

GIS Day 2024  
ISBN 979-12-218-2441-4  
DOI 10.53136/979122182441415  
pp. 309-330 (gennaio 2026)



## PROCEDURE GIS-BASED A SUPPORTO DELLE VERIFICHE CLIMATICHE A SCALA COMUNALE DEGLI INTERVENTI PR FESR 2021-27 IN CAMPANIA

SABATO IULIANO\*, ANTONIO RISI\*\*, SERGIO NEGRO\*\*,  
PIERFRANCESCO FIGHERA\*

**RIASSUNTO:** Il tema dei cambiamenti climatici assume grande rilevanza nel panorama degli investimenti europei per la coesione territoriale 2021-2027 in quanto il nuovo quadro regolamentare prevede che le Autorità di Gestione dei programmi garantiscano “l’immunizzazione dagli effetti del clima degli investimenti in infrastrutture la cui durata attesa è di almeno cinque anni”. Gli Stati Membri sono incoraggiati a sviluppare proprie metodologie per considerare le conseguenze del clima attuale e di quello futuro nell’ambito degli investimenti affinché alle disparità economiche e sociali non si sommino problematiche legate agli effetti estremi connessi ai cambiamenti climatici.

Nell’ambito del Programma Regionale della Campania cofinanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale 2021-2027 (FESR 2021-2027), ai fini dell’attuazione degli investimenti infrastrutturali, i beneficiari ed i proponenti sono chiamati a condurre una verifica in funzione degli scenari climatici per ottenere l’ammissione a finanziamento. L’analisi, in coerenza con gli “Orientamenti tecnici per infrastrutture a prova di clima nel periodo 2021-2027” approvati dalla Commissione Europea nel 2021, riguarda la neutralità climatica dell’investimento e la sua resilienza in termini di adattamento e mitigazione dei pericoli legati al clima, definiti in questo articolo pericoli climatici, nello scenario attuale ed in quello futuro (climate proofing).

In questo lavoro, al fine di facilitare tale verifica, sono stati individuati e classificati attraverso procedure GIS-based i pericoli climatici significativi

(\*) ICTLAB PA S.r.l. (sabato.iuliano@ictlabpa.it; pierfrancesco.fighera@ictlabpa.it)

(\*\*) Regione Campania (antonio.risi@regione.campania.it; sergio.negro@regione.campania.it)

di ogni comune della Campania processando i dati climatici pubblicati nel febbraio 2024 sulla piattaforma web del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) ed abbinando ad essi i dati ambientali, amministrativi e territoriali di specifico interesse disponibili sui siti tematici istituzionali e sui geoportali di istituti di ricerca nazionali ed internazionali. Al contempo, è stata predisposta una matrice di sensibilità degli interventi strutturali previsti nel Programma regionale rispetto ai pericoli climatici significativi.

Correlando, infine, i due filoni dello studio (quello dell'esposizione alla pericolosità climatica dei comuni e quello della sensibilità ai pericoli climatici delle infrastrutture) attraverso matrici dinamiche è stato stimato il livello di vulnerabilità ai pericoli climatici di tutte le tipologie di infrastrutture esaminate per ogni comune della Campania. Sulla base di questi risultati sono stati sviluppati gli "Strumenti tecnici e indirizzi operativi per l'elaborazione dello studio di valutazione climatica – pilastro adattamento", approvati dall'Autorità di Gestione del Programma regionale fine di supportare i proponenti nell'elaborazione delle analisi ed i responsabili nella valutazione dei progetti, garantendo, in questo modo, il conseguimento di una maggiore immunizzazione degli investimenti infrastrutturali nei confronti dei pericoli connessi ai cambiamenti climatici.

**PAROLE CHIAVE:** Sistemi Informativi Geografici (GIS), Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC), verifiche climatiche, immunizzazione degli investimenti infrastrutturali, misure di adattamento.

**ABSTRACT:** The issue of climate change takes on significant importance within the framework of the 2021-2027 European investments for territorial cohesion. The new regulatory framework requires Managing Authorities of the programs to ensure the "climate-proofing of infrastructure investments with an expected lifespan of at least five years". Member States are encouraged to develop their own methodologies to account for current climate conditions and future scenarios in investment planning, so that economic and social disparities are not further exacerbated by the consequences of extreme climate-related events.

In the Campania Region the beneficiaries and the proposers to carry out the infrastructural investments of the FESR 2021-2027 Program must make a check based on the expected climate scenarios. The check complies with the "Technical Guidelines for climate-proof infrastructures in the period 2021-2027" approved by the European Commission in 2021 and concerns the climate neutrality of the investment and its resilience for adaptation and mitigation of climate hazards considering both the current and future climate scenarios (climate proofing).

In this work, the significant climate hazards of each municipality in Campania have been identified and parameterized through GIS-based

procedures for climate checks by processing the climate data published in February 2024 by the website of the National Climate Change Adaptation Plan (PNACC) combined with environmental, administrative and territorial data of specific interest available on the institutional thematic sites and websites of national and international research institutes. At the same time, a sensitivity matrix of the FESR Program structural interventions with respect to significant climate hazards has been structured.

The detailed study of the exposure to hazard of municipalities and the analysis of the sensitivity of infrastructures were correlated through dynamic matrices. In this way, the level of climate vulnerability of all types of infrastructures examined for each municipality in Campania was estimated. These results were used to describe the “Technical tools and operational guidelines for the development of the climate assessment study – adaptation pillar”. These statements were approved by the Management Authority of the FESR Program. These data will help proposers to facilitate project evaluations (Campania Region Managerial Decree n. 187 of 13 September 2024). These “Technical tools and operational guidelines” promote the achievement of a greater immunization of infrastructural investments against the dangers associated with climate change.

**KEYWORDS:** Geographic Information Systems (GIS), European Regional Development Fund (FESR), National Climate Change Adaptation Plan (PNACC), climate checks, immunization of infrastructural investments, adaptation measures.

## **I. Introduzione**

Gli investimenti infrastrutturali finanziati dall’Unione Europea e finalizzati alla riduzione delle disparità fra aree territoriali, a causa degli effetti che i cambiamenti climatici stanno determinando sui settori economici, infrastrutturali e territoriali, devono considerare, sin dalle prime fasi di impostazione dei progetti, anche i mutamenti in atto dovuti al clima. In tale ottica l’UE considera necessario che ogni investimento infrastrutturale da realizzare con i Fondi Strutturali e di Investimento Europei (SIE), sia accompagnato da una verifica climatica intesa come un processo che integra misure di mitigazione e di adattamento dei rischi derivanti dai cambiamenti climatici. Pertanto, gli “Orientamenti tecnici per infrastrutture a prova di clima nel periodo 2021-2027”, approvati dalla Commissione Europea nel 2021, raccomandano l’esecuzione di una verifica degli investimenti infrastrutturali in funzione

dell'evoluzione attesa del clima, delineando le metodologie e gli strumenti da adottare.

Nell'ambito del Programma Regionale FESR Campania 2021-2027, ai fini dell'ammissione a finanziamento degli interventi, nel caso di infrastrutture che rientrino nel campo di applicazione degli orientamenti e/o delle linee guida nazionali, seguendo quanto riportato sia nei criteri di selezione del Sistema di Gestione e Controllo che e nel manuale di attuazione del Programma, i responsabili dell'attuazione (ROS) sono chiamati a selezionare investimenti richiedendo ai beneficiari ed ai proponenti di applicare le disposizioni tecniche dei citati orientamenti e delle linee guida, così da assicurare la piena conformità alle previsioni comunitarie (Decreto Dirigenziale della Regione Campania n. 49 del 22/03/2024).

Il criterio per garantire l'immunizzazione delle infrastrutture dagli effetti dei cambiamenti climatici consiste in un processo che deve accompagnare la progettazione degli interventi sin dalle prime fasi di impostazione e di identificazione delle soluzioni, che deve agevolare la scelta delle eventuali misure di mitigazione e che viene, infine, declinato sulla base della maturità delle diverse fasi di sviluppo progettuale. L'obiettivo del processo è, quindi, rendere gli investimenti infrastrutturali neutrali dal punto di vista delle emissioni di gas climalteranti nonché resilienti ai cambiamenti climatici attraverso una valutazione preventiva e l'eventuale mitigazione dei rischi individuati.

## **2. Pericoli climatici ed investimenti infrastrutturali in Campania**

La Campania rappresenta una di quelle regioni italiane che maggiormente può essere interessata dagli effetti dei cambiamenti climatici attualmente in corso poiché la sua articolata geografia le consente di presentare una varietà di climi che spaziano da quello mediterraneo delle zone costiere a quello montano delle aree interne.

La presenza di vaste aree del territorio interessate da alluvioni, inondazioni, frane ed erosione costiera, in combinazione con il livello di antropizzazione e con la densità abitativa, rappresenta, inoltre, un fattore in grado di incrementare sensibilmente le vulnerabilità ed i rischi

del territorio ai fenomeni dovuti od incrementati dai cambiamenti climatici. Questa varietà di condizioni climatiche e territoriali contribuisce, da un lato, alla particolare e rinomata ricchezza ambientale, turistica ed agricola della regione, ma richiede, dall'altro, strategie adattive specifiche per affrontare i cambiamenti climatici e le loro conseguenze (Fighera e Manti, 2012).

Variazioni e cambiamenti dei fattori climatici, essenzialmente correlati alle precipitazioni, alle temperature e alla loro intensità e/o variabilità, determinano sempre più spesso effetti che si distribuiscono in modo asimmetrico in funzione del fenomeno in sé e delle caratteristiche dei fattori esposti e dei contesti geografici, determinando impatti ambientali e socioeconomici spesso molto diversificati (European Union, 2024). Rischi e impatti climatici si distribuiscono in modo disordinato, non omogeneo né uniforme nei territori, che in modo diverso risulteranno esposti ai pericoli climatici.

In questo studio viene valutato il livello di esposizione dei comuni campani ad una serie di pericoli connessi ai cambiamenti climatici e ritenuti essenziali ai fini delle verifiche climatiche; essi sono le precipitazioni intense e concentrate (PC), le precipitazioni intense e prolungate (PP), le ondate di caldo (C), la siccità (S), le ondate di freddo (F), l'erosione e le inondazioni costiere (I). Al contempo, viene valutato il grado di sensibilità a tali pericoli delle differenti tipologie di infrastrutture potenzialmente realizzabili nell'ambito delle opere edilizie, di quelle legate alla gestione delle risorse idriche, di quelle connesse allo smaltimento dei rifiuti e, infine, di quelle relative alla mobilità (Figura 1). Nel dettaglio tra queste opere si annoverano le reti di raccolta acque reflue e piovane, gli impianti di depurazione (trattamento acque reflue urbane e industriali), gli impianti di energie rinnovabili (fotovoltaici ed eolici), le reti di approvvigionamento acque potabili e le reti idriche (compreso opere quali sollevamenti, potabilizzatori), gli impianti di trattamento dei rifiuti meccanici/organici, le infrastrutture ferroviarie, le infrastrutture per la viabilità, le infrastrutture portuali, le infrastrutture logistiche, le infrastrutture edilizie o produttive a supporto di servizi socioculturali, sanitari e/o di ricerca.

La vulnerabilità di queste infrastrutture agli effetti dei cambiamenti climatici, seguendo l'approccio suggerito dagli indirizzi europei e

nazionali, è determinata dalla combinazione di due aspetti: il grado di sensibilità delle componenti del progetto ai pericoli climatici ed il livello di esposizione agli stessi pericoli climatici (attuali e futuri) nel luogo specifico prescelto per il progetto.

	Precipitazioni intense e concentrate	Precipitazioni intense e persistenti	Siccità	Ondate di freddo	Ondate di caldo	Erosione e inondazioni costiere
Reti di raccolta acque reflue e piovane	Alto	Alto	Basso	Basso	Basso	Medio
Impianti di depurazione (trattamento acque reflue urbane e industriali)	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio
Impianti di produzione di energia rinnovabile	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Basso
Reti di approvvigionamento acque potabili e reti idriche	Alto	Alto	Alto	Medio	Basso	Medio
Impianti di trattamento dei rifiuti meccanici/organici	Alto	Alto	Basso	Medio	Medio	Basso
Infrastrutture di rete ferroviarie e metropolitane	Medio	Medio	Basso	Medio	Medio	Basso
Infrastrutture per la viabilità	Medio	Medio	Basso	Alto	Medio	Basso
Infrastrutture portuali	Medio	Medio	Basso	Medio	Medio	Alto
Infrastrutture logistiche	Medio	Medio	Basso	Medio	Medio	Basso
Infrastrutture tecniche di supporto al trasporto pubblico locale	Medio	Medio	Basso	Medio	Medio	Basso

**Figura 1.** Matrice di sensibilità tra la tipologia delle opere infrastrutturali ed i pericoli climatici.

### 3. Dati del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici

Il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) è stato redatto dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) con il supporto dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) per fornire un quadro di indirizzo nazionale per l'implementazione di azioni finalizzate a ridurre al minimo possibile i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, a migliorare la capacità di adattamento dei sistemi socioeconomici e naturali, nonché a trarre vantaggio dalle eventuali opportunità che si potranno presentare con le nuove condizioni climatiche (MASE-ISPRA, 2024). Il PNACC è stato, inoltre, elaborato per dare attuazione alla Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC), approvata con

Decreto Direttoriale n. 86 del 16/06/2015 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Il Piano, dopo essere stato sottoposto a procedura di valutazione ambientale strategica (VAS) conclusasi il 4/08/2023 con Decreto Ministeriale n. 256, è stato approvato in data 21/12/2023 con Decreto Ministeriale n. 434. Esso risponde a una duplice esigenza: quella di realizzare l'istituzione di un'apposita struttura di governance nazionale e quella di produrre un documento di indirizzo, finalizzato a porre le basi per una pianificazione di breve e di lungo termine per l'adattamento ai cambiamenti climatici (MASE, 2024).

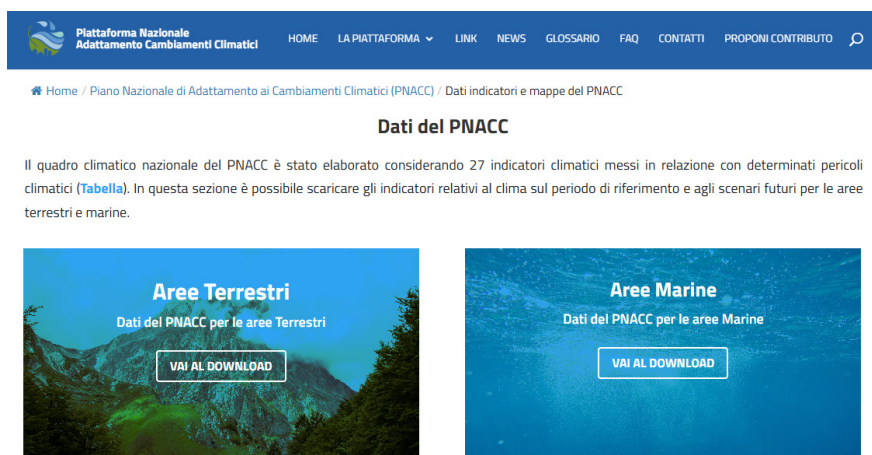
A seguito della pubblicazione nel febbraio 2024 di tutti i dati climatici utilizzati per la redazione del Piano attraverso una piattaforma web dedicata (Figura 2) sono stati acquisiti digitalmente integralmente questi ultimi in formato raster georiferito in coordinate geografiche WGS84.

I file raster rappresentano gli indicatori climatici relativi al clima sul periodo di riferimento ed alla variazione attesa nello scenario futuro per le aree terrestri e marine elaborati dal Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC) con il supporto del Copernicus Climate Change Service gestito dal Centro Europeo per le Previsioni Meteorologiche a Medio Termine (ECMWF) e dall'iniziativa EURO-Cordex (European Environment Agency – EEA).

Lo scenario di riferimento (attuale) elaborato dai climatologi si basa sull'applicazione dei modelli climatici alle rilevazioni meteo-climatiche eseguite nel trentennio dal 1981 al 2010. La variazione attesa (futura) degli indicatori si riferisce al trentennio dal 2036 al 2065 ed è simulata per i tre differenti scenari di emissioni: RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Lo scenario RCP2.6 (representative concentration pathways – percorsi rappresentativi di concentrazioni) prevede un forzante radiativo nel 2100 di 2,6 W/m<sup>2</sup> dovuto ai provvedimenti in favore del clima ed al pieno raggiungimento degli obiettivi dell'Accordo di Parigi del 2016; lo scenario RCP4.5 ipotizza un forzante radiativo nel 2100 di 4,5 W/m<sup>2</sup> dovuto ad un'emissione di gas a effetto serra arginata, ma con concentrazioni nell'atmosfera aumentate nei prossimi 50 anni; lo scenario RCP8.5, infine, prevede un forzante radiativo nel 2100 di 8,5 W/m<sup>2</sup> a causa di un aumento continuo dei gas a effetto serra e di nessun provvedimento in

favore della protezione del clima (European Union, 2014). In generale, lo scenario RCP8.5 rappresenta la condizione più cautelativa in quanto descrive l'evoluzione del clima per uno scenario di emissioni "business as usual – tutto come al solito" caratterizzato dal verificarsi di un consumo intensivo di combustibili fossili e dalla mancata adozione di qualsiasi politica di mitigazione (PNACC, 2024) e, per questo motivo, è lo scenario di emissioni futuro adottato in questo lavoro.

La risoluzione dei dati raster è di 0,16 gradi in coordinate geografiche, corrispondente, mediamente, a 13,5 x 17,5 km in coordinate metriche.



**Figura 2.** La pubblicazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC).

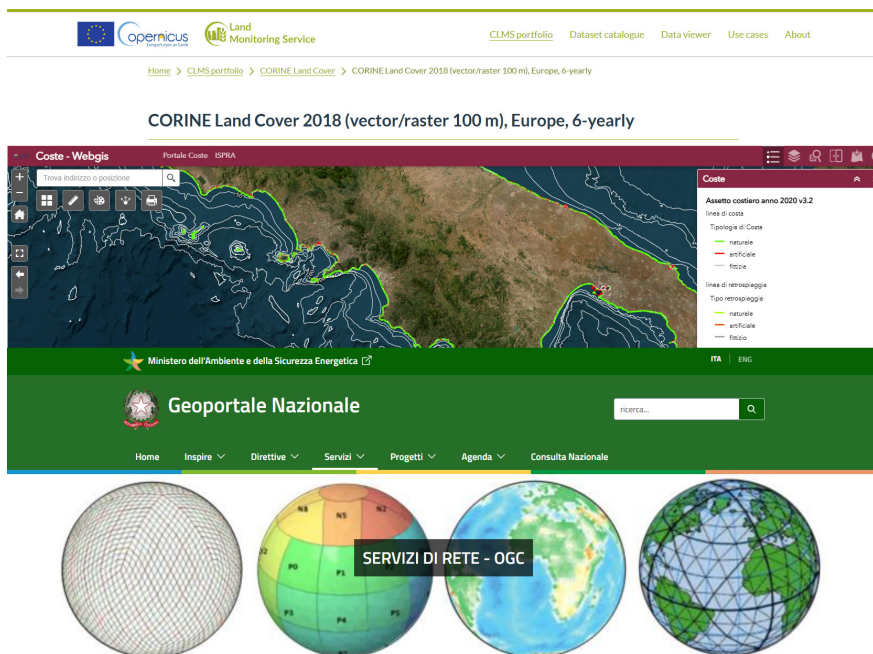
Gli indicatori climatici acquisiti, tralasciando alcuni indici specifici e quelli marini, sono: gradi giorni di raffrescamento; giorni consecutivi secchi; indice di durata dei periodi di freddo; giorni con gelo; gradi giorni di riscaldamento; temperatura media annuale; indice di disagio termico; evapotraspirazione potenziale; 99° percentile della precipitazione giornaliera per i giorni con precipitazione maggiore/uguale a 1 mm; precipitazione cumulata nei giorni piovosi; giorni di precipitazioni intense; valore massimo della precipitazione giornaliera; indice di intensità di precipitazione giornaliera; indice standardizzato di precipitazione per periodi di 12 mesi – extreme dry; indice standardizzato di

precipitazione per periodi di 24 mesi – extreme dry; giorni estivi; notti tropicali; giorni caldi e secchi; indice di durata dei periodi di caldo; giorni caldi e piovosi.

#### **4. Procedure GIS**

Tutte le informazioni climatiche a carattere geografico acquisite dalla piattaforma Piano sono, come in precedenza descritto, in formato di immagini digitali georiferite costituite, quindi, a copertura dell'intero territorio nazionale, dall'insieme di migliaia di pixel, a loro volta espressione del singolo valore dello specifico tematismo per ogni singola cella spaziale. Applicando apposite procedure di statistiche zonali da elementi raster ad elementi vettoriali queste informazioni climatiche sono state trasformate in attributi numerici associati al geodatabase di progetto derivato dai limiti amministrativi comunali ISTAT 2023 in formato ESRI shapefile.

Al fine di ottenere un'indicazione quantitativa sullo scenario climatico futuro (trentennio 2036-2065) per ogni comune della Campania a ciascun valore degli indicatori dello scenario climatico attuale è stato sommato algebricamente il valore della variazione attesa di tali indicatori nella proiezione futura in uno scenario ipotizzato di emissione RPC8.5. In questo modo è stato popolato per ogni indicatore un nuovo campo avente come attributi i valori "assoluti" e non più quelli "relativi" espressione, questi ultimi, di una variazione attesa dello specifico indicatore nel futuro e quindi non classificabili utilizzando la stessa scala adottata per il periodo di riferimento attuale.



**Figura 3.** Le principali fonti consultate per i dati territoriali ed ambientali.

Il geodatabase di progetto, proiettato in coordinate UTM-WGS84 Fuso 33N, consta di 550 record corrispondenti ai comuni della Regione Campania per i quali è stato progressivamente implementato il corredo tabellare, tranne che per i comuni dell'isola d'Ischia oggetto di uno studio dettagliato finanziato dalla Banca Europea per gli Investimenti (BEI, 2024).

Le informazioni, di tipo territoriale ed ambientale (Figura 3), sono state acquisite in formato vettoriale da siti istituzionali e da geoportali nazionali ed internazionali e, mediante operazione di sovrapposizione, sono state trasferite al geodatabase di progetto. La superficie comunale (mq), la popolazione residente (fonte ISTAT), la quota media (fonte ISTAT), la percentuale di superficie urbanizzata (fonte CLC 2018), la percentuale di superficie boschiva (fonte CLC 2018), la percentuale delle aree a pericolosità idraulica elevata-media-bassa (dato PGRA, fonte MASE-ISPRA), la percentuale delle aree a pericolosità da frana molto elevata e molto elevata (dato PAI, fonte MASE-ISPRA), il rapporto

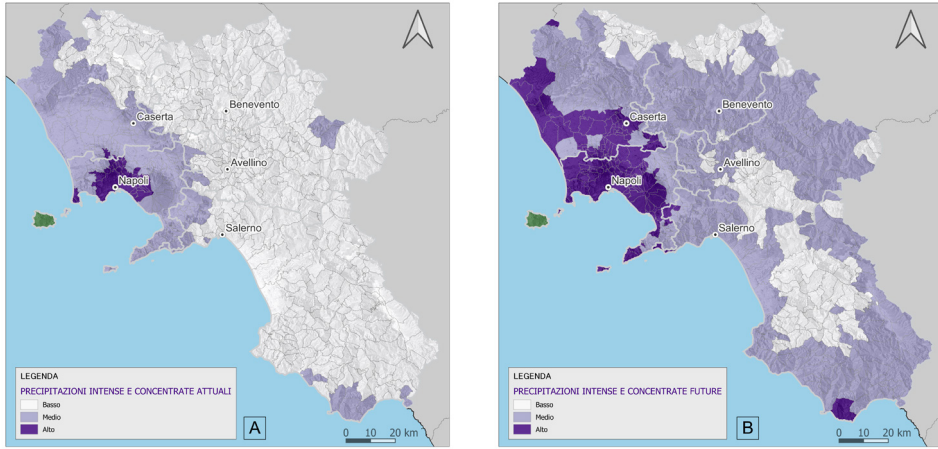
tra la costa in erosione e la costa totale (Portale delle Coste, ISPRA 2022) sono gli attributi aggiunti ad ogni comune campano (Iuliano et alii, 2022).

Per definire i “pericoli climatici significativi” da tutti gli indicatori climatici acquisiti dal Piano e confluiti nel geodatabase di progetto ne sono stati individuati 6 “principali”: giorni consecutivi secchi (CDD), giorni con gelo (FD), giorni di precipitazioni intense (R20), valore massimo della precipitazione giornaliera (RX1DAY), indice di durata dei periodi di caldo (WSDI) ed innalzamento del mare (SSH). Il valore di ciascuno di questi indicatori, sia per lo scenario attuale che per quello atteso, è stato elaborato algebricamente con i valori delle componenti territoriali di specifica attinenza utilizzando apposite espressioni nel calcolatore di campi. Tali espressioni hanno simulato numericamente l’influenza delle componenti territoriali sui pericoli climatici aumentandone o diminuendone l’entità in base alla loro presenza ed alla loro influenza. Ad esempio, un comune intensamente urbanizzato è maggiormente esposto alle conseguenze delle precipitazioni intense (incremento della pericolosità), così come un comune con elevata percentuale di costa in erosione, espressione di fragilità morfologica e di squilibrio sedimentario, è maggiormente esposto a fenomeni erosionali e ad alluvioni costiere (incremento della pericolosità), mentre un comune con estese superfici boschive è meno soggetto a fenomeni di caldo e di siccità (mitigazione della pericolosità). In questo modo sono stati valutati e classificati i pericoli climatici significativi già elencati in precedenza: precipitazioni intense e concentrate, precipitazioni intense e persistenti, siccità, ondate di caldo, ondate di freddo, inondazioni ed erosione costiere.

In totale sono 110 i campi aggiunti all’originario shapefile ISTAT che, considerando il numero di record, porta l’intero geodatabase di progetto a contenere 60.500 dati di tipo territoriale, amministrativo e climatico, tutti in relazione tra loro sia per i contenuti informativi interrogabili mediante query alfanumeriche che per la posizione geografica propedeutica alle rappresentazioni tematiche ed alle analisi topologiche.

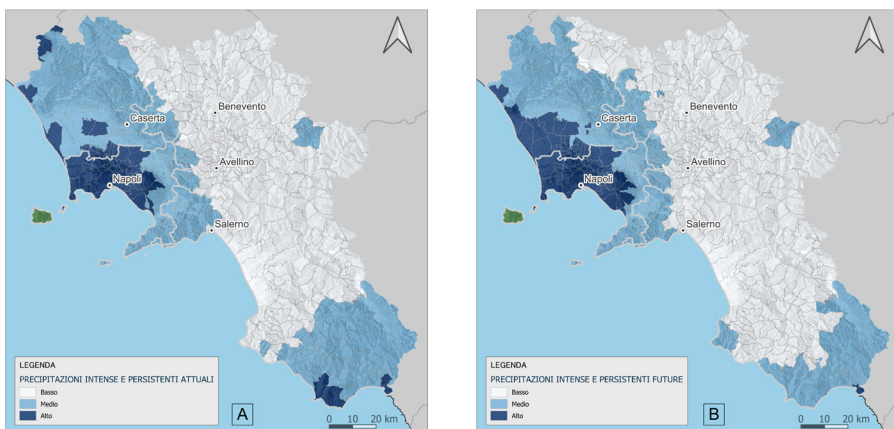
## 5. Risultati

L'indicatore climatico adottato per definire l'esposizione al pericolo connesso alle "precipitazioni intense e concentrate" è il valore massimo della precipitazione giornaliera (RX1DAY); le componenti territoriali selezionate per la loro influenza su questo pericolo climatico sono la superficie urbanizzata, la pericolosità da frana p3 e p4 PAI e la pericolosità da alluvione p1 PGRA che ne incrementano l'intensità, mentre la superficie boschiva costituisce la componente territoriale che, invece, ne mitiga gli effetti. I comuni maggiormente esposti a tale pericolo, nello scenario climatico attuale, sono essenzialmente quelli in un'ampia fascia a ridosso della costa che si estende dalla foce del F. Garigliano alla Penisola Sorrentina comprendendo le città di Napoli e Caserta e qualche comune costiero nel Cilento (Figura 4). Nello scenario climatico futuro tale distribuzione geografica si ripete, ma la fascia dei comuni esposti ad un livello alto di questo pericolo climatico si allarga verso l'interno a nord della Campania e si espande nel Cilento, mentre aumentano sensibilmente pure i comuni esposti ad un livello medio di tale pericolo interessando l'intera fascia costiera campana e la città di Benevento (Figura 4). Analizzando le statistiche dei campi del database dei comuni classificati in funzione del pericolo connesso alle "precipitazioni intense e concentrate" si registra che dallo scenario climatico presente a quello futuro 86 comuni passano da una classificazione di pericolo basso ad una di pericolo medio (39 comuni) e ad una di pericolo alto (47 comuni) portando il numero totale di comuni con un livello alto di esposizione a questo pericolo climatico a 186 (Figura 10).



**Figura 4.** Esposizione dei comuni della Campania al pericolo dovuto alle precipitazioni intense e concentrate per lo scenario attuale (A) e per quello futuro (B).

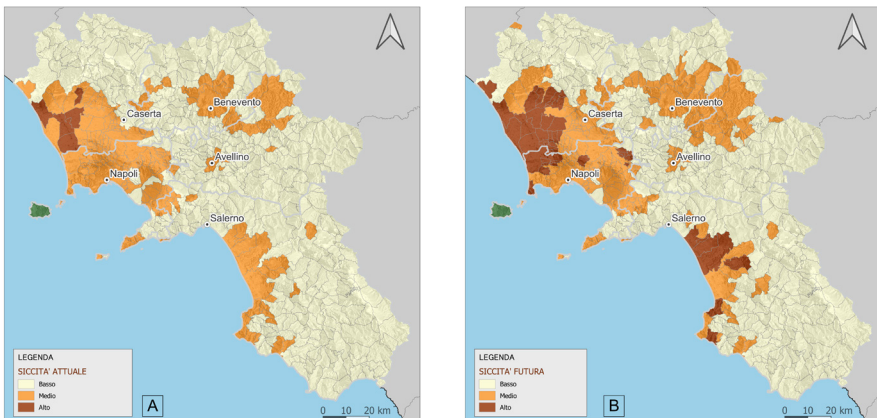
Il numero di giorni di precipitazioni intense superiori a 20 mm (R20) è l'indicatore climatico utilizzato per valutare l'esposizione al pericolo collegato alle "precipitazioni intense e persistenti"; ad incrementare il livello di tale pericolo concorrono la superficie urbanizzata, la pericolosità da frana p3 e p4 e la pericolosità da alluvione p1, mentre la presenza di superficie boschiva ne determina una mitigazione.



**Figura 5.** Esposizione dei comuni della Campania al pericolo connesso alle precipitazioni intense e persistenti per lo scenario attuale (A) e per quello futuro (B).

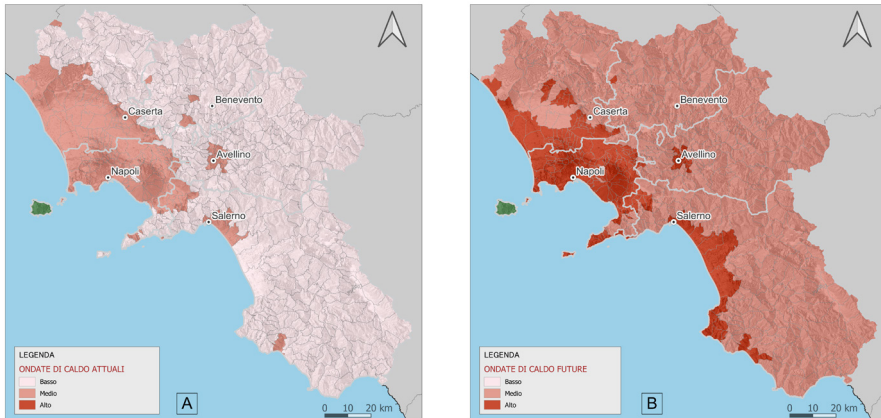
Anche per questo pericolo i comuni maggiormente esposti, nello scenario climatico attuale, sono essenzialmente quelli a ridosso della costa compresa dalla foce del F. Garigliano alla Penisola Sorrentina e quelli nel Cilento meridionale (Figura 5). Nello scenario climatico futuro tale distribuzione geografica si ripete, ma la fascia costiera dei comuni a pericolo alto e medio si allarga verso l'interno nelle province di Napoli e Caserta e si riduce, invece, nel Cilento (Figura 5). Dall'osservazione delle statistiche dei campi del database relative alle precipitazioni intense e persistenti emerge, infatti, che 30 comuni classificati a livello medio per tale pericolo si spostano, passando dallo scenario attuale a quello futuro, rispettivamente nel livello più basso (21 comuni) e nel livello più alto (9 comuni) come riportato nella figura 10.

La componente territoriale che naturalmente riduce l'esposizione al pericolo climatico dovuto alla "siccità" è la superficie boschiva; il livello di esposizione a questo pericolo viene valutato computando il numero di giorni consecutivi secchi (CDD), ossia il numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera minore di 1 mm. Osservando la distribuzione dei comuni interessati da questo pericolo climatico nello scenario attuale si rileva una concentrazione nelle aree costiere delle province di Caserta e Napoli, nel beneventano e nella pianura costiera del F. Sele (Figura 6). Nello scenario futuro circa 40 comuni passano dal livello basso di pericolo per siccità al livello medio ed altrettanti passano, a loro volta, da quello medio a quello alto (Figure 6 e 10).



**Figura 6.** Esposizione dei comuni della Campania al pericolo collegato alla siccità per lo scenario attuale (A) e per quello futuro (B).

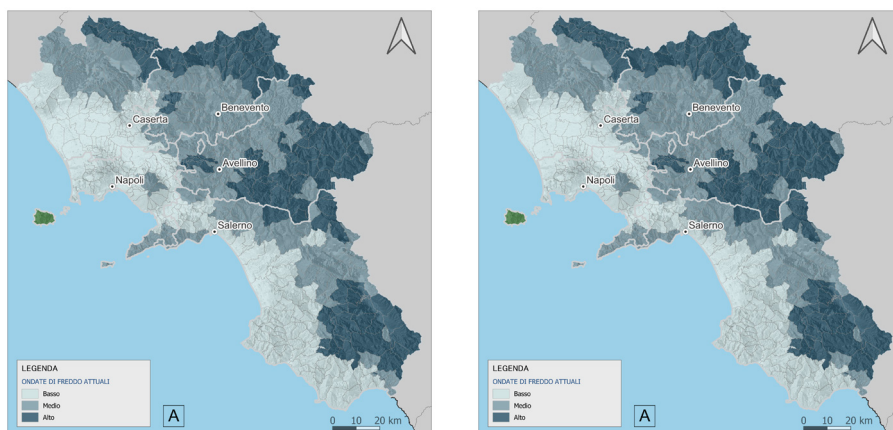
L'esposizione dei comuni campani al pericolo climatico dovuto alle "ondate di caldo" mostra una notevole ed allarmante variazione tra lo scenario climatico attuale e quello futuro (Figura 7) segnata dall'assenza di comuni a livello alto di pericolo nel primo scenario (attuale) ed alla scomparsa di comuni a livello basso di pericolo nel secondo, cioè quello futuro (Figura 10). Questo pericolo climatico viene valutato elaborando l'indice di durata dei periodi di caldo (WSDI) che esprime il numero totale di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile della temperatura massima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi e, anche per questo pericolo, i comuni più esposti si posizionano nelle aree costiere della Campania.



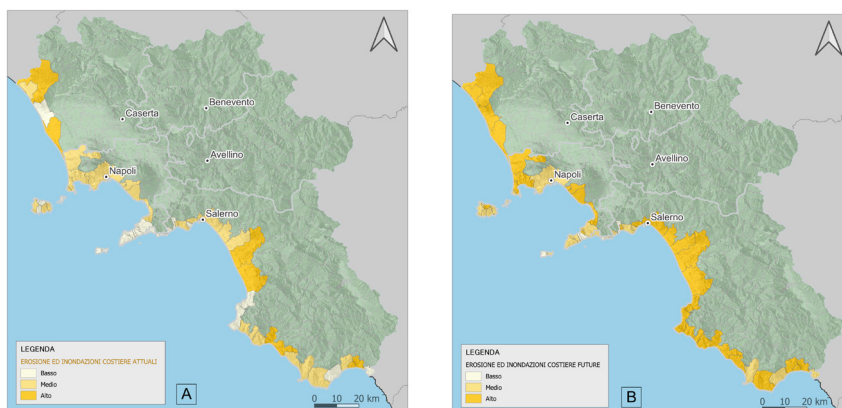
**Figura 7.** Esposizione dei comuni della Campania al pericolo dovuto alle ondate di caldo per lo scenario attuale (A) e per quello futuro (B).

Anche per l'esposizione al pericolo climatico dovuto alle "ondate di freddo", stimato utilizzando come indicatore climatico il numero di giorni con gelo (FD), ossia il numero di giorni con temperatura minima giornaliera inferiore a 0°C, e senza adottare componenti territoriali, si osserva una drastica variazione tra lo scenario climatico attuale e quello futuro (Figura 8). Infatti, gli oltre 100 comuni classificati oggi con un livello alto per tale pericolo e ubicati a ridosso dei rilievi appenninici e cilentani si riducono a 3 nel futuro e 191 sono i comuni che passano dal livello medio a quello basso (Figura 10). Questi risultati, così

come quelli della siccità, sono in accordo con tutti gli studi e le ricerche di settore che individuano un intenso surriscaldamento globale “global warming” in atto (PNACC, 2024).



**Figura 8.** Esposizione dei comuni della Campania al pericolo connesso alle ondate di freddo per lo scenario attuale (A) e per quello futuro (B).



**Figura 9.** Esposizione dei comuni della Campania al pericolo collegato all’erosione ed alle inondazioni costiere per lo scenario attuale (A) e per quello futuro (B).

L'innalzamento previsto del livello del mare (SSH) abbinato alla fragilità geomorfologica della costa utilizzata come componente territoriale definisce l'esposizione al pericolo climatico legato alle inondazioni ed erosione costiere per i 60 comuni costieri della Campania, negli scenari presente e futuro, non conteggiando quelli ischitani (Figura 9). Sono naturalmente più esposti a questo pericolo i litorali bassi e sabbiosi impostati sulle ampie pianure costiere dei fiumi Garigliano, Volturno e Sele che, nello scenario futuro, passano dal livello di pericolo basso e medio a quello alto (Figura 10).

	Livello di pericolosità	Attuale	Futuro	Variazione
<b>Precipitazioni intense e concentrate</b>	Basso	214	128	-86
	Medio	191	230	39
	Alto	139	186	47
<b>Precipitazioni intense e persistenti</b>	Basso	246	267	21
	Medio	234	204	-30
	Alto	64	73	9
<b>Ondate di freddo</b>	Basso	211	509	298
	Medio	223	32	-191
	Alto	110	3	-107
<b>Ondate di caldo</b>	Basso	383	0	-383
	Medio	161	391	230
	Alto	0	153	153
<b>Siccità</b>	Basso	361	323	-38
	Medio	178	175	-3
	Alto	5	46	41
<b>Erosione ed inondazioni costiere</b>	Basso	25	6	-19
	Medio	27	21	-6
	Alto	8	33	25

**Figura 10.** Statistiche delle classificazioni dei comuni in funzione del loro livello di esposizione ai pericoli climatici nello scenario attuale ed in quello futuro.

Analizzando le mappe di esposizione ai differenti pericoli climatici nello scenario attuale ed in quello futuro ed osservando le statistiche dei campi del geodatabase si evince che il pericolo climatico maggiormente incidente nello scenario futuro è rappresentato dalle ondate di caldo (Figura 7). Tale pericolo interesserà in modo piuttosto omogeneo l'intero territorio regionale configurando condizioni climatiche completamente differenti e ben più esasperate rispetto al periodo di

riferimento attuale. Anche la siccità e le precipitazioni intense e concentrate (Figure 4 e 6), pur interessando prevalentemente aree interne e costiere, determineranno nello scenario futuro pericoli climatici da valutare attentamente nella progettazione e nella realizzazione degli interventi infrastrutturali.

Utilizzando la matrice di sensibilità (Figura 1) che definisce, prescindendo dalla loro ubicazione, i livelli di sensibilità (basso, medio e alto) per le opere infrastrutturali in funzione dei pericoli climatici e correlandola con i livelli di esposizione ai pericoli climatici (basso, medio, alto) assegnati al singolo territorio comunale dallo studio climatico (Figura 10) si è ottenuta per ogni comune la vulnerabilità di ogni tipologia di infrastruttura anch'essa restituita nei livelli basso, medio ed alto. Per poter far questo i livelli di sensibilità e di esposizione al pericolo sono stati prima convertiti in valori numerici: basso = 1, medio = 2, alto = 3. Successivamente il livello di vulnerabilità è stato definito mediante il calcolo del valore medio sommando il valore della sensibilità a quello dell'esposizione e poi dividendo per 2 in modo da ottenere valori compresi tra 1 e 3 poi riconvertiti in testi con lo schema inverso 1 = basso, 2 = medio, 3 = alto.

Una restituzione, seppur non del tutto completa, di tale mole di informazioni è stata strutturata sia sotto forma di schede climatiche comunali (Figura 11), sia rappresentata con mappe tematiche declinate per tutti i pericoli climatici significativi nello scenario attuale ed in quello futuro (Figure 4, 5, 6, 7, 8, 9) e sia pubblicata in rete mediante webgis attraverso la piattaforma Hub Regione Campania (<https://hubcampania.maps.arcgis.com>, Figura 11). In ciascuna scheda climatica comunale sono riportati i dati salienti del comune (estensione, abitanti, ecc.), le componenti territoriali che influenzano i pericoli climatici, gli indicatori climatici, la matrice della sensibilità delle infrastrutture e la vulnerabilità delle infrastrutture nello scenario climatico attuale ed in quello futuro (Figura 12).

Infine, attraverso lo spazio dedicato sulla piattaforma web Hub Regione Campania, in corso di allestimento con applicativi ESRI, denominato "Pericoli climatici – Regione Campania 2025" sarà possibile per tutti gli utenti utilizzare le funzioni al momento riservate ai soli funzionari regionali tra cui visualizzare e interrogare, sia in modo spaziale

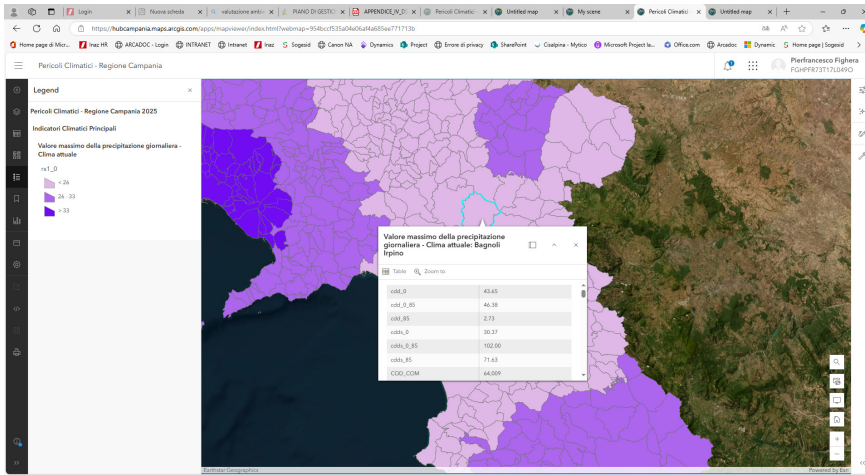


Figura 11. Webgis Pericoli Climatici in Regione Campania 2025.

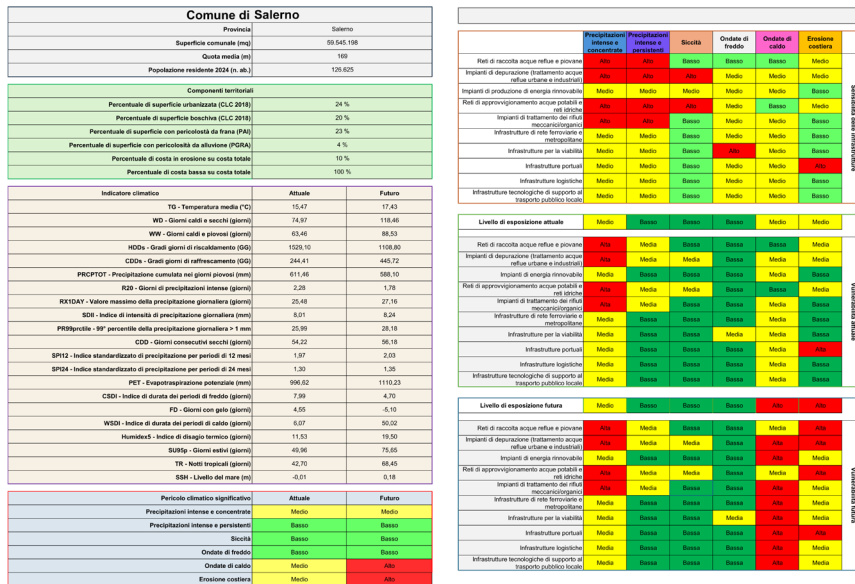


Figura 12. Scheda climatica del comune di Salerno.

che in modo alfanumerico, tutti i dati, le informazioni, le tabelle e le schede presentati in questo lavoro nonché realizzare ogni specifica mappa tematica nelle opportune scale di rappresentazione.

## 6. Conclusioni

I risultati di questo lavoro sono stati posti a fondamento degli “Strumenti tecnici e indirizzi operativi per l’elaborazione dello studio di valutazione climatica – pilastro adattamento”, approvati dall’Autorità di Gestione del PR FESR al fine di supportare i proponenti nell’elaborazione delle analisi ed i responsabili nella valutazione dei progetti favorendo, in questo modo, il conseguimento di una maggiore immunizzazione degli investimenti infrastrutturali nei confronti dei pericoli connessi ai cambiamenti climatici (Decreto Dirigenziale della Regione Campania n. 187 del 13/09/2024).

Gli strumenti previsti dal Decreto n. 187 sono improntati a fornire un quadro univoco sugli scenari climatici attuali e su quelli attesi ed anche sui pericoli climatici significativi da considerare nelle analisi e nelle valutazioni della vulnerabilità ai cambiamenti climatici. Si configurano, pertanto, livelli conoscitivi condivisi e percorsi omogenei rispetto ai criteri da utilizzare per l’analisi della sensibilità ai pericoli climatici, indipendente dalla loro localizzazione, delle diverse tipologie di infrastrutture e si suggeriscono indicazioni operative e procedurali per l’integrazione delle eventuali misure di mitigazione e per la riduzione degli eventuali rischi climatici identificati.

Se ad esito delle valutazioni emergono livelli alti di rischio, si propongono misure di mitigazione e di adattamento finalizzate a ricondurre ad un livello accettabile il rischio, affinché queste possano essere integrate nella progettazione allo scopo di migliorarne la resilienza al cambiamento climatico. Negli strumenti adottati si offrono esempi di tipologie di misure di mitigazione e di adattamento in funzione del pericolo climatico e delle tipologie di infrastrutture.

I dati di base utilizzati, i dati prodotti dalle elaborazioni geostatistiche, tutte le mappe di distribuzione dei pericoli climatici e delle componenti territoriali considerate nelle analisi dell’esposizione, sono in avanzata fase di pubblicazione su Hub Regione Campania, il geoportale regionale che potrà contribuire alla diffusione delle informazioni e ad offrire strumenti conoscitivi e analitici utili alle valutazioni dei decisori, dei tecnici e dei cittadini.

Le procedure GIS-based ideate, applicate e descritte potranno essere utilizzate per l’aggiornamento del geodatabase dei comuni della

Campania con i pericoli climatici quando la comunità scientifica e/o gli enti istituzionali preposti renderanno disponibili nuovi dati ed in particolare quando sia la risoluzione spaziale o quella temporale di questi ultimi verrà incrementata. Inoltre, le stesse procedure potranno essere usate per elaborare dati climatici provenienti da fonti diverse da quelle finora consultate per migliorarne l'attendibilità, per assicurare un supporto ancora più efficiente agli operatori impegnati nella realizzazione degli investimenti infrastrutturali e per garantire una maggiore immunizzazione di questi ultimi dai pericoli connessi ai cambiamenti climatici.

### Riferimenti bibliografici

- [1] Banca Europea per gli Investimenti (BEI) (2024) – Resilienza climatica nei progetti di investimento – Opzioni di investimento per l'adattamento ai cambiamenti climatici dell'Isola d'Ischia per la ripresa e la ricostruzione.
- [2] Commissione Europea (2021) – Orientamenti tecnici per infrastrutture a prova di clima nel periodo 2021-2027.
- [3] Commissione Europe (2023) – EU-level technical guidance on adapting buildings to climate change, Publications Office of the European Union.
- [4] Dipartimento per le Politiche di Coesione e per il Sud (DPCOE), Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), JASPERS, (2023) – Nota metodologica Principi per la verifica climatica dei progetti infrastrutturali in Italia per il periodo 2021-2027.
- [5] European Union (2024) – European Climate Risk Assessment Report.
- [6] FIGHERA P., MANTI E. (2012). I cambiamenti climatici nelle politiche per lo sviluppo territoriale, in Aa.Vv. I cambiamenti climatici tra mitigazione e adattamento. Politiche e scenari per lo sviluppo sostenibile dei territori delle Regioni Obiettivo Convergenza 2007-2013, MATTM PON GAS – Linee guida in materia di sviluppo sostenibile, Roma.
- [7] IULIANO S., CAPRI G., FIGHERA P., SCOPECE G., TERRANOVA C. (2022). Sistemi Informativi Territoriali a supporto della Valutazione Ambientale Strategica del Piano di Gestione dello Spazio Marittimo Italiano – GIS Day 2022, DOI 10.53136/979122181010314.
- [8] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) / Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) (2024)

- Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC 2024) – Decreto Ministeriale n. 434 del 21/12/2023.
- [9] Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM (2015) – Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC) – Decreto Direttoriale n. 86 del 16/06/2015.
- [10] Regione Campania, 2024 – Manuale di Attuazione del PR FESR 2021/2027- Decreto Dirigenziale n. 49 del 22/03/2024.
- [11] Regione Campania (2024) – Strumenti tecnici e indirizzi operativi per l’elaborazione dello studio di valutazione climatica – pilastro adattamento. Decreto Dirigenziale n. 187 del 13/09/2024.

## Sitografia

<https://c.ramboll.com/adapting-buildings>

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

<https://climadat.isprambiente.it/pnacc/dati-indicatori-mappe-pnacc/>

<https://climate.copernicus.eu/>

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/it/metadata/portals/euro-cordex>

<https://gn.mase.gov.it/portale/servizi-di-rete-ogc>

<https://www.istat.it/notizia/basi-territoriali-e-variabili-censuarie/>

<https://prfesr2127.regione.campania.it/index.php/dnsh-e-climate-proofing>

<https://www.cmcc.it/it>

<https://www.ecmwf.int/>