

## **Nota metodologica**

Gli indici ESPIVaR (*Environmental, Socio-economic, Political-Institutional Vulnerability and Resilience indices*) sono indici composti che, attraverso l'aggregazione di numerosi indicatori, consentono di sintetizzare in un'unica misura un fenomeno complesso e multidimensionale come la vulnerabilità e la resilienza territoriali. Nell'impostazione metodologica del progetto UNVEIL, vulnerabilità e resilienza non sono considerate concetti opposti, ma correlati. Infatti, un comune può essere vulnerabile ma al tempo stesso resiliente. Gli indici ESPIVaR pertanto catturano entrambi questi aspetti in un indice unico.

Gli indici ESPIVaR misurano il livello di vulnerabilità e resilienza dei comuni italiani rispetto a tre tipi di rischi e/o crisi: idrogeologico, sanitario, economico-finanziario.

Per ciascuno di questi tre rischi/crisi è stato costruito un indice specifico. Ogni indice, a sua volta, è articolato in tre sotto-indici, corrispondenti a tre dimensioni: socio-economica, ambientale e politico-istituzionale. Queste dimensioni permettono di cogliere come le risorse socio-economiche, le caratteristiche geografico-ambientali e i fattori istituzionali e politici di un territorio influenzino sia il suo livello di esposizione al rischio sia la sua capacità di reagire e adattarsi a eventi avversi.

I dati raccolti si riferiscono a 7.901 comuni italiani (numero ufficiale a dicembre 2023). Per ciascun comune, sono disponibili 12 valori. Tre sono gli indici ESPIVaR principali, uno per ciascuna delle tre categorie di rischio o crisi considerate: idrogeologico, sanitario, economico-finanziario. Per ciascuno di questi tre rischi/crisi, ci sono tre sotto-indici che misurano le diverse dimensioni della vulnerabilità o resilienza del territorio (dimensione socio-economica, ambientale, politico-istituzionale). Gli indici assumono valori compresi tra 87 e 122, dove valori più elevati indicano un livello di vulnerabilità maggiore.

### **1. La vulnerabilità e la resilienza territoriali e le loro componenti**

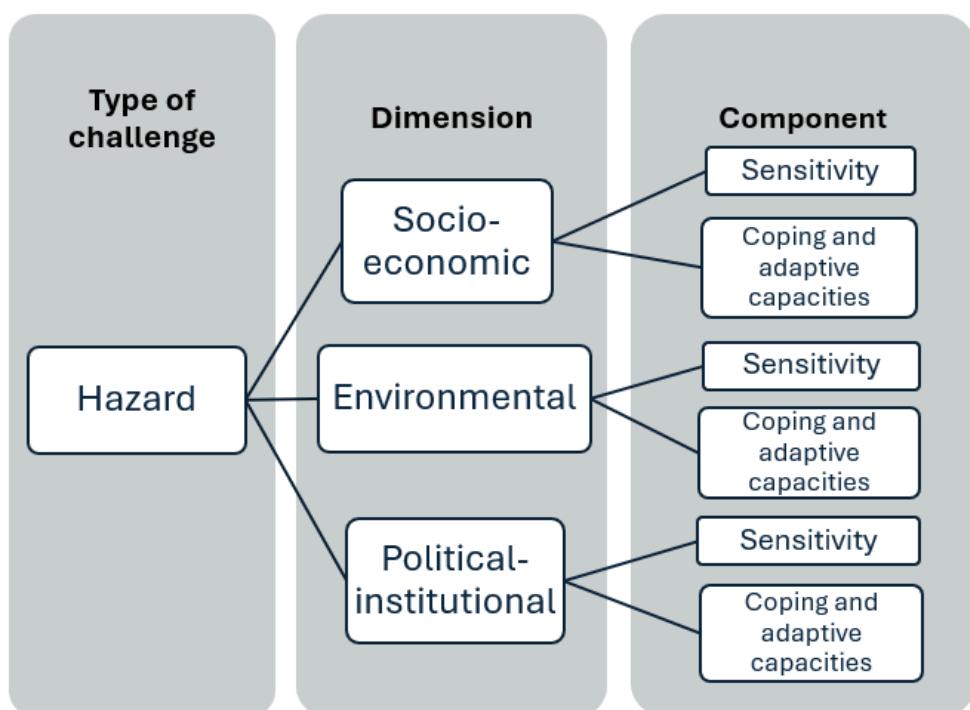
La vulnerabilità e la resilienza territoriali sono fenomeni multidimensionali che riflettono il modo in cui diverse caratteristiche di una città, provincia, regione influenzano la capacità di quel territorio di far fronte a rischi ed eventi avversi. La vulnerabilità si riferisce maggiormente ad aspetti *strutturali e passivi* del territorio, ossia l'insieme delle sue caratteristiche intrinseche che ne determinano il grado di esposizione e sensibilità a rischi e/o crisi e che ne limitano la capacità di resistenza. Il concetto di resilienza, invece, riguarda la dotazione di fattori, capacità e risorse che consentono al territorio di prevenire, attenuare e reagire a shock esterni. In questo caso, si tratta di aspetti più *proattivi*. Gli indici ESPIVaR includono indicatori riconducibili sia alla vulnerabilità che alla resilienza (vedi Tabella 1).

Studi precedenti confermano che i fattori determinanti la vulnerabilità e la resilienza sono specifici al tipo di rischio considerato. Per questo motivo non è possibile costruire un indice unico, ma, al contrario, occorre innanzitutto identificare i possibili rischi a cui un'area può essere esposta e, solo successivamente, identificare i fattori che incidono su tale esposizione. In linea con questo approccio, abbiamo sviluppato tre indici ESPIVaR diversi, uno per ciascuno dei principali rischi o crisi che i comuni italiani si trovano ad affrontare, o che potrebbero dover affrontare nel prossimo futuro, vale a dire rischi idrogeologici, crisi sanitarie, crisi economico-finanziarie.

Nel nostro impianto concettuale, la vulnerabilità e la resilienza territoriali sono articolate in due componenti principali. La prima componente, definita *sensitivity*, riflette l'insieme delle

caratteristiche naturali, sociali ed economiche preesistenti del territorio e della popolazione al suo interno, che ne determinano l'esposizione a eventi avversi. Questa componente comprende sia fattori che rendono il territorio più a rischio (aspetto passivo di vulnerabilità), sia quelli che limitano le capacità del comune di prevenire una possibile calamità (aspetto proattivo di resilienza). La seconda componente, denominata *coping and adaptive capacities*, riguarda le risorse e le capacità di cittadini, amministrazioni e comunità locali che influiscono sull'abilità del comune a mitigare gli effetti nefasti di una crisi, reagire tempestivamente e, infine, favorire una rapida ripresa. Anche in questo caso, la componente include sia aspetti riconducibili alle caratteristiche strutturali che riducono l'impatto delle emergenze (aspetto passivo di vulnerabilità) sia condizioni e capacità che contribuiscono a contenere il rischio e sostenere la ripresa (aspetto proattivo di resilienza). Come illustrato nella Figura 1, la struttura degli indici ESPIVaR riflette queste due componenti.

*Figura 1. La struttura degli indici ESPIVaR*



## 2. Gli indicatori

Il processo di selezione degli indicatori si basa sulla letteratura esistente e sugli indici di vulnerabilità e resilienza già sviluppati da precedenti ricerche. A questo nucleo iniziale di indicatori abbiamo poi integrato ulteriori indicatori, soprattutto di natura politico-istituzionale, spesso trascurati dalla ricerca. La costruzione degli indici segue un approccio formativo, nel quale gli indicatori rappresentano cause (e non effetti) del fenomeno considerato.

La selezione finale include esclusivamente indicatori i cui dati sono disponibili per tutti i comuni italiani. Quando alcuni dati ritenuti particolarmente importanti per la valutazione della vulnerabilità territoriale non erano disponibili a livello comunale, abbiamo fatto ricorso a misure alternative. Un esempio riguarda lo stato di salute della popolazione, un fattore rilevante per tutti i tipi di rischio

considerati, ma non pubblicato a livello comunale. Per colmare tale lacuna, abbiamo utilizzato i dati provinciali sulla mortalità. In altri casi, come per l'inquinamento atmosferico, non è stato possibile individuare dati affidabili senza introdurre distorsioni significative. I dati sulle emissioni inquinanti sono infatti raccolti solo per un numero limitato di stazioni di osservazione, insufficienti a rappresentare in modo puntuale le diverse realtà comunali. Nella costruzione degli indici ESPIVaR abbiamo preferito privilegiare l'accuratezza, includendo unicamente indicatori in grado di riflettere correttamente il contesto locale. Di conseguenza, pur adottando una prospettiva multidimensionale (sociale, economica, politica e ambientale), la disponibilità dei dati limita, al momento, la dimensione ambientale degli indici relativi ai rischi sanitari ed economici al solo indicatore del consumo di suolo (Tabella 1).

Complessivamente, l'indice ESPIVaR per il rischio idrogeologico comprende 45 indicatori, quello per le crisi sanitarie 38 indicatori e l'indice ESPIVaR per le crisi economico-finanziarie 55 indicatori (l'elenco completo degli indicatori è riportato nella Tabella 1 di seguito).

Per ogni indicatore sono inoltre specificate la dimensione e la componente di vulnerabilità influenzata (*sensitivity* o *coping and adaptive capacities*). Poiché gli indicatori possono influire in modo positivo o negativo sia sulla vulnerabilità sia sulla resilienza, nella Tabella 1 è riportata la direzione dell'effetto riferito specificatamente alla vulnerabilità territoriale, che costituisce il criterio utilizzato per la definizione del segno.

*Tabella 1. Indicatori selezionati per i tre indici ESPIVaR*

<b>Indice ESPIVaR per rischio idrogeologico</b>				
	<b>Dimensione</b>	<b>Componente</b>	<b>Indicatore</b>	<b>Effetto</b>
1	Socio-economica	C&A capacities	Popolazione anziana	+
2		C&A capacities	Bambini	+
3		C&A capacities	Tasso di dipendenza	+
4		Sensitivity	Variazione demografica	+
5		C&A capacities	Dimensione del nucleo familiare	+
6		Sensitivity	Reddito	-
7		C&A capacities	Povertà	+
8		C&A capacities	Livello d'istruzione	+
9		C&A capacities	Tasso di disoccupazione	+
10		Sensitivity	Livello d'istruzione stranieri	+
11		C&A capacities	Tasso di disoccupazione stranieri	+
12		Sensitivity	Case mobili	+
13		C&A capacities	Automobili per abitante	-
14		C&A capacities	Velocità internet (download)	-
15		C&A capacities	Velocità Internet (upload)	-
16		C&A capacities	Velocità internet (latency)	-
17		Sensitivity	Densità della popolazione	+
18		C&A capacities	Stato di salute della popolazione	+
19		C&A capacities	Accessibilità alle stazioni	-
20		C&A capacities	Accessibilità alle autostrade	-
21		C&A capacities	Accessibilità agli aeroporti	-

22		C&A capacities	Altezza degli edifici	-
23		Sensitivity	Tipo di materiale edifici	-
24		Sensitivity	Abitazioni non occupate	+
25		Sensitivity C&A capacities	Abitazioni in affitto	+
26		Sensitivity C&A capacities	Occupati nell'industria primaria	+
27		Sensitivity C&A capacities	Occupati nel settore terziario	-
28		Sensitivity	Densità industriale	+
29	Politico- istituzionale	C&A capacities	Numero di ospedali	-
30		C&A capacities	Numero di posti letto ospedalieri	-
31		Sensitivity	Spese comunali per ambiente	-
32		Sensitivity	Spese comunali per manutenzione territorio	-
33		C&A capacities	Spese comunali per protezione civile	-
34		C&A capacities	Qualità della burocrazia (MAQI Pillar 1)	-
35		C&A capacities	Capacità di spesa del comune (MAQI Pillar 3)	-
36		C&A capacities	Corruzione	+
37		C&A capacities	Instabilità politica	+
38		C&A capacities	Spese comunali per statistica	-
39	Ambientale	Sensitivity	Consumo del suolo	+
40		Sensitivity	Altitudine media	-
41		Sensitivity	Area a rischio idrogeologico	+
42		Sensitivity	Area a rischio frane	+
43		Sensitivity	Popolazione esposta a rischio idrogeologico	+
44		Sensitivity	Popolazione esposta a rischio frane	+
45		Sensitivity	Densità agricola	+

#### Indice ESPIVaR per crisi sanitaria

	Dimensione	Componente	Indicatore	Effetto
1	Socio- economica	Sensitivity	Popolazione anziana	+
2		Sensitivity	Bambini	+
3		C&A capacities	Tasso di dipendenza	+
4		Sensitivity	Variazione demografica	+
5		Sensitivity C&A capacities	Dimensione del nucleo familiare	+
6		Sensitivity C&A capacities	Reddito	-
7		Sensitivity C&A capacities	Povertà	+
8		Sensitivity C&A capacities	Livello d'istruzione	+
9		Sensitivity C&A capacities	Tasso di disoccupazione	+
10		Sensitivity C&A capacities	Livello d'istruzione stranieri	+
11		Sensitivity C&A capacities	Tasso di disoccupazione stranieri	+
12		Sensitivity	Case mobili	+
13		Sensitivity	Affollamento abitativo	+
14		C&A capacities	Automobili per abitante	-
15		C&A capacities	Velocità internet (download)	-
16		C&A capacities	Velocità internet (upload)	-

17		C&A capacities	Velocità internet (latency)	-
18		Sensitivity C&A capacities	Densità della popolazione	+
19		Sensitivity	Stato di salute della popolazione	+
20		C&A capacities	Accessibilità alle stazioni	-
21		C&A capacities	Accessibilità alle autostrade	-
22		C&A capacities	Accessibilità agli aeroporti	-
23	Politico-istituzionale	Sensitivity C&A capacities	Numero di farmacie	-
24		Sensitivity C&A capacities	Numero di ospedali	-
25		Sensitivity C&A capacities	Numero posti letto ospedalieri	-
26		Sensitivity C&A capacities	Numero di infermieri/e	-
27		Sensitivity C&A capacities	Numero di dottori/dottoresse	-
28		Sensitivity C&A capacities	Totale spese ASL	-
29		Sensitivity	Totale spese ASL per prevenzione	-
30		Sensitivity C&A capacities	Spese comunali per salute	-
31		Sensitivity	Spese comunali per ambiente	-
32		Sensitivity	Spese comunali per sport	-
33		C&A capacities	Qualità della burocrazia (MAQI Pillar 1)	-
34		C&A capacities	Capacità di spesa del comune (MAQI Pillar 3)	-
35		C&A capacities	Corruzione	+
36		C&A capacities	Instabilità politica	+
37		C&A capacities	Spese comunali per statistica	-
38	Ambientale	Sensitivity	Consumo del suolo	+

#### Indice ESPIVaR per crisi economico-finanziarie

	Dimensione	Componente	Indicatore	Effetto
1	Socio-economica	C&A capacities	Popolazione anziana	+
2		C&A capacities	Bambini	+
3		C&A capacities	Tasso di dipendenza	+
4		Sensitivity C&A capacities	Variazione demografica	-
5		C&A capacities	Dimensione del nucleo familiare	+
6		Sensitivity C&A capacities	Reddito	-
7		Sensitivity C&A capacities	Crescita del reddito	-
8		Sensitivity	Disuguaglianze nel reddito	+
9		Sensitivity C&A capacities	Reddito comunale rispetto al reddito provinciale	-
10		Sensitivity	Povertà	+
11		Sensitivity	Famiglie a rischio sociale	+
12		Sensitivity C&A capacities	Pensionati	+
13		Sensitivity	Famiglie monogenitoriali	+
14		Sensitivity	Livello d'istruzione	+

		C&A capacities		
15		C&A capacities	Studenti universitari	-
16		C&A capacities	Biblioteche pubbliche	-
17		Sensitivity C&A capacities	Tasso di disoccupazione	+
18		Sensitivity C&A capacities	Tasso di disoccupazione giovanile	+
19		Sensitivity C&A capacities	Tasso di disoccupazione femminile	+
20		Sensitivity C&A capacities	Crescita occupazione	-
21		Sensitivity	Occupati nel settore industriale	+
22		Sensitivity	Occupati nel settore terziario	-
23		Sensitivity C&A capacities	Innovazione	-
24		Sensitivity C&A capacities	Tasso d'imprenditorialità	-
25		Sensitivity C&A capacities	Densità industriale	-
26		C&A capacities	Livello d'istruzione stranieri	+
27		Sensitivity	Tasso di disoccupazione stranieri	+
28		Sensitivity C&A capacities	Prima casa di proprietà	-
29		C&A capacities	Velocità internet (download)	-
30		C&A capacities	Velocità internet (upload)	-
31		C&A capacities	Velocità internet (latency)	-
32		Sensitivity	Stato di salute della popolazione	+
33		Sensitivity C&A capacities	Accessibilità alle stazioni	-
34		Sensitivity C&A capacities	Accessibilità alle autostrade	-
35		Sensitivity C&A capacities	Accessibilità agli aeroporti	-
36		C&A capacities	Capacità turistica	-
37		C&A capacities	Capacità di attrazione turistica	-
38		C&A capacities	Capitale sociale	-
39	Politico- istituzionale	Sensitivity	Numero di ospedali	-
40		Sensitivity	Numero di posti letto ospedalieri	-
41		C&A capacities	Spese comunali per educazione	-
42		C&A capacities	Spese comunali per sviluppo economico	-
43		C&A capacities	Spese comunali per politiche del lavoro	-
44		Sensitivity	Spese comunali per ambiente	-
45		C&A capacities	Rapporto tra spese comunali e reddito	-
46		Sensitivity C&A capacities	Entrate comunali totali	-
47		Sensitivity	Debito comunale	+
48		C&A capacities	Entrate comunali per fiscalità	-
49		C&A capacities	Qualità della burocrazia (MAQI Pillar 1)	-
50		C&A capacities	Capacità di spesa del comune (MAQI Pillar 3)	-
51		C&A capacities	Corruzione	+
52		C&A capacities	Instabilità politica	+

53		C&A capacities	Spese comunali per statistica	-
54		C&A capacities	Numero di asili nido	-
55	Ambientale	C&A capacities	Consumo del suolo	+

### 3. La metodologia di costruzione dell'indice

Per costruire i tre indici ESPIVaR, gli indicatori sono stati aggregati in una prima fase per dimensione. A tal fine abbiamo adottato la metodologia AMPI (Adjusted Mazziotta-Pareto Index), la quale permette di aggregare indicatori (parzialmente) non sostituibili. In linea con questa metodologia, gli indicatori sono stati innanzitutto normalizzati per renderli omogenei e comparabili. La normalizzazione è stata effettuata mediante il metodo min-max con benchmark, assumendo la media nazionale come valore di riferimento. Tenendo conto che  $i = 1, \dots, m$  rappresentano i comuni (unità statistiche) e  $j = 1, \dots, n$  gli indicatori, abbiamo utilizzato le seguenti formule per eseguire la normalizzazione:

$$r_{ij} = 100 + \frac{X_{ij} - \mu_j}{(X_j) - (\bar{x}_j)} * 60 \text{ (indicatori con polarità positiva)} \quad (1)$$

$$r_{ij} = 100 - \frac{X_{ij} - \mu_j}{(X_j) - (\bar{x}_j)} * 60 \text{ (indicatori con polarità negativa)} \quad (2)$$

dove  $(X_j)$  e  $(\bar{x}_j)$  sono il valore minimo e massimo dell'indicatore  $j$  e  $\mu_j$  è la media nazionale. La formula (1) è applicata agli indicatori che hanno un effetto positivo, ossia a quelli che, crescendo, contribuiscono ad aumentare la vulnerabilità del comune analizzato. Per gli indicatori con polarità negativa, cioè quelli che riducono la vulnerabilità del comune, abbiamo utilizzato la formula (2). Questo tipo di normalizzazione centra i valori attorno a 100, la media nazionale. Di conseguenza, valori superiori (o inferiori) a 100 indicano una situazione di vulnerabilità peggiore (o migliore) rispetto alla media dei comuni italiani.

I valori così normalizzati sono poi aggregati per dimensione con la formula:

$$AMPI^+ = M_{r_i} + S_{r_i} * cv_{r_i} \quad (3)$$

dove  $M_{r_i}$  è la media,  $S_{r_i}$  è la deviazione standard e  $cv_{r_i}$  è il coefficiente di variazione, che in questo caso corrisponde al rapporto tra la deviazione standard e la media. Come mostra la formula (3), abbiamo utilizzato la versione dell'AMPI che prevede l'aggregazione tramite una media aritmetica penalizzata per la variabilità degli indicatori. In questo modo, quanto più i valori degli indicatori sono sbilanciati all'interno di un comune, tanto maggiore sarà il livello di vulnerabilità attribuito a quello stesso comune.

Al termine di questa prima fase di aggregazione si ottengono, per ciascuno dei tre rischi considerati, tre sotto-indici: un indice di vulnerabilità/resilienza socio-economica, un indice di vulnerabilità/resilienza ambientale e un indice di vulnerabilità/resilienza politico-istituzionale.

Questi sotto-indici sono stati successivamente aggregati a loro volta per creare un indice composito ESPIVaR per ognuno dei tre rischi considerati. A tal fine, abbiamo utilizzato la formula della media geometrica dei tre sotto-indici:

$$ESPIVaR = (AMPI_{socio-eco} * AMPI_{amb} * AMPI_{pol})^{1/3} \quad (4)$$