

Allegato 4

I pericoli climatici analizzati e la valutazione dell'esposizione

Sommario

Introduzione	2
Calore.....	2
Tempeste di vento.....	4
Alluvioni e frane.....	4
Siccità.....	6

Introduzione

Per la Lombardia sono stati individuati quattro pericoli climatici principali rispetto ai quali condurre la verifica di resilienza, che sono rappresentati da:

- Calore;
- Alluvioni e frane;
- Siccità;
- Tempeste di vento.

Nei paragrafi successivi viene fornito un breve inquadramento per questi quattro pericoli climatici, specificando gli elementi adottati nei moduli di cui agli Allegati 1, 2, 3 per l'analisi dell'esposizione e delle sensibilità.

Calore

L'analisi della distribuzione del pericolo climatico legato al calore è stata effettuata da ARPA Lombardia attraverso l'applicazione di un metodo che consente di determinare l'esposizione a tale pericolo in ogni punto del territorio regionale, assegnando una classe di esposizione (alta, media e bassa), utilizzabile dal proponente per la verifica climatica.

L'esito dell'analisi è stato rappresentato in una mappa, elaborata considerando i 5 indici / indicatori climatici seguenti:

- Tas max (°C) – Temperatura massima dell'aria vicino al suolo (annuale);
- CDDs (GG) - Gradi giorni di raffrescamento: somma della temperatura media giornaliera meno 21°C, se la temperatura media giornaliera è maggiore di 24°C;
- TR (giorni) - Notti tropicali: Numero di giorni con temperatura minima maggiore di 20°C;
- Summer days 30 (giorni): Media annuale del numero di giorni con temperatura massima maggiore di 30°C;
- WSDI (giorni) - Indice di durata dei periodi di caldo: Numero totale di giorni in cui la temperatura massima giornaliera è superiore al 90° percentile della temperatura massima giornaliera per almeno 6 giorni consecutivi (si considera solo il periodo estivo).

Tali indicatori sono stati calcolati per il periodo storico di riferimento 1986 - 2005 e per lo scenario RCP 8.5¹ nel periodo 2041-2060. È stata quindi considerata l'anomalia rispetto al valore storico di riferimento.

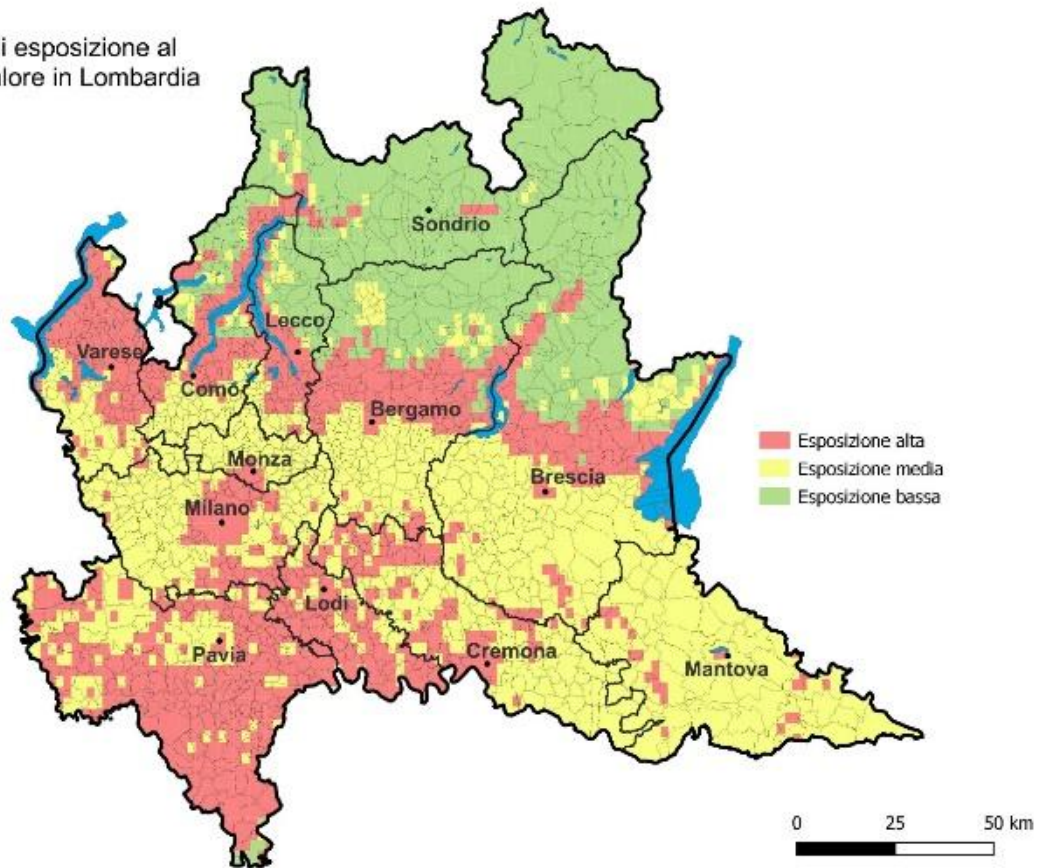
Si è quindi proceduto a comporre i singoli indici in un unico indice di esposizione adimensionale. A questo indice complessivo è stata associata la valutazione effettuata nella Proposta di revisione generale del PTR² in merito al fenomeno delle isole di calore (UHI), che rappresenta quindi un ulteriore elemento di rischio.

La distribuzione dei livelli di esposizione al calore, così ottenuta, è rappresentata nella mappa seguente.

¹ Scenario che corrisponde all'emissione di gas climalteranti (GHG) senza considerare l'adozione delle politiche di mitigazione previste dagli accordi di Parigi del 2015 e ritenuto più rappresentativo in termini di variazione della temperatura.

² Proposta di revisione generale del PTR comprensivo del PPR (DGR n. 7170 del 17 ottobre 2022).

Mappa di esposizione al pericolo calore in Lombardia



Fonte: ARPA Lombardia <https://www.dati.lombardia.it/Ambiente/Mappa-esposizione-al-pericolo-calore-RCP-8-5-2041-/ph5e-whd2>

Sinteticamente, si possono attribuire le seguenti descrizioni dell'esposizione al rischio climatico "calore":

- esposizione bassa nei contesti in cui la temperatura non varia significativamente rispetto al periodo di riferimento, né si prevedono incrementi tali da modificare il regime di raffrescamento degli ambienti domestici o modifiche nei picchi di temperatura estivi;
- esposizione media: vi sono variazioni di temperatura significative rispetto al periodo di riferimento tali da rappresentare un moderato rischio per le attività all'aperto e un maggiore consumo energetico per il raffrescamento notturno degli ambienti domestici;
- esposizione alta: vi sono evidenti variazioni di temperatura tali da rendere necessarie modifiche nelle abitudini di vita all'aperto e nei consumi energetici per il raffrescamento estivo. Si possono registrare record di temperatura in grado di influenzare l'uso delle infrastrutture. La presenza di un'isola di calore esacerba i fenomeni.

Tempeste di vento

Per l'incremento di frequenza e intensità delle tempeste di vento, al momento non sono disponibili previsioni affidabili a livello regionale, derivanti dai modelli climatici.

Infatti, secondo le analisi svolte dal CMCC³ per gli scenari RCP 2.6⁴ e RCP 4.5⁵ con una risoluzione 12 km x 12 km, nel periodo che va fino al 2060, per le tempeste di vento si prevede un lieve aumento in frequenza e intensità, ma il segnale è affetto da notevole incertezza e necessita di approfondimenti con modelli a maggior risoluzione spazio - temporale.

In assenza di scenari, la valutazione dell'esposizione è fortemente basata sull'analisi degli eventi che hanno colpito il territorio e degli effetti generati. Spesso si tratta di fenomeni fortemente localizzati, condizionati anche dalla forma urbana (es. incanalamento del vento) e la cui distruttività dipende non solo dalla velocità del vento ma anche dalla presenza di raffiche e dalle componenti di vento verticali, rotatorie, ecc..⁶

Come fonti di informazione, senza pretesa di esaustività, si segnalano anche il database European Severe Weather Database <https://eswd.eu/> e l'Osservatorio nazionale città clima – Legambiente: <https://cittaclima.it/mappa/> (che registrano segnalazioni volontarie di eventi estremi).

Le Norme Tecniche per le costruzioni⁷ forniscono indicazioni per una progettazione resistente al vento. Fatto salvo quando contenuto in tali norme, ulteriori approcci cautelativi possono essere adottati a scala progettuale.

Alluvioni e frane

La valutazione dell'esposizione alle alluvioni e alle frane si basa sulla normativa e sulla pianificazione esistente. In particolare, si considerano:

- i Piani di bacino (in particolare il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – PAI e il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – PGRA e le loro varianti), che individuano le aree in dissesto e le aree allagabili e le relative norme di attuazione PAI-PGRA;
- il Piano di Governo del Territorio e in particolare la Componente geologica, idrogeologica e sismica⁸ che individua le classi di fattibilità geologica, cui sono correlate specifiche norme, tenendo conto della presenza di aree allagabili e dei dissesti idrogeologici eventualmente presenti. La Componente geologica del PGT recepisce i contenuti della [pianificazione di bacino](#). In alcuni casi, tuttavia, i PGT non sono aggiornati rispetto a tali Piani o alle loro varianti più recenti.

Per le **alluvioni fluviali**, i modelli climatici non permettono di individuare un legame diretto causa-effetto fra la variazione del regime delle piogge e gli episodi alluvionali, che dipendono dalle caratteristiche delle piogge, del bacino e del corso d'acqua (ad esempio la durata delle piogge, la distribuzione sul bacino, il grado di artificializzazione del territorio, ecc.). Tuttavia, i dati osservati negli ultimi anni mostrano un incremento della frequenza di episodi alluvionali con tempi di ritorno elevati, in particolare nei bacini più impermeabilizzati. Cautelativamente, sono considerati esposti al rischio di allagamento i progetti localizzati in aree allagabili con

³ Carraro, 2023.

⁴ RCP 2.6 è lo scenario obiettivo, che permetterebbe di contenere l'incremento di temperatura entro la soglia di 1.5°C.

⁵ RCP 4.5 è lo scenario intermedio, in cui l'emissione di gas serra è arginata, ma le loro concentrazioni nell'atmosfera aumentano ulteriormente nei prossimi 50 anni e l'obiettivo dei + 2°C non è raggiunto.

⁶ A titolo di esempio, la tempesta che si è abbattuta su Milano nel luglio 2023, ha fatto registrare nella stazione ARPA Juvara raffiche di vento con velocità attorno ai 30 m/s, valore superiore di circa il 20% rispetto alla velocità del vento di riferimento prevista nelle Norme tecniche per il milanese.

⁷ Norme tecniche per le costruzioni - decreto MIT del 17 gennaio 2018.

⁸ Criteri attuativi vigenti art. 57 L.R. n. 12 del 2005 (DGR n. 2616 del 2011).

tempo di ritorno fino a 200 anni, secondo il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni⁹ (PGRA).

Per le **alluvioni pluviali** legate a insufficienze della rete di drenaggio urbano anche connesse a fenomeni di precipitazione intensa in aree fortemente impermeabilizzate, lo strumento di riferimento per la valutazione dell'esposizione, se presente, è lo Studio comunale di gestione di rischio idraulico o il Documento semplificato, ai sensi del R.R. n 7/2017 sull'invarianza idraulica, che individuano le aree allagabili a scala comunale.

Poiché le **alluvioni pluviali** e alcune tipologie di **frane**¹⁰ sono influenzate dalla variazione del regime delle precipitazioni, qualora gli scenari pluviometrici prefigurino un aumento delle precipitazioni intense, all'atto della definizione delle misure di adattamento se ne terrà conto con un dimensionamento cautelativo delle eventuali opere di mitigazione.

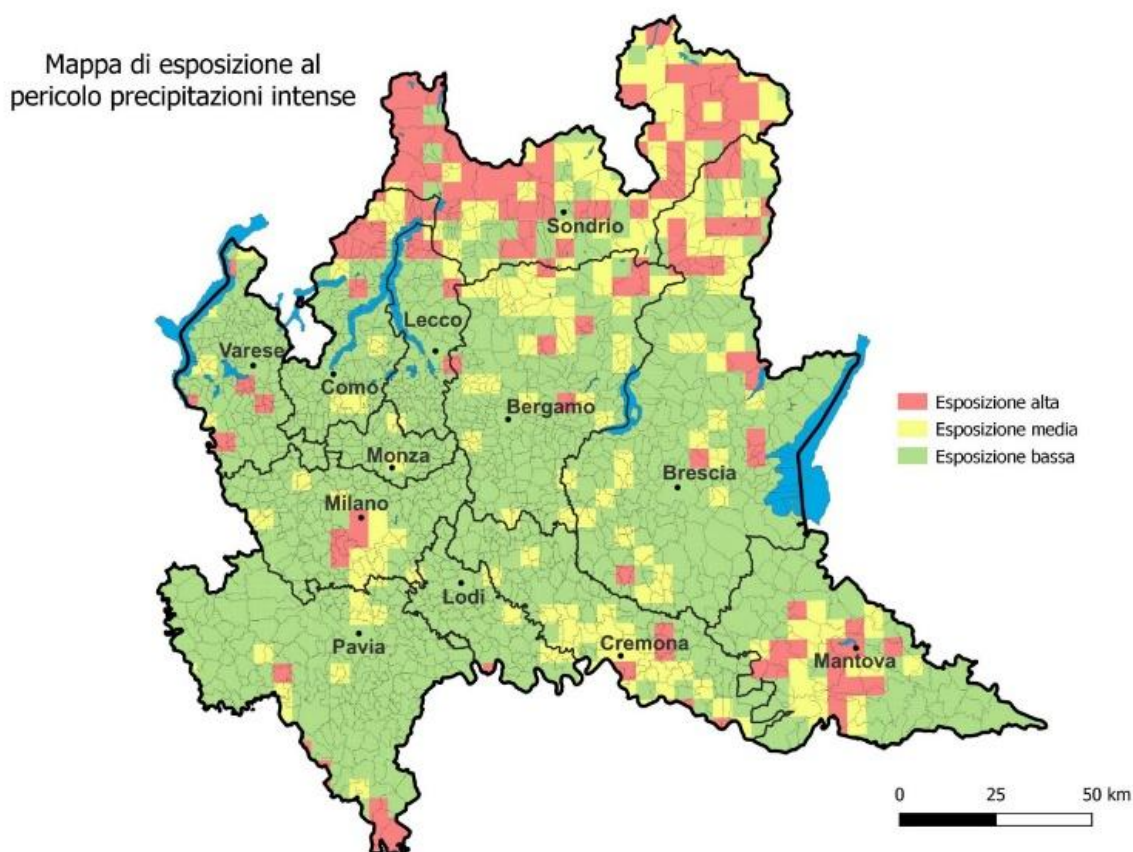
Per valutare il potenziale incremento di fenomeni di precipitazione intensi, ARPA Lombardia ha selezionato l'indicatore P40, che rappresenta la probabilità delle precipitazioni al di sopra dei 40 mm / giorno. Rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, considerando lo scenario RCP 4.5, per il periodo 2021-2040 si evidenzia che la probabilità di precipitazioni oltre 40 mm aumenta. Per tradurre questi valori in categorie di esposizione nella graduazione alto-medio-basso, rappresentata nella mappa seguente, è stato attribuito:

- il valore "Alto" a tutti i punti che presentano un aumento della probabilità di precipitazioni (superiori ai 40 mm/giorno) maggiore dell'1,5% (l'utilizzo della soglia all'1,5% porta ad identificare con valore pari a "Alto" il 20% dei punti, che sono appunto quelli con i valori più alti nella curva della distribuzione dei valori);
- Il valore "Medio" a tutti i punti che presentano un aumento della probabilità di precipitazioni (superiori ai 40 mm/giorno) fino all'1,5%;
- Il valore "Basso" a tutti i punti che non presentano variazioni o che presentano variazioni in diminuzione.

Tale indicatore va quindi considerato come una proxy per il rischio di verificarsi di precipitazioni intense.

⁹ Definizione delle Fasce PAI: Fascia A: porzione dove defluisce almeno l'80% della portata di piena con TR 200; Fascia B: Portata di piena di riferimento TR 200 anni; Fascia C: Piana catastofica TR > 200 anni o TR 500 anni; Definizione aree allagabili PGRA: P3: evento con elevata probabilità (TR fra 20 e 50 anni); P2: evento a media probabilità (TR fra 100 e 200 anni); P1 evento estremo.

¹⁰ Si considerino in particolare le seguenti categorie di dissesti, di cui ai criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. 12/2005 (d.g.r. 2616/2011): Aree di frana attiva (scivolamenti; colate ed espansioni laterali); Aree di frana quiescente (scivolamenti; colate ed espansioni laterali); Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso); Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli); Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide; Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni; Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno; Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo (aree di influenza).



Fonte: ARPA Lombardia <https://www.dati.lombardia.it/Ambiente/Mappa-esposizione-precipitazioni-intense-future/48ep-hfh2>

Siccità

L'analisi della distribuzione del pericolo climatico legato alla siccità in Lombardia è stata effettuata da ARPA Lombardia attraverso l'applicazione di un metodo analogo a quello utilizzato per il pericolo calore con l'obiettivo di determinare un valore di esposizione (alta, media, bassa) in ogni punto del territorio regionale, utilizzabile dal proponente per la verifica climatica.

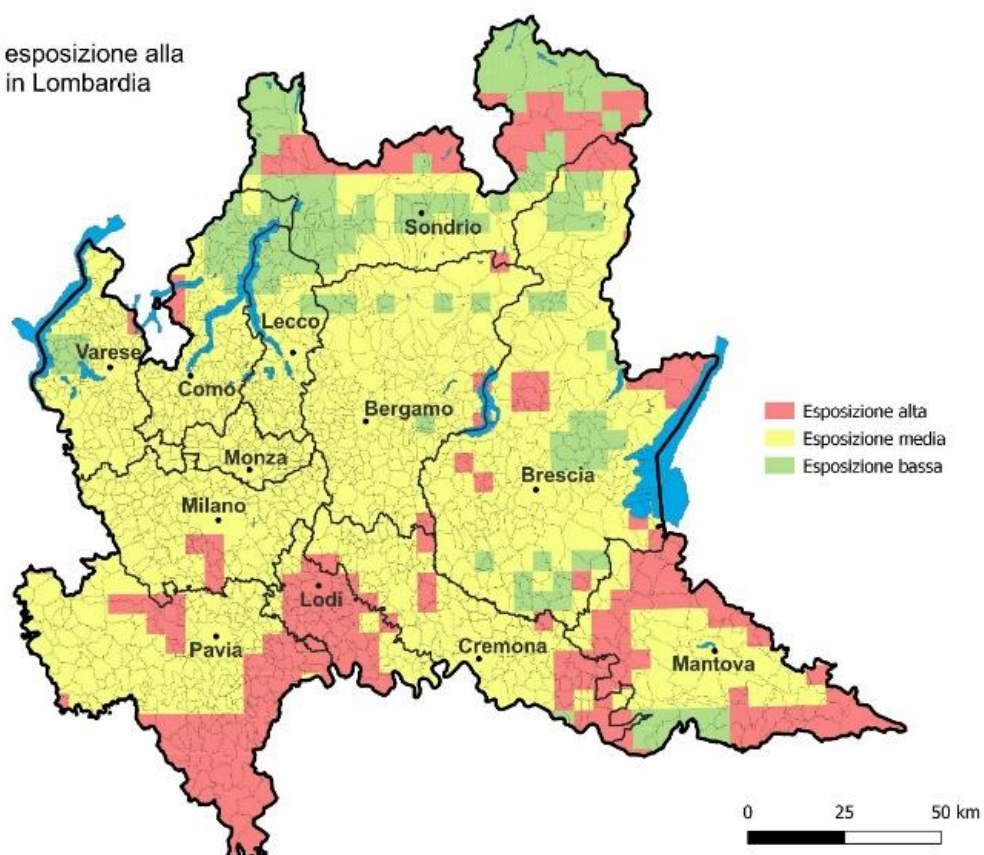
Per questa analisi sono stati considerati i 4 indici / indicatori climatici seguenti:

- SPI3 (-) – Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 3 mesi;
- SPI6 (-) – Indice standardizzato di precipitazione per periodi di 6 mesi;
- CDD (gg) – Giorni consecutivi secchi: Numero massimo di giorni consecutivi con precipitazione giornaliera minore a 1 mm;
- PRCP_{TOT} (mm) – Precipitazione cumulata nei giorni piovosi.

Tali indicatori sono stati calcolati per il periodo storico di riferimento 1986 - 2005 e per lo scenario RCP 8.5 nel periodo 2041-2060. È stata quindi considerata l'anomalia rispetto al valore storico di riferimento.

La distribuzione dei livelli di esposizione alla siccità così ottenuta è rappresentata nella mappa seguente.

Mappa di esposizione alla
siccità in Lombardia



Mappa di esposizione al pericolo siccità (Fonte: ARPA Lombardia <https://www.dati.lombardia.it/dataset/Mappa-esposizione-siccit-RCP-8-5-2041-2060/q7mx-u7ye>)