



**REGIONE AUTÒNOMA  
DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA  
DELLA SARDEGNA**

# **Gli indicatori di impatto dei cambiamenti climatici**

**Andrea Motroni**

Servizio SVASI  
Direzione Generale della difesa dell'ambiente  
Regione Autonoma della Sardegna



## The EU CC adaptation strategy (2013)

### STRATEGIA DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

2019

### STRATEGIA REGIONALE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

2024

Adottata con Deliberazione della Giunta Regionale n. 14/71 del 22 maggio 2024

## Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici

MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



Strategia Nazionale adattamenti climatici

2015



**SARDEGNA**  
STRATEGIA REGIONALE SVILUPPO SOSTENIBILE **2030**

2021

**+** INTELLIGENTE SARDEGNA PIÙ INTELLIGENTE, INNOVATIVA E DIGITALIZZATA  
CON UNA RAFFORZATA CAPACITÀ AMMINISTRATIVA E UNA MAGGIORE COMPETITIVITÀ DEL SISTEMA PRODUTTIVO ORIENTATE ALL'INNOVAZIONE

**+** VERDE SARDEGNA PIÙ VERDE PER LE PERSONE, LE IMPRESE E GLI ENTI  
IMPEGNATA NELLA TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ, NELL'AZIONE PER IL CLIMA, NELLA TRANSIZIONE ENERGETICA E VERSO UN MODELLO DI ECONOMIA CIRCOLARE

**+** CONNESSA SARDEGNA PIÙ CONNESSA E ACCESSIBILE  
CON UNA EFFICIENTE RETE DIGITALE E DI MOBILITÀ PER IL COLLEGAMENTO E LA CONTINUITÀ DEI TERRITORI

**+** SOCIALE SARDEGNA PIÙ SOCIALE, ISTRUITA E PROSPERA  
PER UN BENESSERE DIFFUSO BASATO SU COMPETENZA, LAVORO, INCLUSIONE E SALUTE

**+** VICINA SARDEGNA PIÙ VICINA AI CITTADINI, IDENTITARIA E ACCOGLIENTE  
FONDATA SULLA CULTURA E LA VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO STORICO, ARTISTICO E NATURALE



REGIONE AUTONOMA  
DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA  
DELLA SARDEGNA

# Definizioni

**Indicatore:** Variabile quantitativa, qualitativa o binaria, che può essere misurata o descritta, in risposta a un criterio definito o soglia.

**Indicatore:** stato e/o trend di certe condizioni (i.e. ambientali, sociali, economiche) su una determinata area ed in uno specifico periodo di tempo.

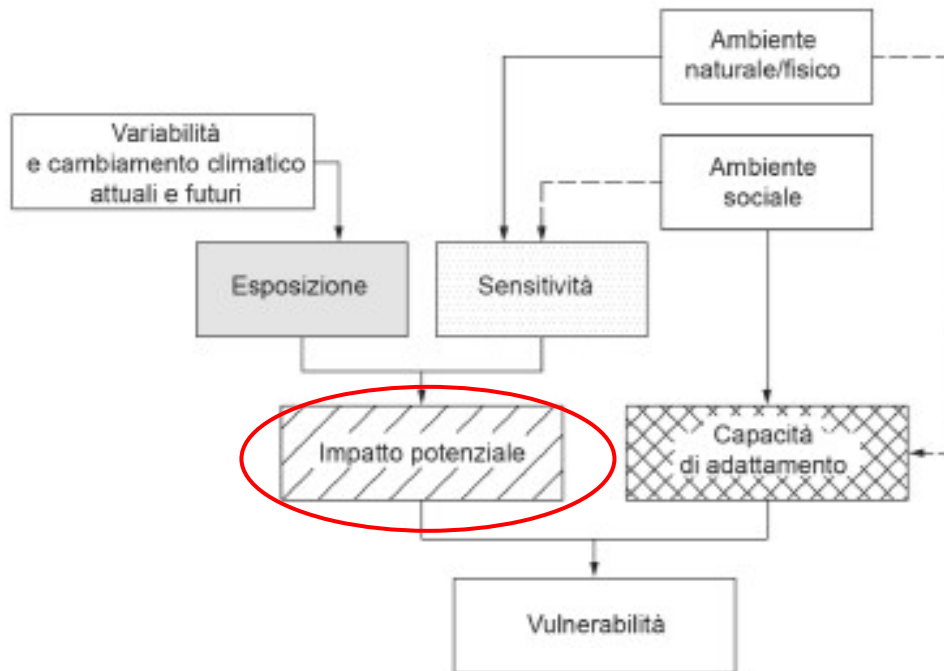
**Impatto:** Effetto sui *sistemi* naturali e umani.

Nel contesto del cambiamento climatico, il termine "**impatto**" è utilizzato principalmente per riferirsi agli **effetti** degli eventi meteorologici e climatici estremi e del **cambiamento climatico** sui **sistemi umani** e **naturali**. Gli impatti si riferiscono generalmente agli **effetti** sulle vite, sui mezzi di sostentamento, sulla salute, sugli ecosistemi, sulle economie, società, culture, sui servizi e sulle infrastrutture dovuti all'interazione del cambiamento climatico o degli eventi climatici pericolosi che si verificano entro un periodo di tempo specifico, e alla **vulnerabilità** di una **società** o di un **sistema esposti**. Gli impatti sono anche definiti conseguenze ed esiti. Gli impatti del cambiamento climatico sui sistemi geofisici, comprese le alluvioni, la siccità e l'innalzamento del livello del mare, sono un sottoinsieme di impatti denominati "**impatti fisici**".

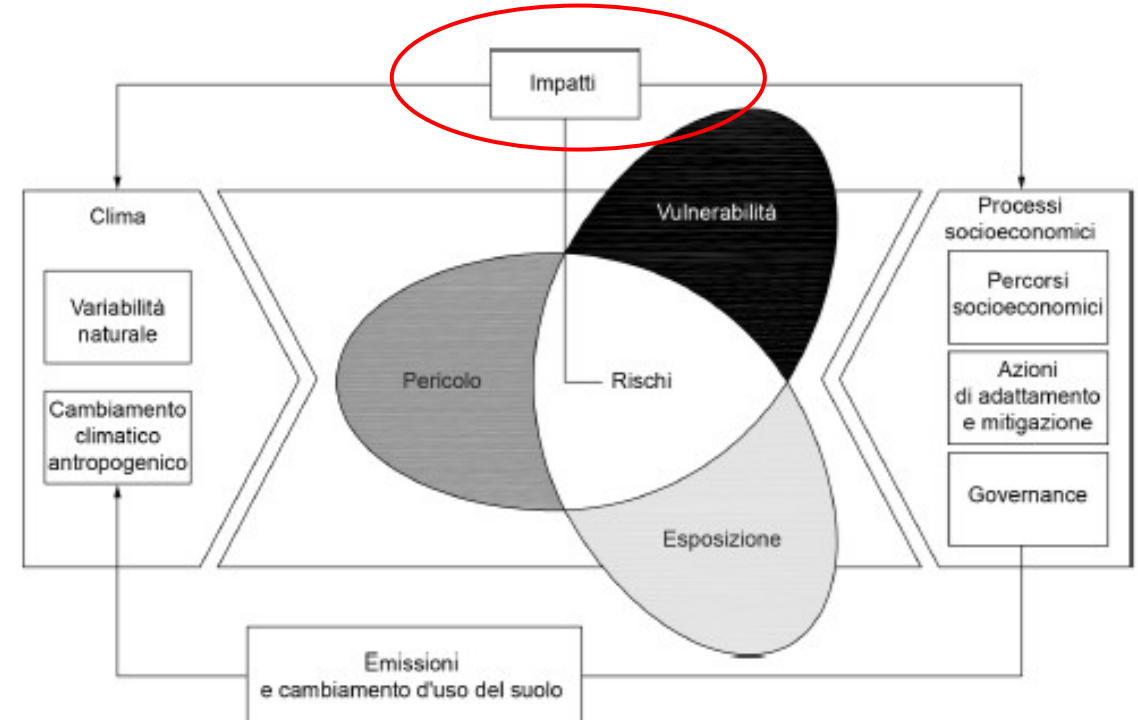
# Vulnerabilità

Vs.

# Rischio



IPCC AR 4,  
2007

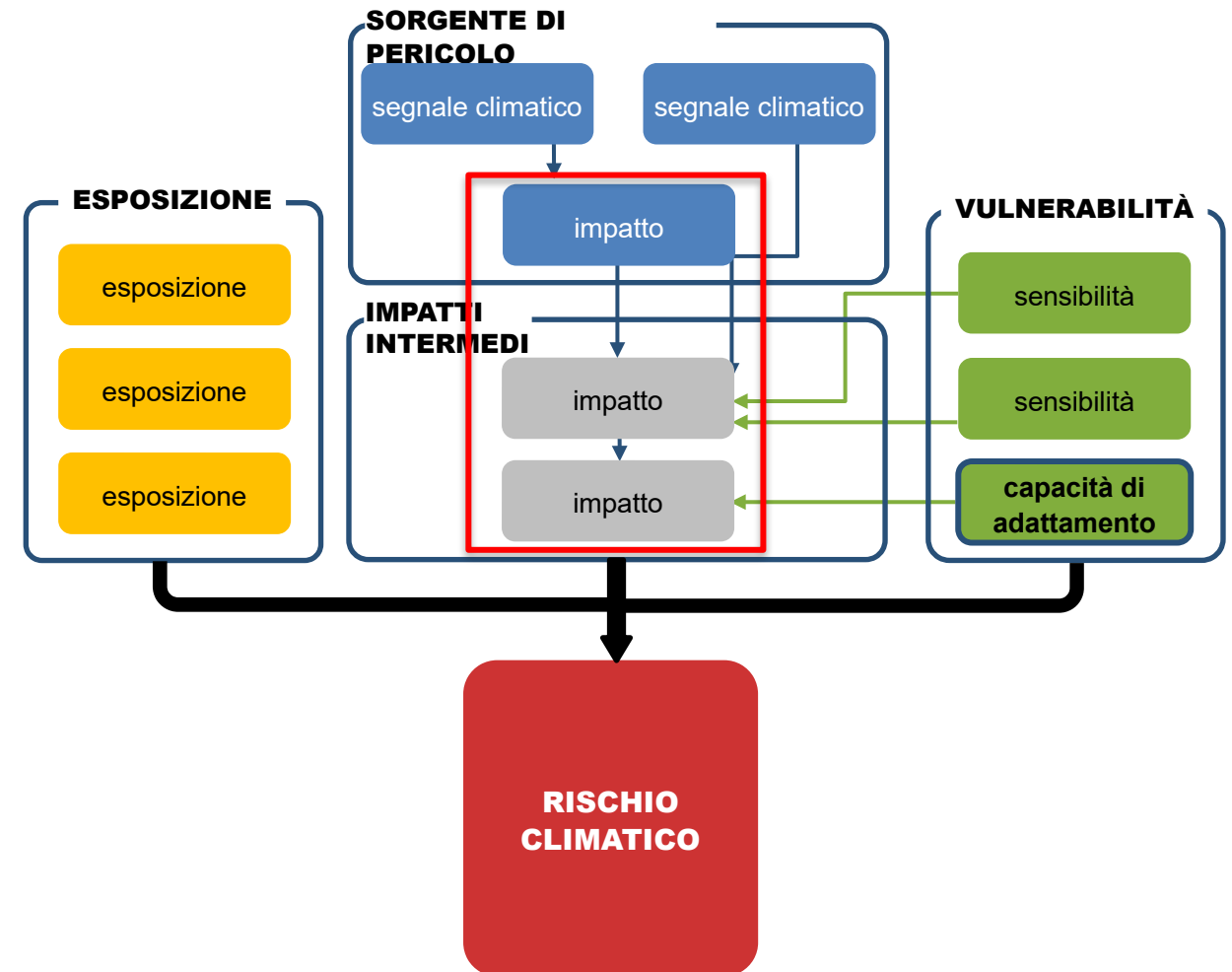


IPCC AR 5,  
2014

## Lo sviluppo di Catene di Impatto:

- Può essere preceduta da una **valutazione preventiva** degli **impatti\***
- fornisce un **quadro di conoscenza sistematico** del rischio climatico e delle sue **diverse componenti**;
- consente di definire gli **impatti diretti e indiretti** sul settore oggetto di pianificazione e anche gli **impatti intersettoriali**
- può considerare sia gli **impatti climatici** sia quelli **socio – economici**
- consente di individuare **obiettivi e azioni** che lavorino sulla **riduzione del rischio** e sull'**incremento della capacità di adattamento** del sistema
- solo un **approccio partecipativo** in cui sono coinvolti stakeholder che a vario livello hanno un ruolo nella gestione/fruizione delle strutture e del territorio potrà portare ad una **pianificazione condivisa ed efficace**

\*Adattamento al cambiamento climatico - Linee guida su vulnerabilità, impatti e valutazione del rischio UNI EN ISO 14091



## Step per l'elaborazione di una catena d'impatto

1. Identificazione del rischio e dei principali impatti potenziali dovuti ai cambiamenti climatici
2. Identificazione della sorgente di pericolo, ed eventualmente dell'impatto intermedio (o impatto fisico diretto)
3. Identificazione degli elementi del sistema esposti al rischio climatico
4. Identificazione dei fattori di sensibilità e capacità di adattamento per la determinazione della vulnerabilità del sistema

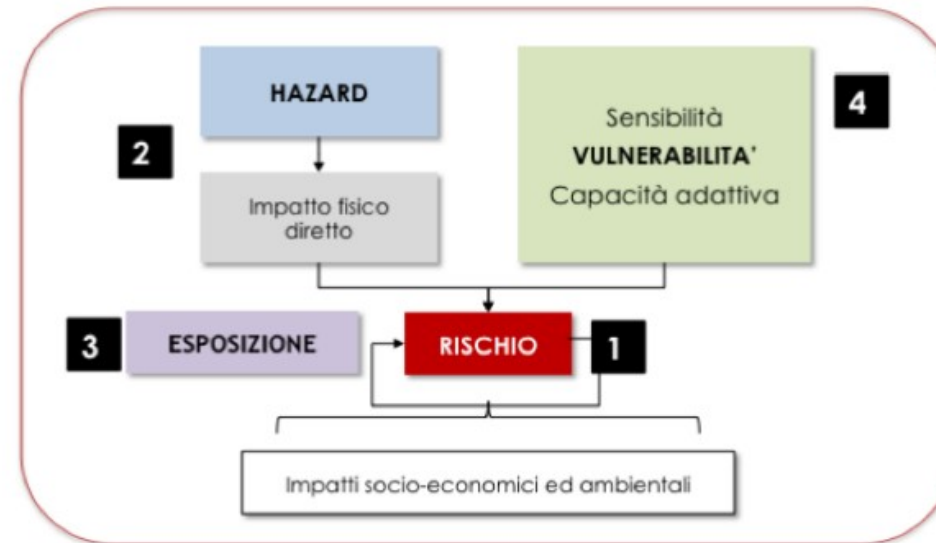
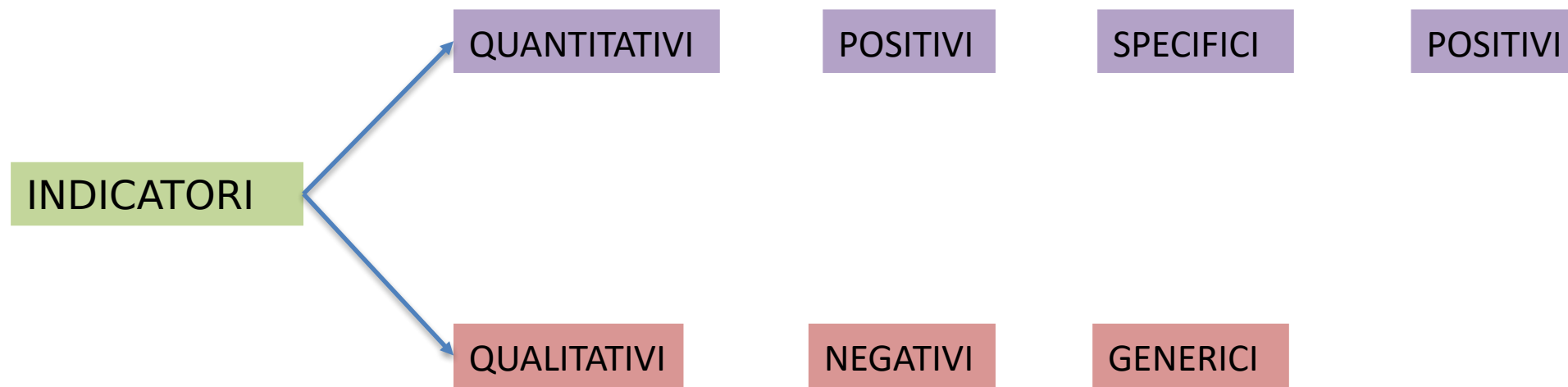


Figura 30 Passaggi seguiti per l'elaborazione di una catena di impatto.

L'**obiettivo** dell'applicazione di indicatori in una valutazione del rischio è quello di **utilizzare informazioni quantitative, semi-quantitative o qualitative** per **stimare e valutare** gli **effetti** del cambiamento climatico

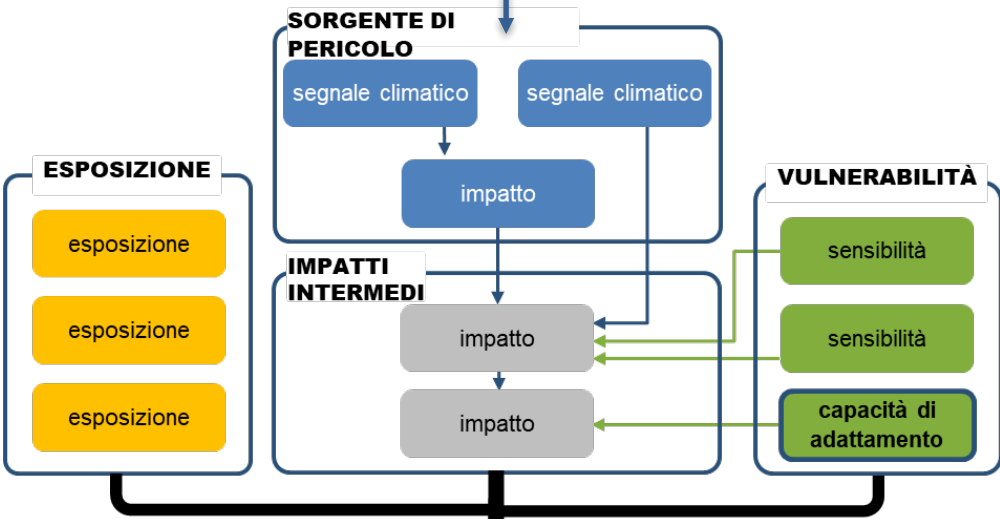


Spesso le informazioni **quantitative non esistono** o le soglie non sono definite. In tal caso, possono essere utilizzate **solo informazioni qualitative** e la valutazione degli indicatori dipende dal **giudizio degli esperti**.

- Disponibilità del dato
- Raccolta dei dati
- Capacità di elaborazione
- Restituzione sotto forma di indicatore
- Individuazione di soglie

**Indicatori climatici**  
 Indicatori degli impatti fisici/diretti  
 Quantitativi → qualitativi

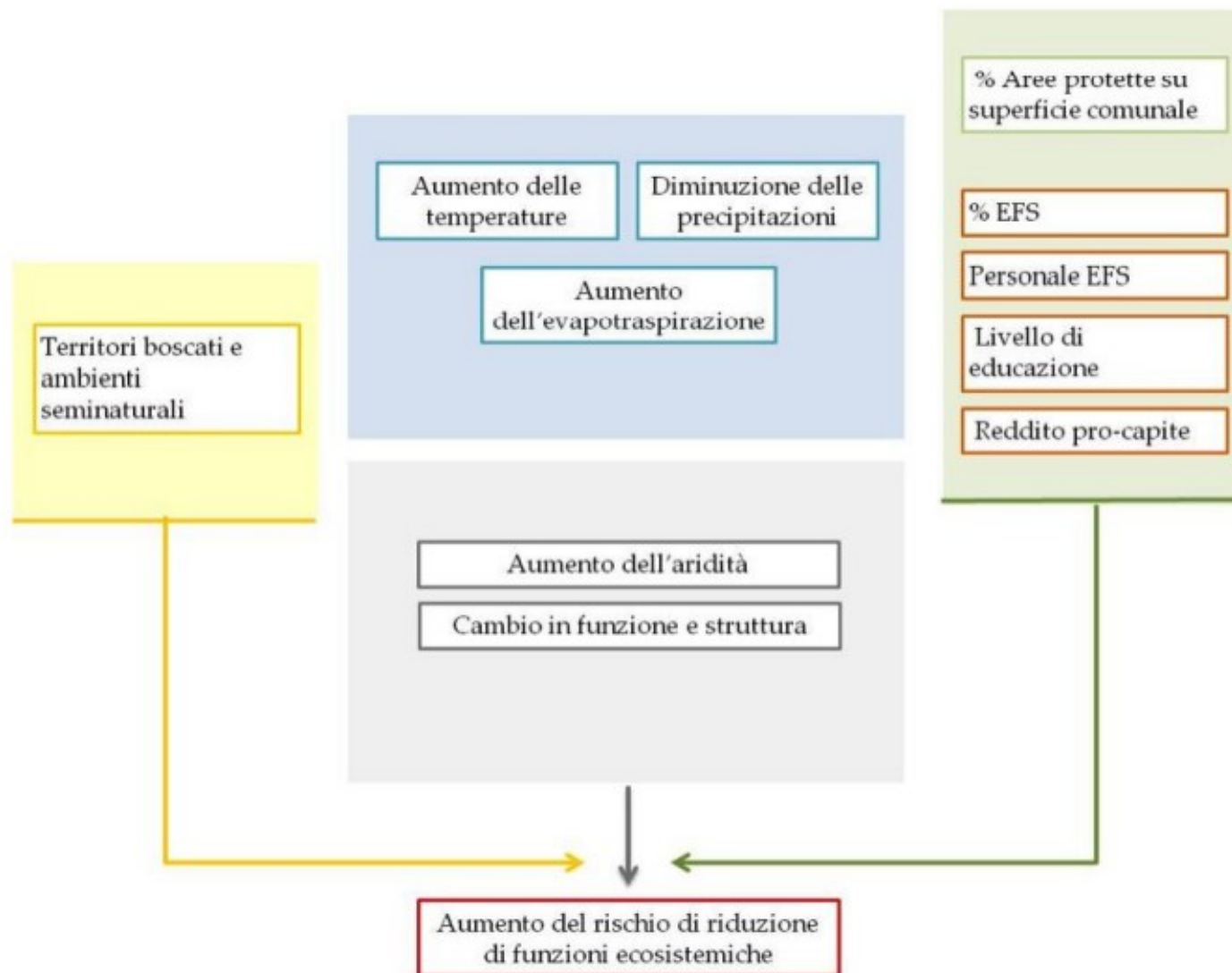
**Analisi di contesto**  
 Indicatori quantitativi  
 Indicatori statistici



**Interviste e coinvolgimento degli stakeholder**  
 Dati statistici  
 Parere esperto  
 Benchmarking  
 Indicatori quantitativi  
 Indicatori qualitativi

Indicatori quantitativi  
 e/o  
 Indicatori qualitativi  
 (da letteratura)

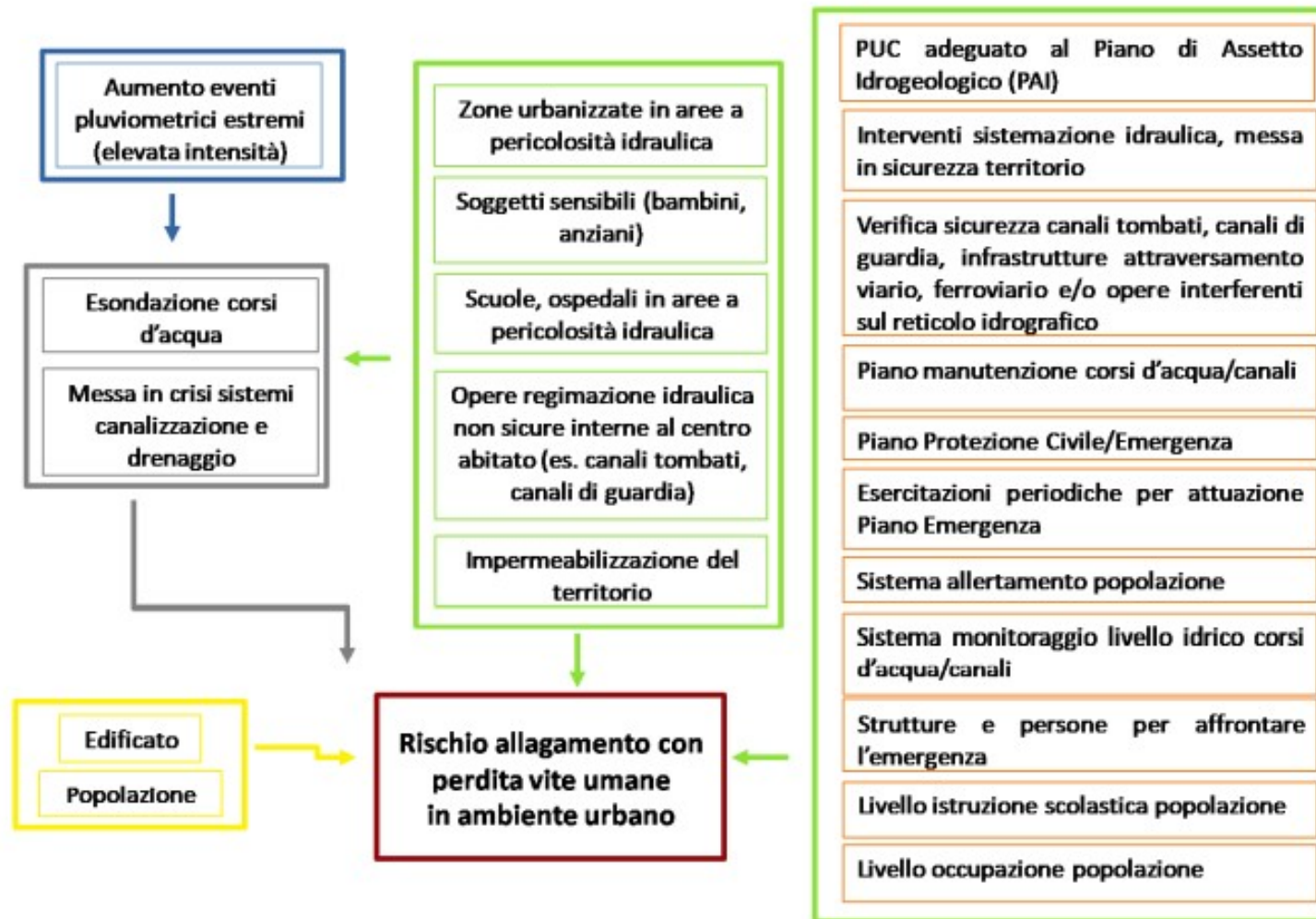
## Catena di impatto a bassa complessità



SRACC 2019

Figura 38 Catena di impatto su rischio di perdita di funzioni e servizi ecosistemici.

## Catena di impatto a media complessità

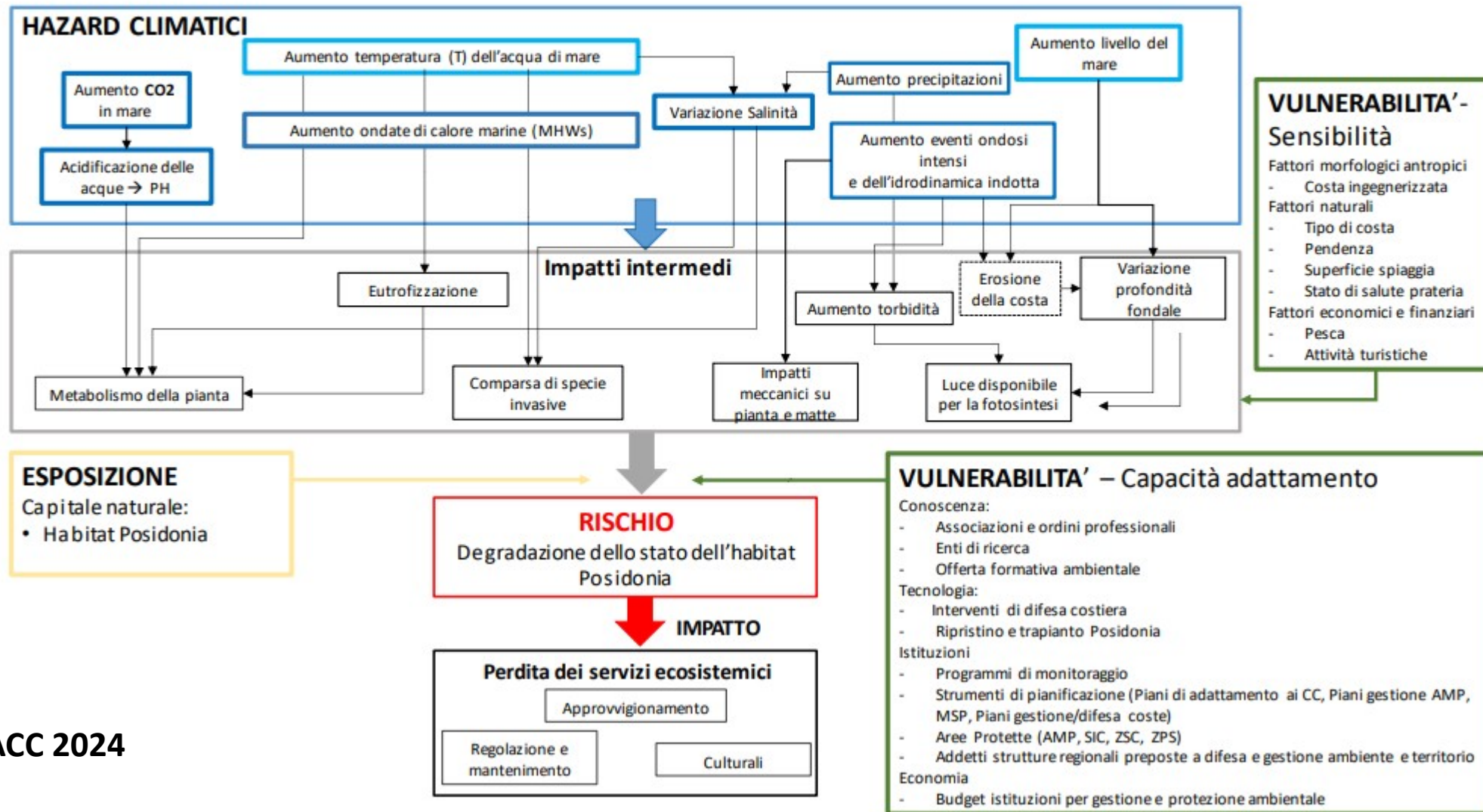


SRACC 2019

Figura 40 Catena d'impatto 1 - rischio allagamento con perdita vite umane in ambiente urbano.

# Catena d'impatto ad alta complessità

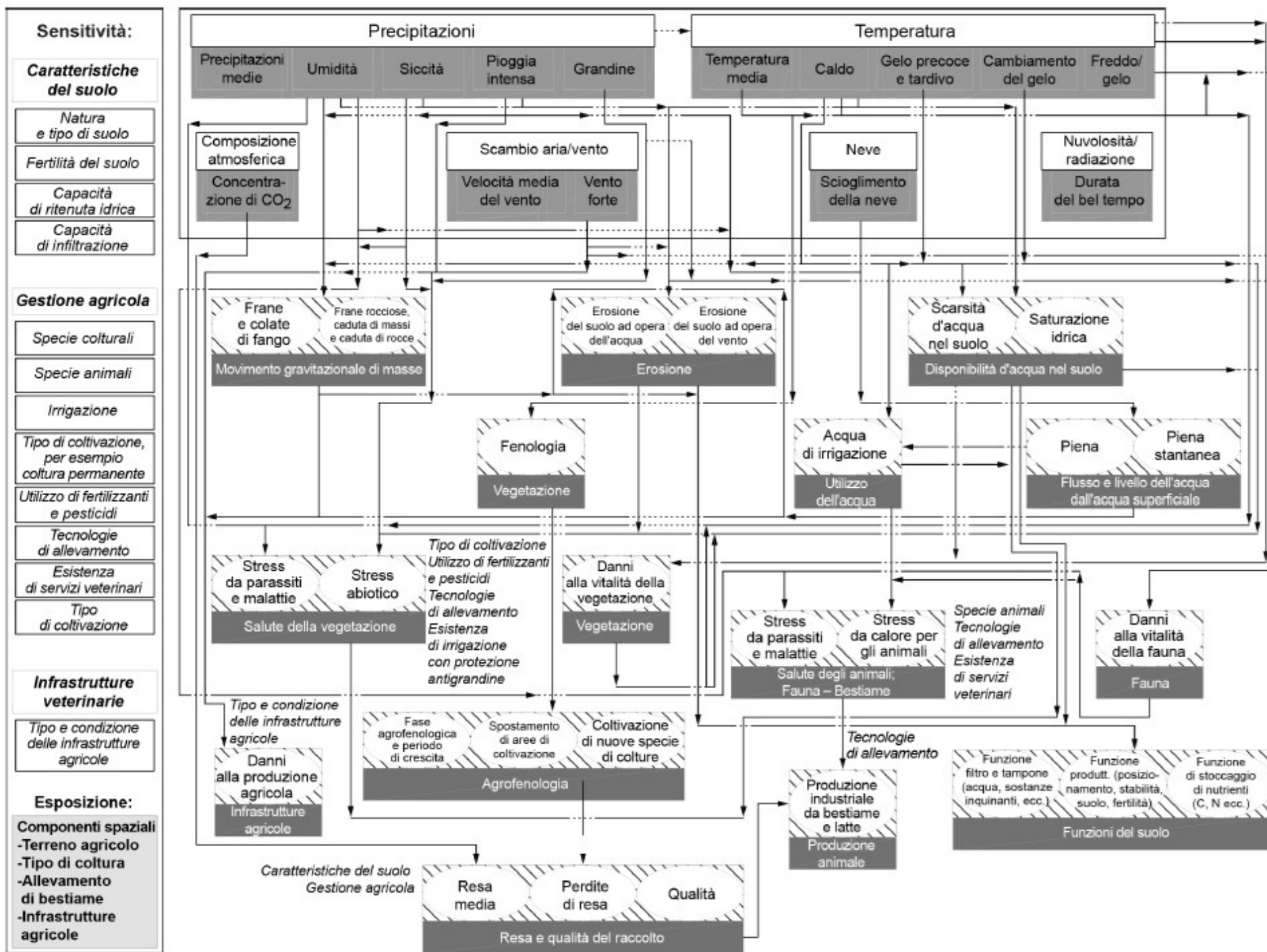
## Rischio climatico per la degradazione dello stato dell'habitat Posidonia

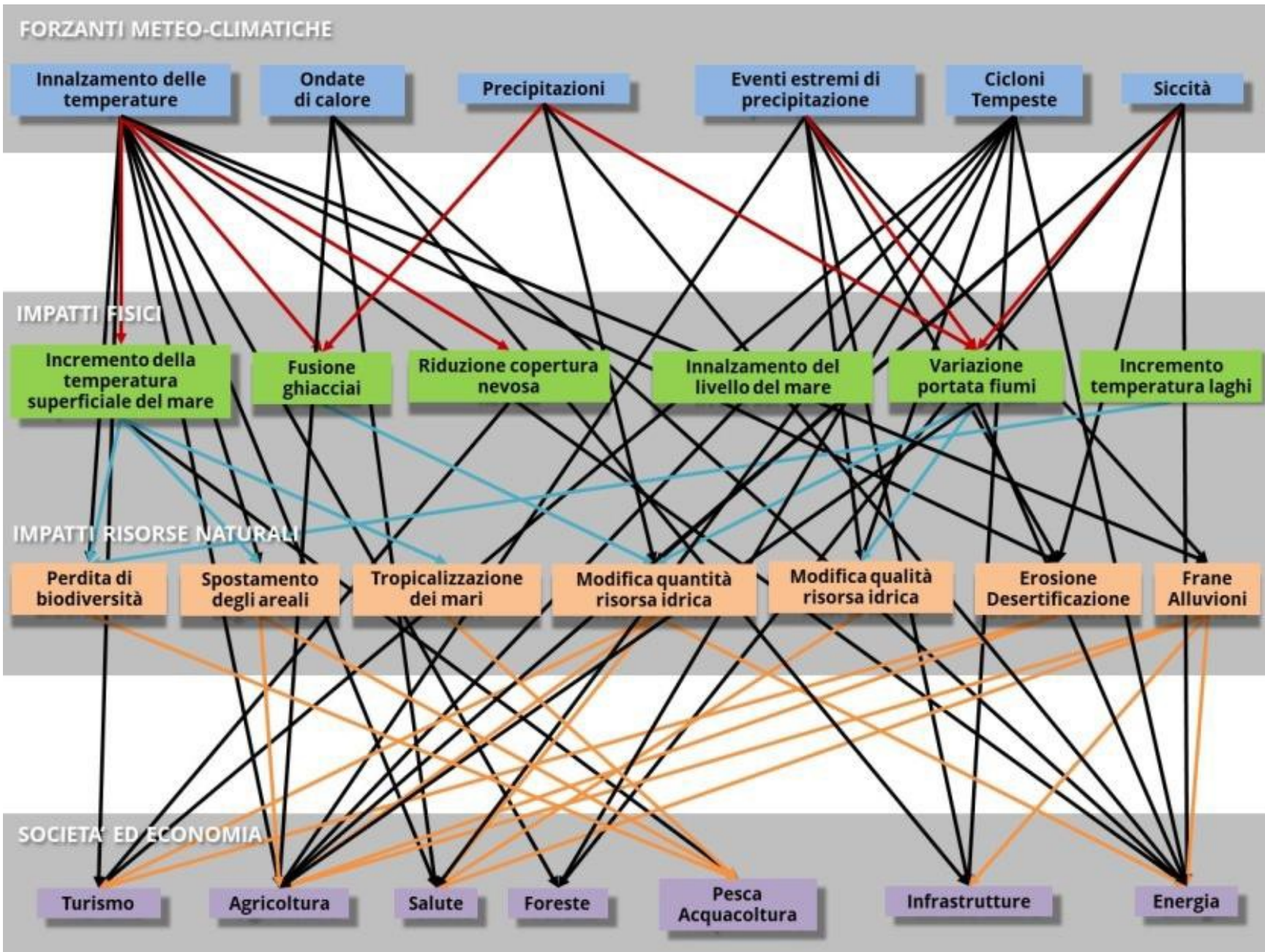


SRACC 2024

# Settore agricolo

## Catena di impatto ad alta complessità





SNPA, 2022

## 1° step. Quali indicatori?

- Scopo della catena di impatto
- Che tipo di indicatore?

- Climatico
- Economico
- Sociale
- Ecologico
- Ecc.

Per indicatori ambientali e di sostenibilità ambientale si intendono valori statistici e parametri utili alla valutazione qualitativa e quantitativa delle condizioni ambientali di un sistema in esame.

- In ogni caso l'indicatore dovrà avere le seguenti caratteristiche:
  - gli indicatori dovrebbero essere sempre **specifici**;
  - **disponibilità** e **possibilità di elaborazione** dei dati;
  - **copertura** e risoluzione **spaziale**;
  - **copertura temporale**;
  - **rappresentatività**;
  - **replicabilità** (per la successiva ripetizione delle valutazioni del rischio);



## 2° step. Come interagiscono gli indicatori?

### AGGREGAZIONE DEGLI INDICATORI E DELLE COMPONENTI DEL RISCHIO

- Il metodo può essere diverso a livelli di aggregazione diversi. Livelli di **aggregazione più elevati** solitamente adottano approcci **qualitativi**
- I **metodi qualitativi o semi-quantitativi** sono i più **semplici** da applicare (alto, medio, basso; 1,2,3)
- L'inquadramento sulla scala di **classificazione** dovrebbe essere basato su **informazioni** desunte dalle **migliori conoscenze disponibili** (dalla letteratura esistente, dalle conoscenze di esperti o da qualsiasi altra fonte affidabile)
- Talvolta gli **approcci quantitativi normalizzano** tutti i dati per consentire **l'aggregazione per ciascun impatto** del cambiamento climatico. È necessario che **gli indicatori normalizzati** siano combinati con **valori di soglia** per i **rischi critici nel sistema** in fase di **valutazione**
- I fattori di rischio di solito **non** hanno la **stessa influenza** sulla rispettiva componente del rischio. Pertanto agli indicatori dovrebbero essere applicati **pesi** che **quantificano i fattori di rischio**
- Dovrebbero essere utilizzati **approcci partecipativi e trasparenti** come metodo pratico per applicare la **ponderazione**.
- Qualora la **valutazione** del rischio tratti **rischi** diversi in **uno** o più **settori, regioni, ecc.**, tali rischi diversi possono essere ulteriormente **aggregati** in modo graduale in un **unico** valore di **rischio complessivo**

## Definizione degli indicatori e calcolo di un indice aggregato (ad es. capacità di adattamento SRACC)

- i. Raccolta dati;
- ii. Normalizzazione e Allineamento degli indicatori;
- iii. Ponderazione degli indicatori;
- iv. Calcolo dell'Indice Aggregato.



Figura 31 Fasi del percorso per il calcolo degli indicatori durante lo sviluppo delle catene di impatto per i singoli settori e rischi analizzati.

## **Climate Change Indicators in the United States nov.**

**2020** **EPA**  
<https://www.epa.gov/climate-indicators> .html

Alcune fonti

## **Rapporto EUCRA**

<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-climate-risk-assessment>

## **Climate change, impacts and vulnerability in Europe**

**2016** **EEA**  
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>

## **Programma PESETA V** **JRC**

[https://joint-research-centre.ec.europa.eu/projects-and-activities/peseta-climate-change-projects/jrc-peseta-v\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/projects-and-activities/peseta-climate-change-projects/jrc-peseta-v_en)

## **Climate-ADAPT: European Platform on Climate Change Adaptation**

<http://climateadapt.eea.europa.eu/>

## **ONERC, Indicateurs d'impact du changement climatique**

<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/impacts-du-changement-climatique>

## **Oficina Espanola de Cambio Climatico - Evidencias del cambio climatico y sus efectos en Espana (PNACC).**

<https://adapticca.es/recursos/buscador/evidencias-del-cambio-climatico-y-sus-efectos-en-espana>

## **Office Fédéral de l'Environnement OFEV, 2020 – Changements climatiques en Suisse: Indicateurs des causes, des effets et des mesures.**

<https://schat.ch/fr/uuid/1/1470c60b-8768-58c9-8230-e23af9cdf6c7Changements climatiques en Suisse%20rapport sur les causes cons%3Aquences et mesures>





<https://www.snpambiente.it/2018/02/24/introduzione-agli-indicatori-di-impatto-d-ei-cambiamenti-climatici-concetti-chiave-i-indicatori-candidati-e-criteri-per-la-definizione-di-indicatori-prioritari/>



<https://www.snpambiente.it/2021/06/30/rapporto-sugli-indicatori-di-impatto-dei-cambiamenti-climatici-edizione-2021/>

Primo Rapporto SNPA sugli  
impatti dei cambiamenti climatici

Primo Rapporto a scala nazionale  
basato su indicatori

# OBIETTIVO DEL RAPPORTO 21/2021



Avviare una prima ricognizione sulle conoscenze disponibili in ambito SNPA al fine di contribuire a colmare i gap conoscitivi emersi a livello nazionale in ambito SNAC (Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici) e PNACC (Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici)

**attraverso**

la definizione e il popolamento di un sistema di indicatori finalizzato alla rappresentazione spazio-temporale degli impatti potenzialmente connessi ai cambiamenti climatici sulle risorse naturali e sui settori socio-economici

# In che modo? Diamo alcuni numeri!



20 esperti ARPA (Rete Tematica 27 SNPA)  
80 GdL esperti ISPRA

I SETTORI (SNAC, 2015; PNACC, 2023)

Siamo partiti da un set di 149 indicatori!!!

15 settori



Risorse  
idriche



Suolo  
Territorio



Ecosistemi Marini  
Ecosistemi Terrestri  
Ecosistemi Transizione



Ambiente  
alpino



Zone  
costiere



Salute



Foreste



Agricoltura



Pesca  
Acquacoltura



Energia



Insedimenti  
urbani



Patrimonio  
culturale

## GLI INDICATORI

52 indicatori (dato in continuo aggiornamento)

di cui **30** indicatori nazionali e **22** indicatori di casi pilota regionali (dato in continuo aggiornamento)

di cui **37** relativi alle risorse naturali e **15** alle attività socio-economiche (dato in continuo aggiornamento)

# LA SCHEDA IMPATTO-INDICATORE

Potenziale impatto  
**DENOMINAZIONE DELL'IMPATTO**

**Fattori climatici**  
Descrizione dei fattori climatici che contribuiscono a/determinano l'impatto

**Altri fattori**  
Descrizione degli eventuali fattori non climatici che contribuiscono a/determinano l'impatto

**Caratterizzazione impatto**  
Caratterizzazione dell'impatto a seconda che sia:

**Diretto** (deriva dall'esposizione diretta ai fattori climatici)  
X → ○

**Indiretto** (l'impatto è mediato da fattori non-climatici a loro volta conseguenza di fattori climatici)  
X ↗ ○

**Positivo** (opportunità)  
👍

**Negativo** (possibile danno, perdita di risorsa, perdita di vita umana, ecc.)  
👎

**Relazione causa-effetto**  
Descrizione della relazione causa-effetto tra variabili climatiche e l'impatto, basata su letteratura o documentazione scientifica.

☂️ **Media**  
☂️ **Elevata**

**Scenario futuro**  
Descrizione dello scenario futuro che viene delineato dalla letteratura scientifica per l'impatto nei prossimi decenni, senza considerare l'implementazione di eventuali azioni di adattamento che potrebbero ridurre determinati effetti.

☹️ **Negativo**  
😊 **Positivo**  
😐 **Stabile**  
⚠️ **Non definibile**

Foto relativa all'impatto

PRINCIPALE SETTORE DI RIFERIMENTO    Altri settori interessati: ○ Sigla e colorazione del settore

Indicatore  
**DENOMINAZIONE DELL'INDICATORE**    Icona nazionale o regionale

**Numeri e messaggi chiave**  
Descrizione dei principali numeri e messaggi considerati chiave per l'interpretazione dell'indicatore.

**Indicazione dei criteri utilizzati per la selezione**

**Descrizione**  
Descrizione dell'indicatore proposto

**Scopo**  
Descrizione dello scopo dell'indicatore

**Frequenza rilevazione dati**  
Indicazione della frequenza con cui vengono rilevati i dati

**Unità di misura**  
Indicazione dell'unità di misura

**Periodicità di aggiornamento**  
Indicazione della frequenza di aggiornamento dell'indicatore

**Copertura temporale**  
Indicazione del periodo di riferimento della serie storica

**Copertura spaziale**  
Indicazione del livello di copertura geografica

**Riferimenti/obiettivi fissati dalla normativa**  
Indicazione degli eventuali riferimenti normativi ed obiettivi fissati

**Metodologia di elaborazione**  
Descrizione sintetica della metodologia di elaborazione dell'indicatore

**Criteri di selezione**

**Rilevanza - utilità**

- Portata nazionale/applicabile a temi ambientali a livello regionale di significato nazionale
- Descrive il trend in atto e l'evolversi della situazione ambientale
- Semplice e facile da interpretare
- Sensibile ai cambiamenti nell'ambiente/collegato alle attività antropiche
- Rappresentativo di condizioni ambientali, Pressioni sull'ambiente, risposte della società, obiettivi normativi
- Fornisce una base per confronti a livello internazionale
- Ha una soglia o un valore di riferimento con il quale poterlo confrontare, in modo che si possa valutare la sua significatività

**Misurabilità**

- Documentato e di qualità nota (accessibilità)
- Aggiornato secondo fonti e procedure affidabili (tempestività e puntualità)
- Disponibile su un rapporto costi/benefici
- Buona copertura spaziale
- Copertura temporale > 10 anni

**Solidità scientifica**

- Basato su standard nazionali/internazionali
- Ben fondato in termini tecnici e scientifici
- Correlato a modelli economici, Previsioni e sistemi di informazione
- Attendibile e affidabile
- Per metodi di misura e raccolta dati
- Comparabile nel tempo
- Comparabile nello spazio

PRINCIPALE SETTORE DI RIFERIMENTO    Altri settori interessati: ○ Sigla e colorazione del settore

Indicatore  
**DENOMINAZIONE DELL'INDICATORE**    Icona nazionale o regionale

**Fonte e accessibilità**  
Descrizione delle fonti e dell'accessibilità dei dati di base

**Qualità dell'informazione**  
Descrizione della qualità dell'informazione

**Limitazioni e possibili azioni**  
Descrizione dei limiti associati all'indicatore e delle possibili azioni per migliorarne l'efficacia

**Riferimenti bibliografici**  
Indicazione dei riferimenti bibliografici citati

**Commento al trend/alla mappa**  
Descrizione del trend dell'indicatore o alla mappa con possibile interpretazione dei fenomeni

📈 **Trend in aumento**  
📉 **Trend in diminuzione**  
📊 **Trend stabile**  
📊 **Trend non definibile**

Grafico/Mappa/Tabella

Grafico/Mappa/Tabella

Referente:  
Nome Cognome - Affiliazione  
E-mail

PRINCIPALE SETTORE DI RIFERIMENTO    Altri settori interessati: ○ Sigla e colorazione del settore

# Indicatori d'impatto sui sistemi naturali

## SETTORI D'IMPATTO



Ambiente alpino



Risorse idriche



Suolo e Territorio



Ecosistemi terrestri



Ecosistemi di transizione



Ecosistemi marini



Zone costiere

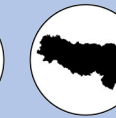
## INDICATORI NAZIONALI

- Bilancio di massa dei ghiacciai
- Indice di runoff
- Internal Flow
- Livello delle falde acquifere
- Percentuale territorio sottoposto a inusuali condizioni umide o secche
- Eventi franosi principali
- Erosione idrica del suolo
- Indice variazione data migrazione primaverile
- Indice consistenza accumuli di grasso durante la migrazione primaverile
- Incendi boschivi
- Salinità acqua lagune
- Temperatura acqua lagune
- Variazione geomorfologiche della costa
- Frequenza di condizioni mare agitato
- Livello del mare
- N eventi di inquinamento di breve durata
- Concentrazione *Ostreopsis ovata*
- N totale località con specie aliene nelle associazioni a foraminiferi bentonici
- Temperatura superficiale del mare
- Abbondanza e distribuzione di taglia di *Thalassoma Pavo*
- Densità fasci fogliari
- Posidonia Rapid Easy Index
- Acidificazione



## CASI STUDIO REGIONALI

- Stato termico del permafrost
- Bilancio di massa dei ghiacciai
- Standardized Flow Index (Po)
- Curva di durata delle portate
- Numero annuo portate sopra soglia
- Percentuale territorio sottoposto a inusuali condizioni umide o secche
- Fattore R erosività media annua delle precipitazioni
- Variazione calendari fenologici di specie vegetali selezionate
- Deficit traspirativo in ambienti naturali
- Incendi boschivi
- Livello del mare a Venezia
- Salinità superficiale del mare
- Temperatura superficiale del mare
- Stima della biomassa planctonica attraverso fluorescenza indotta



Fonte: <https://climadat.isprambiente.it/dati-e-indicatori/indicatori-di-impatto-dei-cambiamenti-climatici/>

# Indicatori d'impatto sui settori socio-economici

## SETTORI D'IMPATTO



Pesca



Acquacoltura



Foreste



Agricoltura



Energia



Patrimonio culturale



Insedimenti urbani



Salute



## INDICATORI NAZIONALI

- Temperatura media catture commerciali
- Eventi ambientali critici zone acquacoltura marina
- N eventi alluvionali e allagamenti in area urbana
- Recessione superficiale dei materiali lapidei
- Produzione lorda di energia idroelettrica
- Gradiente consumo gas naturale per riscaldamento
- Punta oraria fabbisogno energetico mesi estivi




## CASI STUDIO REGIONALI

- Deficit traspirativo
- Consumi energia elettrica mese di Luglio
- Consumi gas naturale nel residenziale
- Gradi giorno riscaldamento
- Gradi giorno raffrescamento
- Mortalità estiva per ondate di calore
- Andamento densità media zanzara tigre *Aedes albopictus*
- Media regionale mensile zanzara *Culex Pipiens*




Fonte: <https://climadat.isprambiente.it/dati-e-indicatori/indicatori-di-impatto-dei-cambiamenti-climatici/>


# Home page


 Piattaforma Nazionale Adattamento Cambiamenti Climatici
 

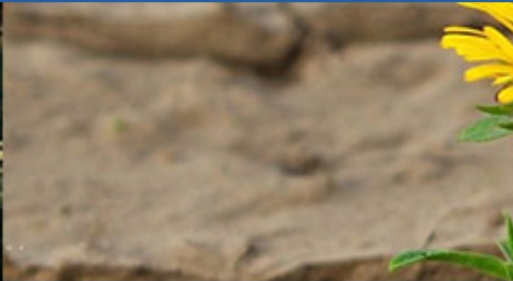
[HOME](#)
[LA PIATTAFORMA](#)
[LINK](#)
[NEWS](#)
[GLOSSARIO](#)
[FAQ](#)
[CONTATTI](#)
[PROPRON CONTRIBUTO](#)




Conoscere i Cambiamenti Climatici




Dati e Indicatori




Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici



Quadro normativo, politiche e misure di adattamento



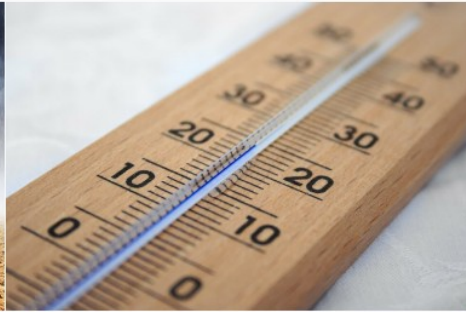
In primo piano



Per cominciare

Mitigazione


Impatti vulnerabilità e adattamento



SCIA

Indicatori climatici


Indicatori di impatto



PNACC e Allegati

Dati del PNACC

Procedura di VAS



Europa


Italia

Città e Regioni

Nella tua zona

Buone pratiche


Proponi il tuo contributo



**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

ISPRA - SNPA

Via Vitaliano Brancati 48 - 00144 Roma (Italia)  
Telefono: +39 0650071  
Codice Fiscale: 10125211002  
PEC: protocollo.ispra@legalmail.it



**MASE**

Viale Cristoforo Colombo 44 - 00147 Roma (Italia)  
Telefono: +39 0657221  
Codice Fiscale: 97047140583  
PEC: mattm@pec.minambiente.it

f t in

**Siti tematici**  
ClimateADAPT  
Clima Europe

[Contatti](#) [Privacy](#)

<https://climadat.isprambiente.it/>

# Conclusioni

- **Definire** un indicatore di impatto dei cambiamenti climatici è **tutt'altro che semplice**
- Spesso il **rapporto causa-effetto non** può essere **identificato** o **quantificato**
- **L'impatto** è spesso il risultato di **un insieme complesso di problematiche** non solo di natura climatica, ma anche di tipo economico, sociale, culturale
- **Molti indicatori** sono **generici** e **difficilmente quantificabili**
- **Attribuzione dei pesi** è spesso **soggettiva** e basata su **parere esperto**
- Sarebbe opportuno stabilire un'apposita **"gerarchizzazione"** degli indicatori
- **Migliori risultati** si avrebbero utilizzando un **approccio più scientifico**, ma non sempre è possibile



*Grazie per l'attenzione*



REGIONE AUTONOMA  
DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA  
DELLA SARDEGNA