguenti proprietà:

- $0 \leq W_i \leq 1$
- $\sum_{i=1}^n W_i = 1$

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 1: Calcolo del Valore di Vulnerabilità (VV) per le Categorie di Rischio

-Esempio: Aggregazione dei valori normalizzati per calcolare il Valore di Vulnerabilità della Categoria di Rischio

La Categoria di Rischio “Rischio per la Salute della Popolazione”, appartenente al Pericolo “Caldo Estremo”, contiene 3 criteri. Il criterio “Capacità delle superfici pavimentate di riflettere la radiazione solare” è stato considerato più rilevante rispetto agli altri 2 nella seguente tabella.

Pericolo	Ondate di Calore estremo		
Categoria di Rischio	Rischio per la Salute della Popolazione		
Criterio di Vulnerabilità	Indicatore	Valore Normalizzato	Peso
Capacità delle superfici pavimentate di riflettere la radiazione solare	Indice medio di riflettanza solare delle superfici pavimentate nell'area	0.65	0.5
Disponibilità di Aree Verdi	Percentuale di spazi verdi sulla superficie totale urbana	0.70	0.25
Ombreggiatura delle Superfici Pavimentate	Percentuale di superfici pavimentate ombreggiate il 21 giugno alle 12:00	0.40	0.25

Il Valore di Vulnerabilità (VV) della Categoria di Rischio risulta essere:

$$VV = (0,65 \cdot 0,5) + (0,70 \cdot 0,25) + (0,40 \cdot 0,25) = 0,6$$

Il risultato di questa fase è un insieme di Valori di Vulnerabilità (VV), uno per ciascuna Categoria di Rischio.

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 2: Calcolo del Valore di Esposizione (EV) per le Categorie di Rischio

Il Metodo RBE prevede l'assegnazione di un Valore di Esposizione (EV) a ciascuna Categoria di Rischio inclusa nella valutazione. Questo valore rappresenta la magnitudine degli elementi esposti, come illustrato nella seguente Tabella:

Estensione dell'esposizione	Valore dell'Esposizione (EV)
Minore	0,01-0,10
Bassa	0,11-0,20
Moderata	0,21-0,30
Critica	0,31-0,50
Maggiore	0,51-1

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 2: Calcolo del Valore di Esposizione (EV) per le Categorie di Rischio

- Normalizzazione degli indicatori quantitativi

Per determinare l'EV di una Categoria di Rischio, innanzitutto va calcolato il valore degli indicatori di esposizione associati e normalizzato nell'intervallo (0,1) applicando la procedura indicata nel paragrafo 4.3.1.2 (Normalizzazione dei valori degli indicatori quantitativi). Successivamente, l'EV viene calcolato utilizzando la seguente formula:

Dove:

$$EV = \sum_{i=1}^n (I_i \times W_i)$$

- I_i è il valore normalizzato del i-esimo indicatore di esposizione
- W_i è il peso associato al i-esimo indicatore di esposizione
- n è il numero di indicatori di esposizione considerati.
- I diversi pesi assegnati agli indicatori di esposizione possono derivare dalla letteratura esistente, dalle informazioni degli stakeholder o dalla ponderazione degli esperti. Per normalizzare l'indicatore, è necessario determinare i valori corrispondenti ai livelli di esposizione ottimali (0) e critici (1).

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 2: Calcolo del Valore di Esposizione (EV) per le Categorie di Rischio

Normalizzazione dei valori degli indicatori quantitativi

Per gli indicatori del tipo “più basso è meglio” (cioè, quanto più basso è il valore numerico dell’indicatore, tanto più alto è il livello di prestazione), il valore viene normalizzato applicando la seguente formula:

$$X_{norm} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

dove:

- x_i = valore dell’indicatore
- x_{min} = valore ottimale dell’indicatore (corrispondente al punteggio 0)
- x_{max} = valore critico dell’indicatore (corrispondente al punteggio 1)

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 2: Calcolo del Valore di Esposizione (EV) per le Categorie di Rischio

Esempio

La tabella sottostante illustra i Valori di Esposizione assegnati alle Categorie di Rischio, considerando un indicatore di esposizione associato a ciascuna Categoria di Rischio.

Pericolo	Categoria di Rischio	Elemento esposto	Indicatore di esposizione	Valore di esposizione
Caldo Estremo	Rischio per la salute della popolazione	Popolazione	Densità di popolazione (n/Km^2)	0,32 (critico)
	Rischio di danni agli edifici residenziali	Edifici residenziali	Percentuale di edifici residenziali con oltre 50 anni (%)	0,7 (maggiore)
Precipitazioni intense	Capacità di drenaggio delle reti stradali	Rete stradale	Lunghezza totale delle strade in zone soggette a inondazioni (Km)	0,18 (basso)

Il risultato di questa fase è un insieme di Valori di Esposizione (EV), uno per ciascuna Categoria di Rischio.

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 3: Calcolo del Valore di Pericolo (HV) per le Problematiche

Il Metodo RBE prevede l'assegnazione di un Valore di Pericolo (HV) a ciascuna Questione (Pericolo) inclusa nella valutazione. Questo valore rappresenta la rilevanza del pericolo in relazione al contesto locale, come definito nella tabella sottostante.

Evento pericoloso		Valore di Pericolo (HV)	
Frequente	Probabile che si verifichi nel corso della vita (ogni 0-10 anni)	Molto probabile	1-0,9
Probable	Probabile che si verifichi più volte nella vita (ogni 0-25 anni)	Probabile	0,89-0,66
Occasional	Probabile che si verifichi qualche volta nella vita (ogni 0-50 anni)	Possibile	0,65-0,33
Remote	Improbabile, ma comunque possibile nel corso della vita (ogni 0-100 anni)	Improbabile	0,32-0,0

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 3: Calcolo del Valore di Pericolo (HV) per le Problematiche

Il Valore di Pericolo deve essere assegnato utilizzando le informazioni contenute nei SECAP.

Se le informazioni non sono disponibili:

- il Valore di Pericolo (HV) viene assegnato dagli esperti
- il Valore di Pericolo (HV) viene assegnato attraverso il calcolo, la normalizzazione e l'aggregazione di specifici criteri di Pericolo. Per quanto riguarda la seconda opzione, la tabella mostra un esempio di Criteri di Pericolo per il Tema "Caldo estremo".

Tema	Caldo Estremo
Criteri di Pericolo	Indicatori
SU25 (giorni estivi)	Numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera superiore a 25 °C
SU30 (giorni caldi)	Numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera superiore a 30 °C
TMAX	Temperatura massima giornaliera (°C)
TR20 (notti tropicali)	Numero di giorni all'anno con temperatura minima giornaliera superiore a 20 °C
HW	Numero di giorni all'anno con temperatura massima giornaliera superiore a 30 °C

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 3: Calcolo del Valore di Pericolo (HV) per le Problematiche

Per determinare l'HV di un Tema, il valore degli indicatori di pericolo associati deve essere calcolato e normalizzato nell'intervallo (0,1). Successivamente, l'HV viene calcolato utilizzando la seguente formula:

$$HV = \sum_{i=1}^n (I_i \times W_i)$$

Dove:

- I_i è il valore normalizzato del i-esimo indicatore
- W_i è il peso associato al i-esimo indicatore
- n è il numero di indicatori considerati

I diversi pesi assegnati agli indicatori di pericolo possono derivare dalla letteratura esistente, dalle informazioni degli stakeholder o dalla ponderazione degli esperti.

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 3: Calcolo del Valore di Pericolo (HV) per le Problematiche

Esempio

Supponendo di condurre la valutazione del rischio per una città dell'Europa Centrale, riportata di seguito mostra i Valori di Pericolo assegnati dopo la consultazione del relativo SECAP.

Pericolo	Valore di Pericolo (HV)
Calore Estremo	0,8 (Alto)
Precipitazioni intense	0,6 (Moderato)
Tempeste	0,5 (Moderato)

Il risultato di questa fase è un insieme di Valori di Pericolo (HV), uno per ciascun Tema.

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 4: Calcolo del Valore di Rischio della Categoria

A questo punto del processo, ciascuna Categoria di Rischio è caratterizzata da:

- un Valore di Pericolo (HV)
- un Valore di Esposizione (EV)
- un Valore di Vulnerabilità (VV)

L'ultimo passaggio consiste nell'aggregazione di questi 3 componenti del rischio mediante una media geometrica ponderata, al fine di calcolare il valore di rischio di ciascuna Categoria di Rischio.

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 4: Calcolo del Valore di Rischio della Categoria

$$\text{Valore Categoria di Rischio} = (HV^{W_{HV}} \times EV^{W_{EV}} \times VV^{W_V})^{1/\sum W}$$

Dove:

- HV è il Valore di Pericolo
- EV è il Valore di Esposizione
- VV è il Valore di Vulnerabilità
- W^{HV} è il peso associato a HV
- W^{EV} è il peso associato a EV
- W^V è il peso associato a VV

Assumendo che i pesi rispettino le seguenti proprietà:

$$0 \leq W_i \leq 1$$

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

$$\text{Valore Categoria di Rischio} = HV^{W_{HV}} \times EV^{W_{EV}} \times VV^{W_V}$$

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 4: Calcolo del Valore di Rischio della Categoria

Esempio

Per calcolare il valore di rischio della categoria “Rischio per la salute degli abitanti” vengono utilizzati i seguenti valori:

- Valore di Pericolo (HV) = 0,68
- Peso di HV (WHV) = 0,25
- Valore di Esposizione (EV) = 0,35
- Peso di EV (WEV) = 0,25
- Valore di Vulnerabilità (VV) = 0,6
- Peso di VV (WV) = 0,5

Il valore della categoria di rischio “Rischio per la salute degli abitanti” risulta essere:

- Valore di rischio della categoria = $(0,68^{0,25} \times 0,35^{0,25} \times 0,6^{0,5}) = 0,54$

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 5: Aggregazione dei Valori delle Categorie di Rischio per Calcolare il Valore di Rischio delle Macro-Categorie (Sistemi Urbani)

In questa fase, i valori di rischio delle Categorie di Rischio calcolati nel passaggio precedente vengono aggregati per ottenere un valore di rischio a livello di Macro-Categoria. Questo valore rappresenta il rischio specifico dei Sistemi Urbani in relazione ai Pericoli.

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 5: Aggregazione dei Valori delle Categorie di Rischio per Calcolare il Valore di Rischio delle Macro-Categorie (Sistemi Urbani)

Essendo un approccio multi-rischio, l'aggregazione dei punteggi delle categorie di rischio avviene tramite una media aritmetica.

Valore di rischio della Macro-Categoria = $\sum_{i=1}^n (C_i \times W_i)$

Dove:

- C_i è il valore di rischio della i-esima Categoria di Rischio
- W_i è il peso associato alla i-esima Categoria di Rischio
- n = numero totale di Categorie di Rischio considerate

I fattori di ponderazione devono rispettare le seguenti proprietà:

$$0 \leq W_i \leq 1$$

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 5: Aggregazione dei valori delle categorie di rischio per calcolare il valore di rischio delle macrocategorie (sistemi urbani)

Esempio

La macrocategoria "Salute" presenta 2 categorie di rischio. Nella tabella seguente sono riportati i valori di rischio per ciascuna di esse e il rispettivo peso.

Categoria di rischio	Valore di rischio	Peso
Salute degli abitanti	0,61	0,60
Rischio di efficienza per le strutture sanitarie	0,28	0,20

Il punteggio per la macrocategoria in relazione al rischio "Temperature estreme" è $= (0,61 \cdot 0,60) + (0,28 \cdot 0,40) = 0,48$ (neutro)

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 6: Aggregazione dei Valori delle Macro-Categorie per calcolare il Valore di Rischio dei Temi (Pericoli)

In questa fase, i valori di rischio delle Macro-Categorie vengono ulteriormente aggregati per ottenere un valore di rischio per i Temi (Pericoli).

Essendo un approccio multi-rischio, l'aggregazione dei punteggi delle Macro-Categorie avviene tramite una media aritmetica.

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 6: Aggregazione dei Valori delle Macro-Categorie per calcolare il Valore di Rischio delle Questioni (Pericoli)

In questa fase, i valori di rischio delle Macro-Categorie vengono ulteriormente aggregati per ottenere un valore di rischio per i Temi (Pericoli).

Essendo un approccio multi-rischio, l'aggregazione dei punteggi delle Macro-Categorie avviene tramite una media aritmetica.

$$\text{Valore di Rischio del Tema} = \sum_{i=1}^n (C_i \times W_i)$$

dove:

- C_i è il valore di rischio della i-esima Macro-Categoria
- W_i è il peso associato alla i-esima Macro-Categoria
- n = numero totale di Macro-Categorie considerate

I fattori di ponderazione devono rispettare le seguenti proprietà:

- $0 \leq W_i \leq 1$
- $\sum_{i=1}^n W_i = 1$

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 6: Aggregazione dei Valori delle Macro-Categorie per calcolare il Valore di Rischio dei Temi (Pericoli)

Esempio

Il Tema “Caldo Estremo” include 3 Macro-Categorie. Nella seguente Tabella sono riportati il valore di rischio di ciascuna e il relativo peso.

Macro-Categoria	Valore di Rischio	Peso
Salute	0,54	0,7
Energia	0,32	0,15
Trasporti	0,23	0,15

Il punteggio del Tema in relazione al pericolo “Caldo Estremo” risulta essere:
Livello di Rischio del Pericolo = $(0,54 \times 0,7) + (0,32 \times 0,15) + (0,23 \times 0,15) = 0,46$ (neutral)

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 7: Aggregazione dei Valori dei Temi per calcolare il Valore di Rischio Complessivo

Infine, il valore complessivo del rischio viene calcolato come media aritmetica dei valori di rischio del Tema:

$$\text{Valore Complessivo del Rischio} = \sum_{i=1}^n (I_i \times W_i)$$

- I_i è il valore di rischio dell' i-esimo Tema
- W_i è il peso associato al i-esimo Pericolo
- n = numero totale di Pericoli considerati

I fattori di ponderazione devono rispettare le seguenti proprietà:

- $0 \leq W_i \leq 1$
- $\sum_{i=1}^n W_i = 1$

Processo di valutazione del metodo RBE

Fase 7: Aggregazione dei Valori dei Temi per calcolare il Valore di Rischio Complessivo

Esempio di valori di rischio e fattori di ponderazione associati ai Temi

Problematica	Valore di Rischio	Peso
Caldo Estremo	0,46	0,5
Precipitazioni intense	0,73	0,2
Tempeste	0,65	0,1

Il valore complessivo del rischio risulta essere:

Valore complessivo del Rischio = $(0,46 \cdot 0,5) + (0,73 \cdot 0,2) + (0,65 \cdot 0,1) = 0,44$ (neutrale)

Risultati della Valutazione

Categorie di Rischio

I valori di rischio delle Categorie di Rischio offrono una chiara comprensione di quali elementi all'interno dei sistemi urbani siano maggiormente esposti e evidenziano le aree che richiedono priorità nelle strategie di adattamento.

Macro Categorie

I valori di rischio (0-1) delle Macro-Categorie offrono una chiara comprensione di quali settori urbani siano maggiormente a rischio e evidenziano le aree che richiedono priorità nelle strategie di adattamento.

Temi

Il Metodo RBE consente di avere una visione aggregata di come ciascun pericolo influisca sul profilo complessivo del rischio. I pericoli con valori di rischio più elevati indicano una maggiore vulnerabilità agli impatti climatici e richiedono quindi interventi immediati e costanti per mitigare tali rischi.

Metodo RBE Risultati

Rischio Complessivo

Il metodo RBE fornisce una metrica chiara per valutare l'efficacia delle attuali misure di adattamento e l'urgenza di ulteriori interventi. L'interpretazione dei risultati è fondamentale per orientare le strategie di adattamento climatico e sottolinea l'importanza di integrare questi risultati nei più ampi strumenti di pianificazione urbana e nei quadri normativi.