



BANCA D'ITALIA
EUROSISTEMA

Questioni di Economia e Finanza

(Occasional Papers)

L'impatto del rischio di alluvione
sulla ricchezza immobiliare in Italia

di Michele Loberto e Matteo Spuri

Maggio 2023

Numero

768



BANCA D'ITALIA
EUROSISTEMA

Questioni di Economia e Finanza

(Occasional Papers)

L'impatto del rischio di alluvione
sulla ricchezza immobiliare in Italia

di Michele Loberto e Matteo Spuri

Numero 768 – Maggio 2023

La serie Questioni di economia e finanza ha la finalità di presentare studi e documentazione su aspetti rilevanti per i compiti istituzionali della Banca d'Italia e dell'Eurosistema. Le Questioni di economia e finanza si affiancano ai Temi di discussione volti a fornire contributi originali per la ricerca economica.

La serie comprende lavori realizzati all'interno della Banca, talvolta in collaborazione con l'Eurosistema o con altre Istituzioni. I lavori pubblicati riflettono esclusivamente le opinioni degli autori, senza impegnare la responsabilità delle Istituzioni di appartenenza.

La serie è disponibile online sul sito www.bancaditalia.it.

L'IMPATTO DEL RISCHIO DI ALLUVIONE SULLA RICCHEZZA IMMOBILIARE IN ITALIA

di Michele Loberto* e Matteo Spuri*

Sommario

In questo lavoro illustriamo le principali fonti di dati e la metodologia per la stima dell'impatto del rischio di alluvione in Italia e forniamo una valutazione del potenziale danno fisico al patrimonio abitativo, individuando le principali carenze nell'attuale set informativo. Le valutazioni sull'esposizione e la perdita annua attesa sono molto variabili a seconda degli scenari di pericolosità utilizzati, delle assunzioni sulla vulnerabilità degli edifici e del livello di granularità dei dati. Sulla base delle stime da noi ritenute più affidabili, il valore delle abitazioni potenzialmente esposte ad alluvioni è prossimo a 1.000 miliardi di euro (ai valori del 2020), circa un quarto del totale, e la perdita annua attesa che ne deriva è stimabile nell'ordine dei tre miliardi di euro.

Classificazione JEL: O18, Q54.

Parole chiave: cambiamento climatico, mercato immobiliare, rischio di inondazione.

DOI: 10.32057/0.QEF.2023.0768

Indice

1. Introduzione.....	5
2. La stima del rischio di alluvione in Italia	8
2.1 Le basi dati per misurare il pericolo di alluvione	8
2.2 Stima della perdita annua attesa	9
3. Rischio di alluvione e ricchezza abitativa	12
3.1 Le basi dati per la stima della ricchezza abitativa	12
3.2 Metodologia.....	15
3.3 Risultati	18
3.4 Granularità ed errore di misurazione.....	22
4. Discussione e conclusioni.....	24
Bibliografia.....	25
Appendice.....	26

* Banca d'Italia, Dipartimento di Economia e Statistica.

1. Introduzione¹

L'Italia è soggetta a un elevato rischio idrogeologico. Secondo le stime dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) relative al 2020, il 20 per cento della popolazione risiede in aree potenzialmente soggette ad alluvioni e il 2,2 per cento si trova in zone ad elevata pericolosità di frane². In tale contesto, il cambiamento climatico, che secondo gli scenari attesi comporterà un aumento della frequenza dei fenomeni meteorologici estremi, avrà un impatto significativo sulle famiglie e sull'attività economica.

In questo lavoro forniamo una descrizione dettagliata delle fonti disponibili per misurare il rischio di alluvione in Italia e illustriamo la metodologia adottata in letteratura per stimarne l'impatto economico, identificandone le potenziali criticità nel caso italiano. Il rischio di alluvione può essere quantificato sulla base delle mappe molto dettagliate diffuse dall'ISPRA, che assegnano a piccole aree precisamente georeferenziate diversi livelli di pericolosità, e di quelle del Joint Research Centre della Commissione Europea (JRC). Quest'ultime, sebbene meno affidabili per l'Italia rispetto a quelle dell'ISPRA³, sono disponibili a livello europeo e, quindi, teoricamente ideali per ottenere degli indicatori confrontabili nei diversi paesi (ESRB, 2021).

Il principale indicatore per quantificare l'impatto economico del rischio di alluvione è la perdita annua attesa, che è data dal prodotto tra il valore delle attività esposte al rischio, la probabilità che si realizzi un evento alluvionale e la vulnerabilità di tali attività nel caso di alluvione. Quest'ultima è una misura del danno potenziale, in percentuale del valore dell'attività, condizionatamente al realizzarsi dell'evento e alla sua intensità. La stima della vulnerabilità è uno degli aspetti più critici, poiché richiede: (i) informazioni molto dettagliate sull'attività di cui si vuole calcolare il rischio; (ii) misure affidabili sull'intensità dei fenomeni alluvionali⁴.

In questo lavoro applichiamo questa metodologia di quantificazione del rischio di alluvione al patrimonio abitativo italiano. Lo stock di abitazioni rappresenta una delle principali componenti della ricchezza delle famiglie italiane e, di conseguenza, i fattori che ne influenzano il valore possono avere

¹ Si ringraziano Silvia Fabiani, Ivan Faiella, Luigi Infante, Alfonso Rosolia e Alessandro Trigila per i loro commenti al lavoro e Barbara Lastoria (ISPRA) per aver fornito utili chiarimenti sulle mappe di pericolosità dell'ISPRA. Il lavoro riflette esclusivamente le opinioni degli autori.

² Il dato relativo alle alluvioni è basato sullo scenario a bassa pericolosità idraulica.

³ Gli scenari del JRC soffrono di diverse limitazioni – quali ad esempio la scarsa copertura territoriale e la mancata modellizzazione delle opere di mitigazione del rischio – che li rendono a nostro avviso poco idonei per la valutazione del rischio di alluvione in Italia.

⁴ Ad esempio, la stima della perdita annua attesa potrebbe essere più accurata qualora le Autorità di Bacino Distrettuali rendessero disponibili a ISPRA le stime sui tiranti idrici, ovvero i valori delle altezze d'acqua attesi a seguito di possibili esondazioni, per i diversi scenari di pericolosità.

significativi effetti sulle scelte economiche degli individui (De Bonis et al., 2020)⁵. Innanzitutto, il maggior numero di eventi climatici estremi potrebbe comportare un aumento dei danni fisici al patrimonio abitativo. In secondo luogo, il mutato quadro dei rischi che gravano sullo stock di case potrebbe essere incorporato nei valori immobiliari, comportando significativi aggiustamenti nella ricchezza delle famiglie⁶.

La nostra stima dell'impatto economico atteso delle alluvioni sulla ricchezza abitativa è basata, oltre che sugli scenari di pericolosità dell'ISPRA e del JRC, su ulteriori informazioni: (i) il numero e le caratteristiche delle abitazioni a rischio, desunti dal Censimento generale della popolazione e delle abitazioni del 2011, che offre un dettaglio geografico fino al livello della sezione di censimento⁷; (ii) i valori delle abitazioni, ricavati dalla banca dati dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare dell'Agenzia delle Entrate (OMI)⁸. Le informazioni sono combinate grazie all'utilizzo di tecniche di analisi spaziale, prendendo come unità di riferimento spaziale la sezione di censimento⁹.

Secondo la nostra stima basata sugli scenari ISPRA, nel 2020 il valore del patrimonio abitativo italiano esposto al rischio di alluvione era poco meno di 1.000 miliardi di euro, pari a circa un quarto del totale. Assumendo sulla base della letteratura esistente una vulnerabilità – ovvero la perdita percentuale attesa sul valore complessivo dell'immobile nel caso di realizzazione dell'evento calamitoso – non superiore al 60 per cento (Huizinga et al., 2017), e considerando solo le abitazioni al piano terra, che subirebbero i maggiori danni di un'eventuale alluvione, la perdita annua attesa associata al pericolo di alluvione potrebbe arrivare a 3 miliardi di euro. La stima della perdita annua attesa ottenibile a partire dalle mappe di pericolosità del JRC, che presentano forti differenze rispetto a quelli dell'ISPRA, è inferiore e pari a 2 miliardi di euro. Sebbene gli scenari di pericolosità dell'ISPRA e del JRC comportino stime analoghe per la perdita annua netta, i primi sono da preferirsi per via della loro maggiore precisione.

⁵ Tra il 2010 e il 2020 il valore delle abitazioni nei portafogli delle famiglie rappresentava in media il 50 per cento della ricchezza lorda e poco più dell'80 per cento di quella in attività reali (Banca d'Italia e Istat, 2022).

⁶ Per un'analisi dell'impatto del rischio di alluvione sui prezzi delle abitazioni si veda ad esempio Benetton et al. (2022).

⁷ La sezione di censimento è l'unità minima di rilevazione del Comune sulla cui base è organizzata la rilevazione censuaria. Per la rilevazione del 2011 sono state individuate 402.678 sezioni, la cui dimensione è mediamente molto piccola nelle aree abitate.

⁸ L'OMI fornisce una stima del valore minimo e massimo delle abitazioni per ogni zona all'interno di un comune. La zona OMI è definita come una porzione del territorio comunale che riflette un comparto omogeneo del mercato immobiliare locale, nel quale si registra una sostanziale uniformità di apprezzamento per condizioni economiche e socio-ambientali. Il numero di zone in Italia è pari a circa 28 mila. Per ulteriori dettagli si veda OMI (2018).

⁹ Dall'informazione congiunta, ottenuta intersecando i dati relativi alle zone OMI e quelli relativi alle sezioni di censimento, è possibile ottenere una stima del valore dello stock abitativo all'interno di ogni sezione. Assumendo che gli edifici siano omogeneamente distribuiti all'interno di una sezione – un'assunzione non particolarmente restrittiva per via della granularità delle sezioni – utilizziamo la quota di territorio potenzialmente inondabile per imputare il numero di immobili esposti al pericolo di alluvione. Questa metodologia è utilizzata anche dall'ISPRA per la stima degli indicatori statistici diffusi nel suo rapporto sul rischio idrogeologico in Italia. Si veda Trigila et al. (2021).

Un punto di forza del nostro lavoro è lo sfruttamento di dati molto dettagliati sullo stock di abitazioni (incluso il loro valore). Infatti, quantificare il rischio di alluvione sulla base di dati sullo stock abitativo a un livello più aggregato rispetto alla sezione di censimento (ad esempio il comune e la provincia) può comportare un significativo errore di stima. Nel lavoro si mostra ad esempio che l'utilizzo di dati a livello di provincia invece che per sezione di censimento può comportare un aumento del 100% della stima della perdita annua attesa. Questo aspetto è molto rilevante per le iniziative in atto in ambito europeo volte all'elaborazione di misure armonizzate dei rischi economici derivanti dai cambiamenti climatici, poiché il livello di dettaglio sulle caratteristiche e la localizzazione degli immobili necessario per una corretta valutazione dei rischi è nettamente più elevato rispetto all'attuale disponibilità di dati in molti paesi.

Il nostro lavoro apporta inoltre diverse innovazioni nell'analisi delle implicazioni economiche delle alluvioni in Italia. Innanzitutto, a differenza di Trigila et al. (2021) forniamo delle stime dell'esposizione del patrimonio immobiliare in valore e una valutazione della perdita annua attesa. In secondo luogo, sfruttando le informazioni del censimento possiamo tenere in considerazione eventuali elementi di mitigazione del danno, quali ad esempio l'incidenza dei piani terra sul totale delle unità abitative e la tipologia di materiali di costruzione (Huizinga et al., 2017)¹⁰.

Diversi lavori di ricerca hanno affrontato il tema dell'impatto economico delle alluvioni in Italia. Faiella (2013), ad esempio, fornisce una stima della perdita annua attesa complessiva derivante dal rischio idrogeologico. Diversamente da tale lavoro, noi ci concentriamo esclusivamente sul danno al patrimonio abitativo, sfruttando però una maggiore granularità dei dati e precisione delle mappe di pericolosità. Faiella e Natoli (2018), Abdullahi Hassan et al. (2020) e Meucci e Rinaldi (2022), studiano l'esposizione dei portafogli degli intermediari finanziari al rischio idrogeologico, in particolare con riferimento alle esposizioni verso le imprese non finanziarie. A differenza di tali lavori, noi utilizziamo le nuove mappe di pericolosità dell'ISPRA (Mosaicatura 2020), che rispetto a quelle del 2017 prevedono una maggiore estensione delle aree di pericolosità idraulica.

La sezione 2 descrive le basi dati per la misurazione del rischio di alluvione e la metodologia di stima degli indicatori di rischio. La sezione 3 quantifica il potenziale impatto delle alluvioni sulla ricchezza abitativa e fornisce una stima dell'errore di misurazione associato con il livello di granularità dei dati. La sezione 4 conclude.

¹⁰ Il livello dell'abitazione, insieme ai materiali di costruzione, è una delle principali informazioni da prendere in considerazione per la stima dei danni causati da un'inondazione.

2. La stima del rischio di alluvione in Italia

2.1 Le basi dati per misurare il pericolo di alluvione

La principale fonte per la misurazione del rischio di alluvione in Italia sono le mappe di pericolosità diffuse dall'ISPRA e aggiornate al 2020. Queste mappe, richieste dalla Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta Direttiva Alluvioni), sono il frutto di un processo pluriennale che coinvolge anche le Autorità di Bacino Distrettuali (ABD). Il processo consiste di due fasi: (i) individuazione delle aree potenzialmente allagabili; (ii) attribuzione di un livello di rischio a ciascuna area¹¹. Nella prima fase, le ABD identificano le aree potenzialmente allagabili sulla base sia degli eventi passati sia di una valutazione prospettica che tiene parzialmente in conto gli effetti del cambiamento climatico¹². Nella seconda fase, vengono ipotizzati tre possibili scenari per la probabilità di alluvione, espressa in anni attesi affinché un evento di una data portata si ripresenti (formalmente detto “periodo di ritorno”): elevata (periodo di ritorno tra 20 e 50 anni); media (periodo di ritorno tra 100 e 200 anni); bassa (periodo di ritorno superiore a 200 anni e fino a 500 anni). Per ognuno dei tre scenari, sono disponibili le esatte coordinate delle aree di pericolosità idraulica, l'origine del rischio (fluviale, pluviale, costiero, etc.) e una stima più puntuale del periodo di ritorno. Purtroppo solo alcune ABD forniscono anche la stima dell'altezza dell'acqua in caso di un evento alluvionale (cosiddetto tirante idrico) in ciascuno dei tre scenari. Inoltre, a causa del ruolo cruciale delle ABD nel processo, la valutazione del livello di pericolosità tra diversi distretti idrografici potrebbe non essere perfettamente omogenea¹³.

Le informazioni sulle aree inondabili, le mappe di pericolosità e le caratteristiche idrauliche trasmesse dalle ABD alla Commissione Europea nell'ambito degli obblighi connessi alla Direttiva Alluvioni sono pubbliche e disponibili sul Geoportale Nazionale. ISPRA produce un ulteriore insieme di mappe di pericolosità, impiegate in questo lavoro, che ampliano la versione trasmessa alla Commissione Europea con ulteriori aree potenzialmente inondabili nel Distretto del Po. Tali mappe, definite “Mosaicatura ISPRA”, sono quelle comunemente utilizzate per la valutazione del rischio di alluvione e sono diffuse attraverso la piattaforma IdroGEO¹⁴.

¹¹ Per ulteriori dettagli sul quadro normativo si veda Trigila et al. (2021).

¹² Alcuni Distretti hanno tenuto conto degli effetti del cambiamento climatico includendo nelle perimetrazioni per lo scenario di pericolosità bassa i bacini con elevata propensione alle *flash flood* (o piene repentine), la cui intensificazione in termini di frequenza è valutata come un effetto dei cambiamenti climatici. Si veda Lastoria et al. (2021).

¹³ Ad esempio, per le province di Bolzano e Trento non è disponibile lo scenario ad alta probabilità di alluvione. In Calabria, al contrario, pressoché per tutte le aree a rischio di inondazione è stata segnalata un'elevata probabilità di alluvione.

¹⁴ La piattaforma IdroGEO è raggiungibile al seguente indirizzo web: <https://idrogeo.isprambiente.it/app/>.

Un'ulteriore misura di pericolosità idraulica sono gli scenari predisposti dal JRC (Dottori et al., 2021), che sono utilizzati dalle istituzioni europee per le valutazioni sul rischio di alluvione. Queste mappe rappresentano le aree soggette ad alluvioni dovute esclusivamente ad eventi di piena fluviale per sei diversi scenari di probabilità, con periodi di ritorno compresi tra i 10 anni e i 500 anni. La banca dati del JRC fornisce anche una stima del tirante idrico, che risulta utile per la valutazione dei danni potenziali. Tuttavia, le mappe del JRC presentano forti criticità. Innanzitutto, gli scenari sono desunti a partire da un modello di simulazione che prende in considerazione solo i principali corsi d'acqua, ignorando i potenziali rischi provenienti dai bacini secondari. Inoltre, le stime non tengono conto di eventuali opere antropiche di mitigazione del danno (ad esempio la presenza di argini). Infine, le mappe del JRC non individuano le aree esatte di rischio, ma consistono in reticoli di celle quadrate (*raster*) con lato pari a 100 metri, comportando maggiori errori di misurazione, in particolare nelle aree ad alta densità abitativa.

2.2 Stima della perdita annua attesa

Il principale indicatore per quantificare l'impatto del rischio di alluvione è la perdita annua attesa, che è data dal prodotto tra il valore delle attività esposte al rischio (E), la probabilità che si realizzi un evento alluvionale (P) e la vulnerabilità di tali attività nel caso di alluvione (V). Quest'ultima è una misura del danno potenziale, in percentuale del valore dell'attività, condizionatamente al realizzarsi dell'evento e alla sua intensità.

Le stime dell'esposizione e della vulnerabilità sono specifiche all'attività presa in considerazione e richiedono informazioni dettagliate su di essa. La stima della probabilità di alluvione, descritta di seguito, è invece indipendente dal tipo di attività per cui si vuole determinare il rischio.

Probabilità

Le alluvioni sono usualmente fenomeni poco frequenti e per modellarne la probabilità si ricorre agli strumenti forniti dalla teoria dei valori estremi e a distribuzioni a code pesanti, quali ad esempio quella di Gumbel. Nel campo dell'idrologia la probabilità di un evento viene quantificata attraverso il concetto di periodo di ritorno. Quest'ultimo può essere definito come il tempo medio in cui un valore di data intensità viene uguagliato o superato almeno una volta.

Formalmente, definiamo X la variabile aleatoria che rappresenta il valore massimo annuale raggiunto dal livello dell'acqua in un dato punto geografico. La probabilità che un evento risulti maggiore di un valore prefissato \bar{x} (cosiddetta probabilità di superamento) in un certo anno è

$$p_{\bar{x}} = P(X \geq \bar{x})$$

Poiché il periodo di ritorno T è il numero medio di anni necessario affinché un evento con magnitudine pari o superiore a \bar{x} si verifichi nuovamente, la probabilità di superamento può essere definita come

$$p_{\bar{x}} = \frac{1}{T}$$

Ne deriva che la probabilità che si verifichi almeno un evento con periodo di ritorno T in un numero N di anni è pari a

$$p_{\bar{x}}^N = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Ad esempio, un evento con periodo di ritorno pari a 10 anni ha una probabilità annua di realizzarsi pari a 0,1, mentre la probabilità che si realizzi almeno una volta in un arco temporale di 10 anni è pari a 0,65.

Come illustrato nella sezione 2.1, per ogni area geografica possono essere predisposti diversi scenari, ognuno con un diverso periodo di ritorno. Si noti che la definizione di periodo di ritorno è sempre associata a una soglia di riferimento per il fenomeno preso in considerazione. Tale soglia, che nel nostro caso rappresenta il livello raggiunto dall'acqua (tirante idrico), è rilevante ai fini della stima del danno subito dalle abitazioni, e quindi della vulnerabilità. Quindi, le mappe di pericolosità dell'ISPRA e del JRC fissano il periodo di ritorno – e quindi la probabilità di osservare in una data area un evento alluvionale – lasciando variare il tirante idrico tra le diverse zone, il che comporta un'eterogeneità nella potenziale dannosità dell'evento a parità di probabilità. Un modo alternativo per sintetizzare la stessa informazione, che però non viene utilizzato in idraulica, sarebbe quello di fissare il tirante idrico e misurare per ogni zona la probabilità di eccedenza di tale livello. In questa prospettiva, le aree più pericolose sarebbero quelle con la maggiore probabilità di eccedenza (e quindi un minore periodo di ritorno) per un dato tirante idrico. Ne consegue che se una località è soggetta a eventi alluvionali con basso periodo di ritorno (ad esempio a 10 anni) allora essa è esposta anche ad eventi con più alto periodo di ritorno (ad esempio 200 anni) ma di maggiore pericolosità.

Le mappe di pericolosità pubblicate dal JRC contengono informazioni sia sul periodo di ritorno sia sul tirante idrico. Nel caso della Mosaicatura ISPRA, le mappe di pericolosità non presentano l'informazione sul tirante idrico e si dispone di un intervallo di valori per il periodo di ritorno¹⁵.

¹⁵ Ad esempio, per lo scenario di pericolosità elevata il periodo di ritorno può essere tra 20 e 50 anni. Le banche dati trasmesse dalle ABD alla Commissione Europea contengono un'informazione più dettagliata sul periodo di ritorno per

Perdita annua attesa

Nella stima della perdita annua attesa bisogna tenere conto dei due seguenti aspetti. Primo, il valore dell'esposizione (E) può variare con lo scenario di pericolosità preso in considerazione, in particolare quando l'unità di minima di analisi è un territorio o una località. Ad esempio, l'area di un comune esposta a un livello di pericolo basso è sempre maggiore o uguale a quella ad alta pericolosità. Secondo, anche la gravità dell'inondazione, e quindi il potenziale danno (V), potrebbe variare tra i diversi scenari di probabilità, in particolare per via del diverso tirante idrico. Quindi, sia l'esposizione sia la vulnerabilità possono essere una funzione dello scenario di rischio preso in considerazione.

In termini più formali – e assumendo una distribuzione continua per il tirante idrico – la perdita annua attesa in un territorio può essere modellata come:

$$\int_0^{\infty} E(x) \times \theta(x) \times V(x) dx$$

dove E e V sono espressi come funzione del livello massimo annuo di inondazione x , e $\theta(x)$ è la funzione di densità di x .

Considerando il caso specifico in cui l'unità minima di analisi sia una zona, ad esempio il comune o la sezione di censimento, per calcolare la perdita annua attesa coerente con i diversi scenari non è possibile utilizzare il concetto di periodo di ritorno. Quest'ultimo, infatti, rappresenta la probabilità cumulata che la variabile casuale prenda un qualunque valore superiore a una data soglia di riferimento. Ad esempio, definendo x^1 e x^2 come i livelli soglia della distribuzione coerenti con un periodo di ritorno pari a 10 e 100 anni, rispettivamente, la probabilità che il valore realizzato della variabile casuale X sia maggiore di x^1 comprende anche la possibilità che si realizzi l'evento x^2 . Quest'ultimo tuttavia potrebbe implicare una maggiore estensione dell'area allagata, e quindi vi sarebbe un'incoerenza con il valore dell'esposizione. Per questo motivo la misura di probabilità da associare a $E(x^1)$ e $V(x^1)$ è la probabilità che si realizzi x^1 , che approssimativamente coincide con la quantità $P(X \geq x^2) - P(X \geq x^1)$ ¹⁶.

Nel caso di più scenari per diversi periodi di ritorno la perdita annua attesa è espressa come:

$$L^e = \sum_{i=1}^N L_i^e = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{N_k} (E_{i,T_k} \times P_{i,T_k} \times V_{i,T_k})$$

ogni area potenzialmente inondabile, ma non vengono sfruttate in questo lavoro poiché non coincidono perfettamente con la Mosaicatura.

¹⁶ La procedura formale per la stima delle probabilità è illustrata in appendice.

dove N è il numero di zone, N_k è il numero di scenari di probabilità disponibili e P_{i,T_k} è la probabilità che si realizzi l'evento corrispondente al periodo di ritorno T_k . L'esposizione e la vulnerabilità possono variare con lo scenario di probabilità.

3. Rischio di alluvione e ricchezza abitativa

La metodologia illustrata nella precedente sezione è molto generale e può essere utilizzata per diverse applicazioni. In questa sezione ne illustriamo l'implementazione per la quantificazione della potenziale perdita di ricchezza immobiliare abitativa associata alle alluvioni in Italia.

3.1 Le basi dati per la stima della ricchezza abitativa

La nostra stima della ricchezza abitativa si basa sui dati sullo stock di abitazioni del Censimento generale della popolazione e delle abitazioni del 2011 e sulle quotazioni immobiliari dell'OMI per l'anno 2020.

Stock di abitazioni

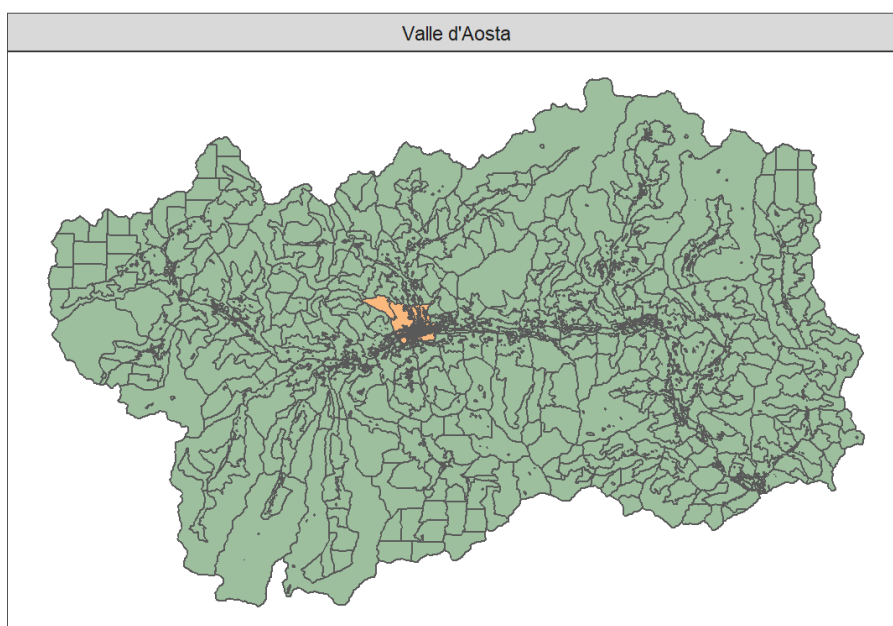
Il rischio di alluvione è estremamente localizzato. Per tale motivo, una corretta misurazione del suo impatto sullo stock abitativo richiederebbe la disponibilità di dati geolocalizzati a livello di singolo edificio.

Una fonte potenzialmente adatta a tale scopo è il Catasto. Nel nostro paese tuttavia non è possibile eseguire accessi su base massiva a tale archivio ai fini di ricerca. Inoltre, anche ottenendo tali informazioni, rimarrebbe il problema dei cosiddetti "immobili fantasma", ovvero case e fabbricati mai dichiarati al Catasto. In questo lavoro abbiamo, quindi, scelto di utilizzare i dati del Censimento generale della popolazione e delle abitazioni, analogamente a quanto fatto in Trigila et al. (2021).

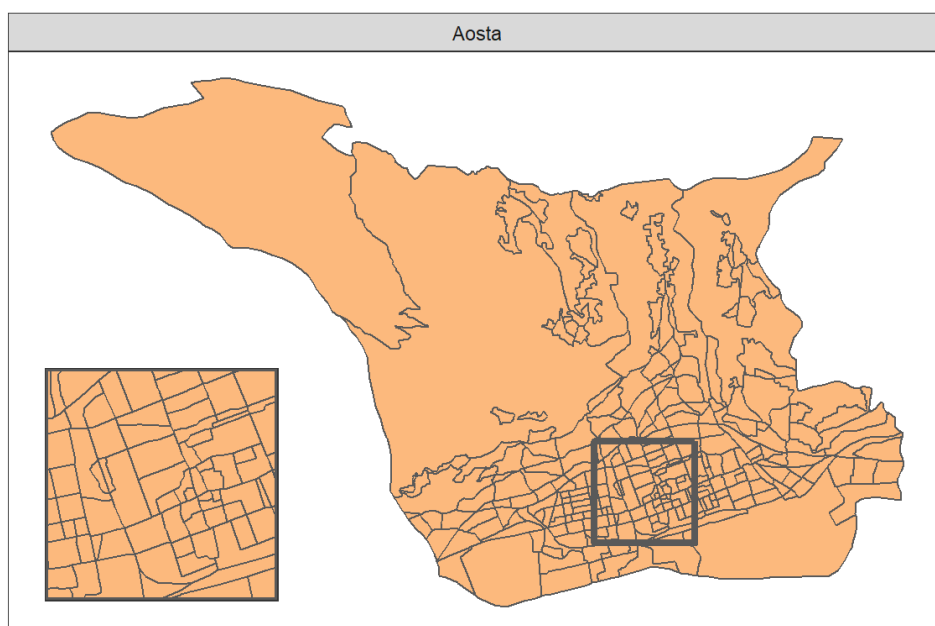
L'Istat ha rilasciato informazioni molto dettagliate sullo stock di abitazioni e sugli edifici a livello di sezione di censimento. Quest'ultima è l'unità minima di rilevazione del Comune sulla cui base è organizzata la rilevazione censuaria. Per la rilevazione del 2011 sono state individuate 402.678 sezioni, la cui dimensione è mediamente molto piccola nelle aree abitate. Ad esempio, considerando le sole sezioni contenenti almeno 10 abitazioni (circa i tre quarti del totale), la superficie mediana è pari a 35 mila metri quadrati (un'area equivalente a quella di un quadrato con lato di poco meno di 200 metri). La figura 1 riporta a titolo di esempio i perimetri delle sezioni di censimento nella Valle d'Aosta e nel comune di Aosta.

Fig. 1 Sezioni di censimento della Valle d'Aosta

(a) Perimetri delle sezioni di censimento in Valle d'Aosta



(b) Perimetri delle sezioni di censimento nel comune di Aosta



Note: La figura (a) riporta i perimetri delle sezioni di censimento della Valle d'Aosta, evidenziando in arancione il comune di Aosta. La figura (b) riporta il dettaglio della perimetrazione delle sezioni di censimento nel solo comune di Aosta.

La dimensione della sezione di censimento è quindi sufficientemente piccola per approssimare in maniera accurata la percentuale di abitazioni esposte al rischio di alluvione. Inoltre, l'Istat fornisce dettagli sulle caratteristiche architettoniche degli edifici, che sono fondamentali per stimare il danno potenziale a seguito di un evento alluvionale. In particolare, sono presenti informazioni sulla superficie delle abitazioni occupate da almeno una persona residente, da cui si può risalire alla superficie media delle abitazioni, e la distribuzione degli edifici per anno di costruzione, materiali di costruzione, numero di piani e numero di interni.

Sebbene i dati di censimento si riferiscano al 2011, l'errore di misurazione connesso alla variazione dello stock abitativo è contenuto. Secondo i dati di fonte catastale rilasciati dall'OMI, che prendono in considerazione anche i cambi di destinazione d'uso, in Italia tra il 2012 e il 2020 lo stock di abitazioni è cresciuto complessivamente del 2,2 per cento. Inoltre, considerando le statistiche dell'Istat sui permessi di costruire, che anticipano l'effettiva attività di costruzione, nel periodo 2011-2019 il numero di permessi relativi ad abitazioni in nuovi fabbricati è stato pari a circa 530 mila unità, che corrisponde a una potenziale crescita dello stock di abitazioni dell'1,7 per cento.

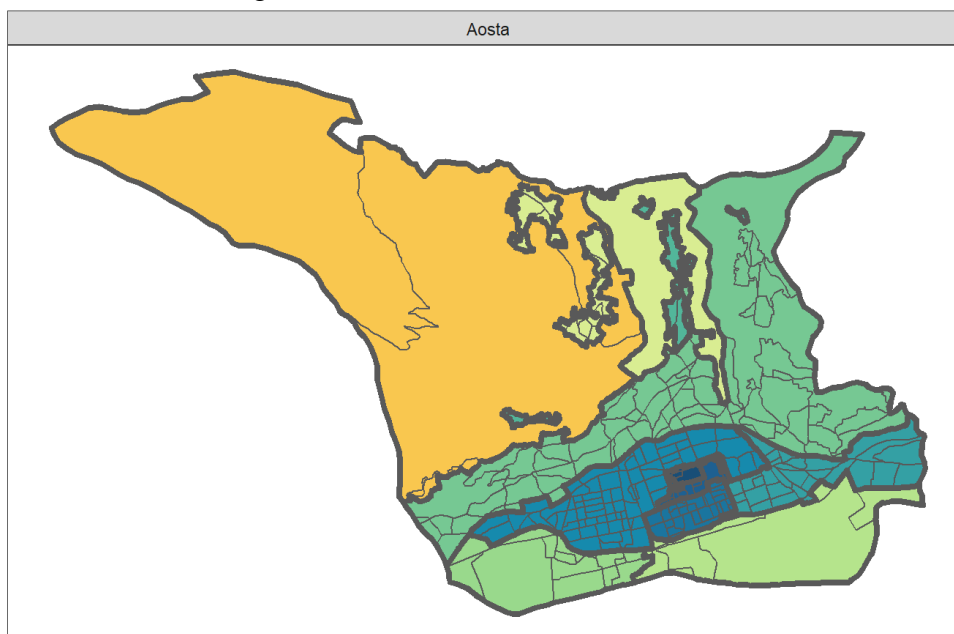
Prezzi delle abitazioni

Per la stima del valore del patrimonio abitativo utilizziamo le quotazioni immobiliari messe a disposizione dall'OMI (cfr. OMI, 2018). Tale dataset, aggiornato con frequenza semestrale, fornisce una stima del livello minimo e massimo dei valori di mercato (al metro quadro) delle abitazioni, tenendo conto della localizzazione, della tipologia edilizia e dello stato di conservazione e manutenzione.

Tali stime sono disponibili a livello di zona OMI, ovvero un'area all'interno del territorio di un comune omogenea dal punto di vista delle condizioni economiche e socio-ambientali, in cui i valori di mercato delle unità immobiliari sono sufficientemente simili. Il territorio nazionale è suddiviso in oltre 28 mila zone. Di conseguenza, le quotazioni OMI forniscono stime molto localizzate che consentono di tenere conto dell'eterogeneità dei prezzi delle case anche all'interno di un comune. La figura 2 riporta l'estensione delle zone OMI nel comune di Aosta e fornisce indicazioni sulla loro diversa granularità rispetto alle sezioni di censimento.

Per la stima dei prezzi delle case abbiamo utilizzato le quotazioni relative al primo semestre del 2020. Innanzitutto, abbiamo calcolato per ogni zona OMI il valore medio come media semplice tra valore minimo e massimo. Successivamente, abbiamo attribuito ad ogni zona la media semplice dei prezzi medi al metro quadro per ogni combinazione di tipologia/stato di conservazione.

Fig. 2 Zone OMI e sezioni di censimento



Note: I diversi colori della figura corrispondono alle zone OMI di Aosta.

I prezzi medi delle abitazioni al metro quadro all'interno delle sezioni di censimento sono stimati sulla base dell'intersezione delle mappe delle sezioni Istat con quella delle zone OMI. In genere, una sezione di censimento ricade all'interno di una zona OMI, per cui attribuiamo alla sezione il prezzo medio al metro quadro della zona OMI di riferimento. Nel caso in cui il territorio di una sezione ricada in più zone OMI, attribuiamo come valore delle abitazioni la media pesata dei prezzi delle diverse zone, utilizzando come pesi la percentuale di territorio di intersezione.

3.2 Metodologia

Una misurazione corretta del rischio richiede dati molto dettagliati sul patrimonio abitativo. In particolare, sarebbero necessarie informazioni sulla localizzazione, il valore e le caratteristiche fisiche delle abitazioni¹⁷. Come già anticipato, in assenza di microdati sulle singole abitazioni utilizziamo come unità elementare di riferimento la sezione di censimento. La stima della perdita annua attesa è quindi definita in prima approssimazione come sommatoria della perdita annua attesa in tutte le sezioni di censimento. Di seguito illustriamo nel dettaglio la metodologia per il calcolo dei valori dell'esposizione e della vulnerabilità.

¹⁷ Nel caso si volesse quantificare il rischio per gli intermediari finanziari connessi al loro portafoglio di mutui alle famiglie per acquisto di abitazioni sarebbero necessarie più informazioni. In particolare, occorrerebbe conoscere il valore del debito residuo e dettagli su eventuali coperture assicurative. Inoltre, andrebbero fatte delle assunzioni sulla probabilità di default del debitore nel caso in cui la casa sia soggetta ad un'alluvione.

Fig. 3 Intersezione sezioni di censimento e aree di pericolosità di alluvione

(a) Aree ad alta pericolosità



(b) Aree a media pericolosità



(c) Aree a bassa pericolosità



Note: Le aree colorate delle figure rappresentano le porzioni delle sezioni di censimento di Aosta potenzialmente inondabili secondo i diversi scenari di pericolosità.

Esposizione

Per la stima del valore di abitazioni esposte al pericolo di alluvione sono necessari due passaggi. Innanzitutto, calcoliamo per ogni sezione la percentuale di territorio potenzialmente soggetto ad alluvioni attraverso l'intersezione delle mappe delle sezioni di censimento con quelle di pericolosità dell'ISPRA. La figura 3 riporta il risultato di questo esercizio utilizzando nuovamente come esempio la città di Aosta. Seguendo la metodologia dell'ISPRA, assumiamo che le abitazioni siano distribuite in maniera uniforme all'interno della sezione. Di conseguenza, all'interno di ogni sezione la percentuale di abitazioni esposte al rischio coincide con quella di territorio potenzialmente inondabile. Infine, stimiamo la superficie abitativa totale come il prodotto della superficie media delle abitazioni per il numero di abitazioni¹⁸. Di conseguenza, il valore del patrimonio esposto al rischio di alluvione è dato dal prodotto tra il numero di abitazioni a rischio, la superficie media delle abitazioni e il prezzo medio al metro quadro.

Vulnerabilità

Per una corretta valutazione della vulnerabilità sono necessarie informazioni sia sul tirante idrico corrispondente al periodo di ritorno sia sulle caratteristiche delle abitazioni. Il tirante idrico è fondamentale per poter impiegare le funzioni di danno (*damage functions*), che consentono di stimare il valore della perdita subita dalle abitazioni, in percentuale del valore totale, in funzione del livello dell'inondazione (Huizinga et al., 2017)¹⁹.

Riguardo alle caratteristiche degli immobili, le case ai piani superiori hanno una minore vulnerabilità rispetto a quelle ai piani terra. Lo stesso vale nel caso di abitazioni in muratura rispetto a quelle in legno oppure nel caso di immobili in un buono stato di manutenzione rispetto a quelli più decadenti. Difatti, a parità di gravità di un'alluvione la perdita annua attesa potrebbe essere significativamente diversa a seconda delle caratteristiche del patrimonio abitativo.

Nel caso del rischio di inondazione la variabile che probabilmente è più rilevante è il livello del piano. Per questo motivo utilizziamo i dati del censimento per stimare la frazione di abitazioni al piano terra all'interno di ogni sezione²⁰. Per calcolare tale quota utilizziamo le informazioni sugli

¹⁸ Nel censimento è riportata solo la superficie totale delle abitazioni dei residenti, da cui ricaviamo la stima della loro superficie media. Successivamente, assumiamo che le abitazioni dei non residenti abbiano la stessa superficie media di quelle dei residenti. Nel caso in cui tale informazione non sia disponibile – perché non vi sono residenti all'interno della sezione – attribuiamo il dato medio comunale.

¹⁹ A parità di periodo di ritorno, il potenziale danno subito da una casa è diverso a seconda che il tirante idrico sia pari a un metro, per cui si avrebbe un parziale allagamento delle abitazioni al piano terra, oppure sei metri, per cui si allegerebbero anche i piani superiori.

²⁰ Il censimento fornisce informazioni solo sulle abitazioni e non sulle pertinenze.

interni in edifici residenziali e assumiamo che l'incidenza di abitazioni al piano terra sia uguale a quella degli interni al piano terra. Innanzitutto, consideriamo al piano terra gli interni degli edifici con un solo interno. Per gli altri edifici composti da più interni, stimiamo il numero di interni al piano terra sulla base del numero medio di piani per edificio all'interno della sezione, anch'esso desumibile dai dati censuari²¹.

Poiché per le mappe ISPRA non è disponibile il tirante idrico corrispondente ad ogni scenario di probabilità, non è possibile calibrare il danno atteso in base alla potenziale gravità di un'alluvione. Gli scenari del JRC, invece, includono i valori dei tiranti. Di conseguenza, per le stime della perdita annua attesa basate su questa fonte è possibile applicare la funzione di danno proposta da Huizinga et al. (2017).

3.3 Risultati

Sulla base della Mosaicatura Ispra 2020 e dello scenario a bassa pericolosità, in Italia il valore delle abitazioni esposte al rischio di alluvione è pari a 991 miliardi di euro ai valori del 2020²², ovvero il 23,3 per cento della ricchezza abitativa complessiva (tavola 1)²³. Prendendo in considerazione gli scenari di probabilità media e alta, tale quota scende al 12,8 e 4,7 per cento, rispettivamente.

Per una prima stima della perdita annua attesa facciamo due assunzioni. In primo luogo, assumiamo una vulnerabilità pari al 100 per cento, ovvero che un'alluvione causi un danno di valore uguale a quella dell'immobile. In secondo luogo, poiché a ognuno degli scenari di pericolosità dell'ISPRA è associato un intervallo di periodi di ritorno, stimiamo il limite inferiore e superiore per la perdita annua attesa assumendo per ogni scenario prima il periodo di ritorno più alto poi quello più basso²⁴. La perdita annua attesa, calcolata come media semplice del limite minimo e massimo, è pari

²¹ Tra le variabili del censimento è presente anche la distribuzione del numero di edifici residenziali per numero di piani. Gli edifici con un numero di piani pari o superiore a quattro sono compresi all'interno della stessa. Ciò implica che nelle sezioni in cui l'altezza media degli edifici è superiore a quattro piani – casistica più rilevante in alcune aree urbane – il numero di abitazioni per piano è sovrastimato e, di conseguenza, anche quello di abitazioni al piano terra.

²² Tutte le stime monetarie in questo lavoro sono ai valori del 2020.

²³ Nel nostro dataset il valore complessivo della ricchezza abitativa è pari a circa 4.300 miliardi di euro. Tale valore è inferiore alla stima ufficiale dell'Istat, pari a circa 5.600 miliardi di euro nel 2020. Le due grandezze non sono tuttavia comparabili, poiché la stima dell'Istat include il valore delle unità registrate in catasto separatamente dalle abitazioni utilizzate come pertinenze di unità residenziali (cantine, soffitte e box auto). Inoltre, a differenza nostra l'Istat stima il valore delle abitazioni a livello regionale come il prodotto tra la superficie abitativa complessiva e il prezzo medio delle case, secondo le quotazioni dell'OMI, all'interno della regione. L'impatto della variazione dello stock di abitazioni tra il 2011 e il 2020, che l'Istat stima sulla base dei permessi di costruire, è invece verosimilmente secondario (cfr. sezione 2).

²⁴ La perdita annua attesa è riportata in un intervallo poiché ognuno dei tre scenari di probabilità dell'ISPRA corrisponde a più tempi di ritorno. Lo scenario di alta probabilità corrisponde a periodi di ritorno compresi tra 20 e 50 anni, quello di media probabilità a periodi tra 100 e 200 e, infine, quello a bassa probabilità a periodi superiori a 200 e fino a 500 anni. La stima del limite inferiore (superiore) della perdita annua netta è stata effettuata assumendo per ogni scenario il valore del periodo di ritorno più basso (alto).

a 10,8 miliardi di euro²⁵, che in rapporto al valore dello stock di abitazioni equivale allo 0,25 per cento (tavola 2). Considerando le sole abitazioni al piano terra, che sarebbero quelle che in caso di una alluvione subirebbero i maggiori danni, la perdita annua attesa sarebbe pari a 5,1 miliardi di euro.

Tav. 1 Esposizione al pericolo di alluvione nel 2020 – Valori percentuali

	(1) Territorio	(2) Popolazione	(3) Abitazioni	(4) Valore di mercato
ISPRA				
20-50 anni	5,4	4,1	4,3	4,7
100-200 anni	10,0	11,5	11,6	12,8
>200 anni	14,0	20,6	20,7	23,3
JRC				
10 anni	4,0	2,3	2,1	2,2
20 anni	4,5	2,7	2,5	2,6
50 anni	4,9	3,0	2,8	3,0
100 anni	5,2	3,3	3,1	3,2
200 anni	5,4	3,5	3,3	3,4
500 anni	5,7	3,8	3,5	3,7

Note: La tavola riporta le percentuali di esposizione del territorio, della popolazione, dello stock di abitazioni (in numero e in valore) al rischio di alluvione sul totale nazionale per ogni scenario di pericolosità.

Tav. 2 Rischio di alluvione

	(1) Esposizione	(2) Perdita annua attesa – Ipotesi 1	(3) Perdita annua attesa – Ipotesi 2
ISPRA	991,8 (23,3)	10,8 (0,25)	3,0 (0,07)
JRC	157,4 (3,7)	11,1 (0,26)	2,0 (0,05)

Note: La tavola riporta i valori di esposizione e perdita annua attesa in miliardi di euro ai valori del 2020 e, tra parentesi tonde, l'incidenza sul valore totale del patrimonio abitativo. L'esposizione è calcolata sulla base dello scenario con minore probabilità (tempo di ritorno maggiore di 200 anni nel caso dell'ISPRA e pari a 500 anni per JRC). Nelle stime riportate nella colonna (2) si assume una vulnerabilità pari al 100 per cento. Le stime della colonna (3) tengono conto delle valutazioni sulla vulnerabilità degli edifici.

Tali stime devono essere considerate come un limite superiore. Infatti, in assenza di informazioni dettagliate sui tiranti idrici assumiamo che un'alluvione causi una perdita di valore uguale a quella dell'immobile. Tale assunzione è però estrema. Ad esempio, Huizinga et al. (2017) stimano per le

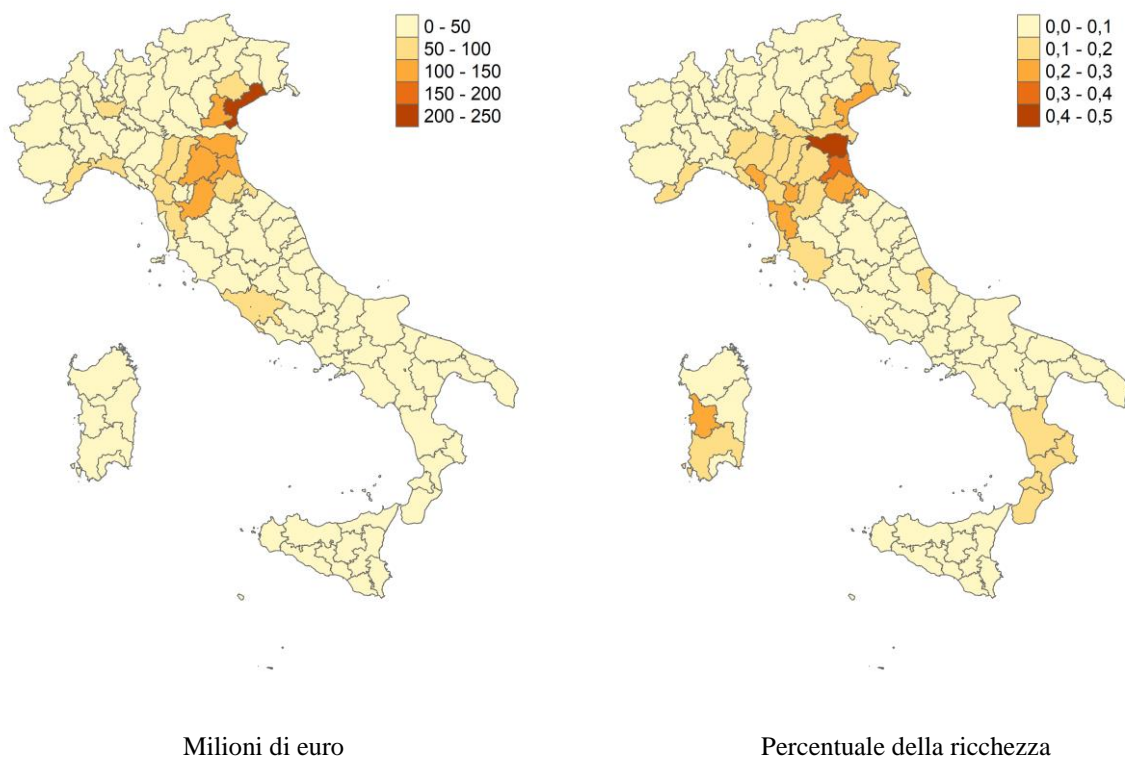
²⁵ Il limite inferiore e superiore della perdita annua attesa sono pari a 6,6 e 15 miliardi di euro, rispettivamente.

case in muratura, che in Italia rappresentano la quasi totalità degli immobili, una vulnerabilità non superiore al 60 per cento. Assumendo un tale valore di vulnerabilità, che verosimilmente è ancora eccessivo, e considerando le sole abitazioni al piano terra, la perdita annua attesa sarebbe pari a 3 miliardi di euro²⁶.

In termini di superficie abitativa la perdita annua attesa, nell'ipotesi di vulnerabilità del 100 per cento, sarebbe pari allo 0,23 per cento di quella complessiva, quindi poco al di sotto della percentuale ottenuta per il valore immobiliare. Tale differenza è dovuta alla maggiore rischiosità delle aree del Nord Italia, dove in media i prezzi delle abitazioni sono più elevati.

L'area più a rischio è quella del Distretto idrico del Po (figura 4). La regione con la maggiore perdita annua attesa in termini relativi è l'Emilia Romagna (0,71 per cento della ricchezza abitativa), per via sia della presenza del fiume Po sia del diffuso reticolo di canali secondari. Le altre regioni che presentano elevati rischi sono la Toscana e la Liguria, con una perdita annua attesa dello 0,5 per cento. Le regioni con il minore rischio sono il Molise e la Basilicata, dove la perdita annua attesa è inferiore allo 0,05 per cento.

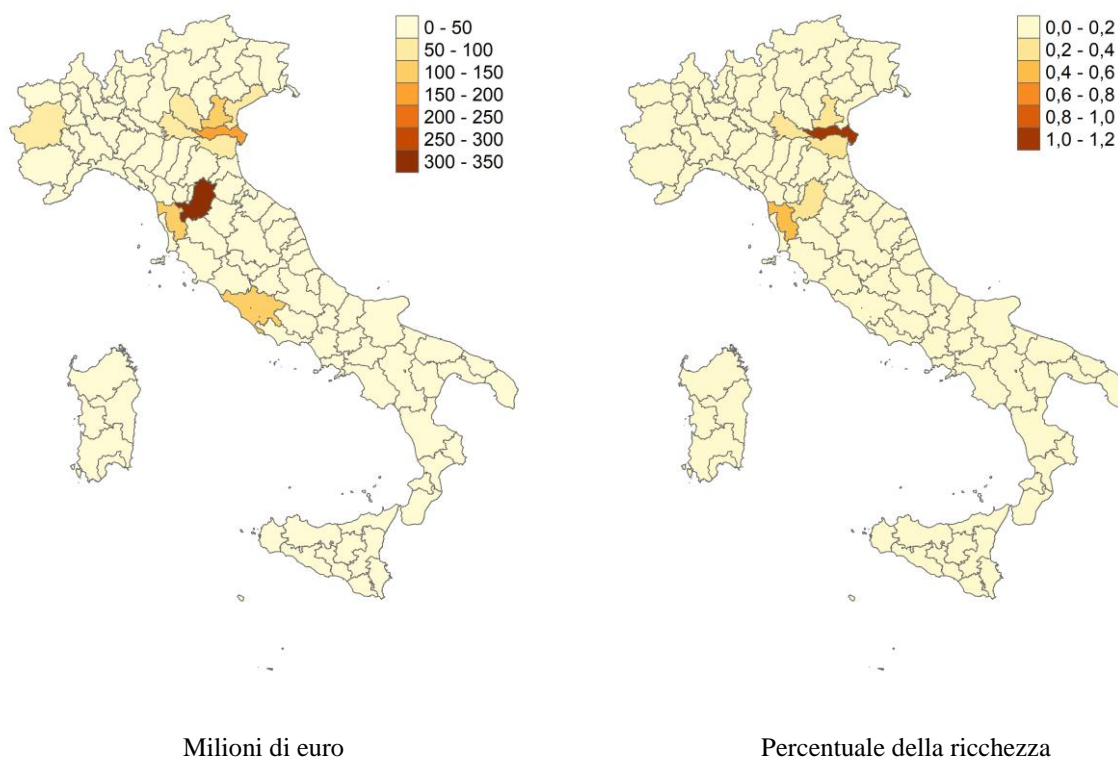
Fig. 4 Perdita annua attesa sulla base degli scenari ISPRA



²⁶ Faiella (2013) stima una perdita annua attesa sull'intero patrimonio immobiliare privato dovuto al rischio idrogeologico – che include anche altre fonti di rischio oltre alle alluvioni – pari a 1,6 miliardi di euro (ai valori del 2009). Inoltre, Faiella (2013) assume valori di vulnerabilità compresi tra l'1 e il 10 per cento.

Sulle base degli scenari probabilistici diffusi dal JRC, la perdita annua attesa nel caso di vulnerabilità del 100 per cento sarebbe pari a circa 11,1 miliardi di euro (0,26 per cento della ricchezza immobiliare; tavola 2). Poiché il JRC rende disponibile per ogni scenario di probabilità anche il tirante idrico, è possibile utilizzare la funzione di stima del danno proposta da Huizinga et al. (2017), che tiene conto sia del tirante idrico sia delle caratteristiche delle abitazioni, quali il livello del piano e i materiali di costruzione. In tal modo si ottiene che la perdita annua attesa sarebbe pari a 4 miliardi di euro considerando tutte le abitazioni (0,09 per cento della ricchezza abitativa complessiva) e 2 miliardi se si restringesse l'attenzione alle sole case al piano terra (figura 5).

Fig. 5 Perdita annua attesa sulla base degli scenari JRC



Ignorando l'utilizzo delle funzioni di danno, la perdita annua attesa basata sui dati del JRC è in linea con il dato medio desumibile dai dati dell'ISPRA, nonostante le aree a rischio siano sensibilmente meno estese negli scenari del JRC rispetto a quelli dell'ISPRA²⁷. Le stime basate sulle diverse mappe di pericolosità non sono però comparabili. In particolare, il framework di analisi del JRC include uno scenario di pericolosità con periodo di ritorno di 10 anni, che interessa il 2,2 per

²⁷ Come detto in precedenza, le mappe del JRC prendono in considerazione il solo rischio di alluvione di origine fluviale per i principali corsi d'acqua. La percentuale di superficie abitativa esposta al rischio di alluvione nello scenario a più bassa probabilità del JRC è pari al 3,7 per cento, a fronte del 20,6 sulla base delle mappe dell'ISPRA.

cento della superficie abitabile. La probabilità associata a tale scenario nella stima della perdita annua attesa è superiore alla somma delle probabilità di occorrenza di tutti gli altri scenari, per cui il suo contributo alla stima complessiva della perdita è molto significativa (poco meno della metà). Inoltre, la limitata copertura territoriale e la mancata modellizzazione dell'impatto di opere di protezione (ad esempio gli argini) introducono significativi errori di misurazione, in particolare a livello locale.

3.4 Granularità ed errore di misurazione

Come illustrato nella sezione 3.2, per una corretta misurazione dell'impatto del rischio di alluvione sarebbe necessario avere informazioni dettagliate a livello di singolo edificio. Quando si ha la disponibilità solo di dati aggregati è invece necessario introdurre assunzioni sulla distribuzione spaziale degli edifici²⁸. Nel nostro caso, ad esempio, assumiamo che gli edifici siano uniformemente distribuiti all'interno delle sezioni di censimento, ma data la dimensione abbastanza contenuta di queste ultime l'errore di misurazione è verosimilmente limitato.

Al contrario, sfruttare dati ancora meno granulari potrebbe comportare una significativa distorsione poiché il pericolo di alluvioni è molto localizzato.

Una valutazione di tale distorsione è fornita in questa sezione, in cui ripetiamo il nostro esercizio di stima della perdita annua attesa utilizzando, invece dei dati a livello di sezioni di censimento, dati a livello di provincia sullo stock di abitazioni, quindi sia dei prezzi sia delle caratteristiche. In diversi paesi europei la disponibilità di dati per questo tipo di analisi è a tale livello di granularità.

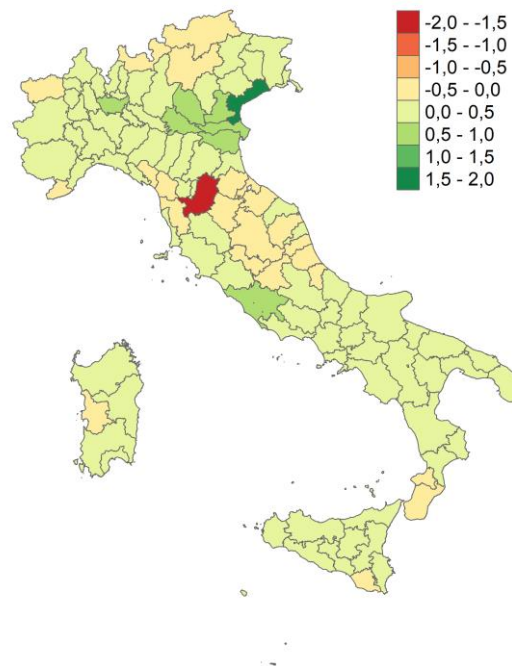
Anche nel caso di informazioni a livello provinciale è necessario assumere una distribuzione spaziale omogenea, per cui la quota del patrimonio abitativo in valore esposto al pericolo di alluvione è uguale alla percentuale di territorio in aree allagabili. Adottando questo approccio, e assumendo una vulnerabilità pari al 100 per cento, sulla base delle mappe di pericolosità dell'ISPRA la perdita annua attesa risulterebbe pressoché simile a quella basata su dati di censimento e su ipotesi analoghe (10,4 miliardi di euro), mentre sulla base degli scenari del JRC essa raddoppierebbe a 21,3 miliardi di euro, con ampia variabilità tra province (figura 6).

L'errore di misurazione dovuto alla scarsa granularità dei dati non è quindi valutabile a priori, ma varia a seconda delle mappe di pericolosità prese in considerazione. Nel caso della mappatura del JRC l'ampiezza della distorsione è dovuta al fatto che le aree inondabili sono spesso in zone disabitate. Infatti, considerando le stime a livello di sezione di censimento, nello scenario a più bassa

²⁸ In alternativa, sarebbe necessario ricorrere ad immagini satellitari per individuare la presenza di edifici all'interno delle aree potenzialmente allagabili. Tale approccio non consente tuttavia di risalire alle caratteristiche delle abitazioni.

probabilità (periodo di ritorno a 500 anni) la percentuale di territorio inondabile è il 5,7 per cento, mentre la superficie abitabile a rischio è solo il 3,7 per cento (tavola 1). Quindi, utilizzare dati provinciali porta a sovrastimare la quota di patrimonio abitativo a rischio. Al contrario, nel caso della Mosaicatura ISPRA, considerando lo scenario a bassa probabilità, la percentuale di territorio potenzialmente soggetto ad alluvioni è pari al 14 per cento, ma la stima corretta della superficie abitativa a rischio è il 20,6 per cento. Per questo motivo, utilizzare i dati provinciali implicherebbe una distorsione nella stima della superficie abitativa esposta al pericolo di inondazione e, di conseguenza, la non affidabilità di quella della perdita annua attesa.

Fig. 6 Perdita annua attesa sulla base degli scenari JRC



Miliardi di euro

4. Discussione e conclusioni

Questo lavoro fornisce una sintesi dei dati, delle metodologie e delle criticità per valutare il rischio di alluvione nel nostro paese, applicando tale quadro analitico per la stima dell'esposizione e della perdita annua attesa di ricchezza abitativa.

Nel complesso, si possono trarre due conclusioni. La prima, strettamente legata alla specifica applicazione analizzata nel lavoro, è che il potenziale impatto delle alluvioni sulla ricchezza immobiliare è molto rilevante. Il valore del patrimonio immobiliare esposto a tale rischio è pari a circa 1.000 miliardi di euro e la perdita annua attesa potrebbe arrivare a tre miliardi di euro.

La seconda conclusione, molto più generale, è che le stime della perdita annua attesa possono variare in maniera molto significativa a seconda del set informativo a disposizione – che consente di misurare in maniera più o meno precisa la vulnerabilità del patrimonio abitativo – e delle stime dei periodi di ritorno delle alluvioni. Le nostre analisi mostrano che: (i) prendere in considerazione solo l'estensione delle aree inondabili non è sufficiente per una corretta misurazione dei rischi derivanti dai cambiamenti climatici; (ii) mappe di pericolosità anche molto diverse possono portare a misurazioni della perdita annua attesa molto simili, ma ciò non implica un'equivalente validità scientifica delle diverse mappe di rischio – che è una valutazione che non può essere effettuata dallo statistico o dall'economista.

In prospettiva, da un punto di vista metodologico, una stima più accurata della perdita annua attesa beneficerebbe della disponibilità di dati catastali a livello di singolo edificio. Sarebbe inoltre estremamente utile che le mappe di pericolosità includessero anche le stime sui tiranti idrici, che consentirebbero una migliore valutazione della vulnerabilità degli immobili. Dal punto di vista dell'analisi economica, una direzione di ricerca è lo sfruttamento dei dati molto granulari a livello di sezione di censimento, in connessione con le informazioni derivanti dalle nostre indagini presso le famiglie, per valutare la distribuzione del rischio di alluvione tra le fasce della popolazione per valutarne potenziali effetti redistributivi (Kahn, 2021). Infine, il quadro analitico descritto in questo lavoro potrebbe essere impiegato per una prima valutazione del potenziale impatto del rischio di alluvione sulle attività produttive, utilizzando i dati a livello di sezione del Censimento dell'industria e dei servizi del 2012.

Bibliografia

- Abdullahi Hassan A., Bonaccorsi di Patti E., Faiella I. e Rinaldi F. (2020), *L'esposizione del credito ai rischi climatici in Italia. Una valutazione del rischio fisico*, mimeo.
- Banca d'Italia e Istat (2022), *La ricchezza dei settori istituzionali in Italia: 2005-2020*, report.
- Benetton M., Emiliozzi S., Guglielminetti E., Loberto M. e Mistretta, A. (2022), *Do House Prices Reflect Climate Change Adaptation? Evidence from the City on the Water*, *Questioni di Economia e Finanza*, n. 735, Banca d'Italia.
- De Bonis R., Liberati D., Muellbauer J. e Rondinelli C. (2020), *Consumption and wealth: new evidence from Italy*, *Temi di discussione*, n.1304, Banca d'Italia.
- Dottori F., Alfieri L., Bianchi A., Skoien J. e Salamon P. (2021), *River flood hazard maps for Europe and the Mediterranean Basin region*, European Commission, Joint Research Centre (JRC)
- ESRB (2021), *Climate-related risk and financial stability*, report.
- Faiella I. (2013), *Uso sostenibile del suolo in Italia: analisi e proposte*, atti della conferenza "Calamità Idrogeologiche: aspetti economici", Accademia dei Lincei.
- Faiella I. e Natoli F. (2018), *Natural catastrophes and bank lending: the case of flood risk in Italy*, *Questioni di economia e finanza*, n. 457, Banca d'Italia.
- Kahn, M. (2021), *Adapting to climate change*, Yale University Press.
- Huizinga, J., De Moel, H. e Szewczyk, W. (2017), *Global flood depth-damage functions: Methodology and the database with guidelines*, EUR 28552 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Lastoria B., Bussettini M., Mariani S., Piva F. e Braca G. (2021), *Rapporto sulle condizioni di pericolosità da alluvione in Italia e indicatori di rischio associati*. ISPRA, Rapporti 353/21.
- OMI (2018), *Manuale della Banca Dati Quotazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare*, manuale.
- Meucci G. e Rinaldi F. (2022), *Bank exposure to climate-related physical risks in Italy: A first assessment based on AnaCredit data on loans to non-financial corporates*, mimeo.
- Trigila A., Iadanza C., Lastoria B., Bussettini M. e Barbano A. (2021), *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2021*. ISPRA, Rapporti 356/2021

Appendice

Stima della probabilità di realizzazione di uno scenario

In questa sezione descriviamo il procedimento per calcolare la probabilità di occorrenza di uno scenario, P_{i,T_k} , a partire dai tempi di ritorno T_k .

Assumiamo di avere N_T scenari di probabilità ordinati con periodo di ritorno decrescente: $T_1 > T_2 > \dots > T_{N_T}$. Per ogni scenario, la probabilità di superamento può essere calcolata come inversa del periodo di ritorno:

$$p_k = \frac{1}{T_k} \quad \forall k = 1, \dots, N_T$$

La probabilità di occorrenza dello scenario k-esimo può essere calcolata in maniera recursiva a partire dalle probabilità di superamento, partendo dall'osservazione che nel caso dello scenario a maggiore periodo di ritorno, T_1 , la probabilità di superamento coincide per costruzione con quella di occorrenza, $p_1 = P_1$. Per calcolare P_2 , si noti che

$$p_2 = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2)$$

La probabilità di superamento della soglia relativa allo scenario con periodo di ritorno T_2 è data dal complemento a 1 della probabilità che non occorranza lo scenario T_2 oppure quello T_1 , che è un evento con probabilità $(1 - P_1)(1 - P_2)$. Dall'inversione della precedente formula è possibile calcolare P_2 come

$$P_2 = \frac{p_2 - 1}{(1 - P_1)} + 1 = \frac{p_2 - 1}{(1 - p_1)} + 1$$

in cui P_2 è funzione di parametri noti, p_2 e p_1 . È possibile calcolare la probabilità di occorrenza degli scenari successivi utilizzando la seguente formula

$$P_k = \frac{p_k - 1}{\prod_{j=1}^{k-1} (1 - P_j)} + 1$$

Le stime delle probabilità di occorrenza sono riportate nella tavola A.

Tav. A Periodi di ritorno e probabilità

	(1) Probabilità di superamento - p_k	(2) Probabilità di occorrenza - P_k
500	0,002	0,002
200	0,005	0,002
100	0,01	0,005
50	0,02	0,010
20	0,05	0,030
10	0,1	0,052