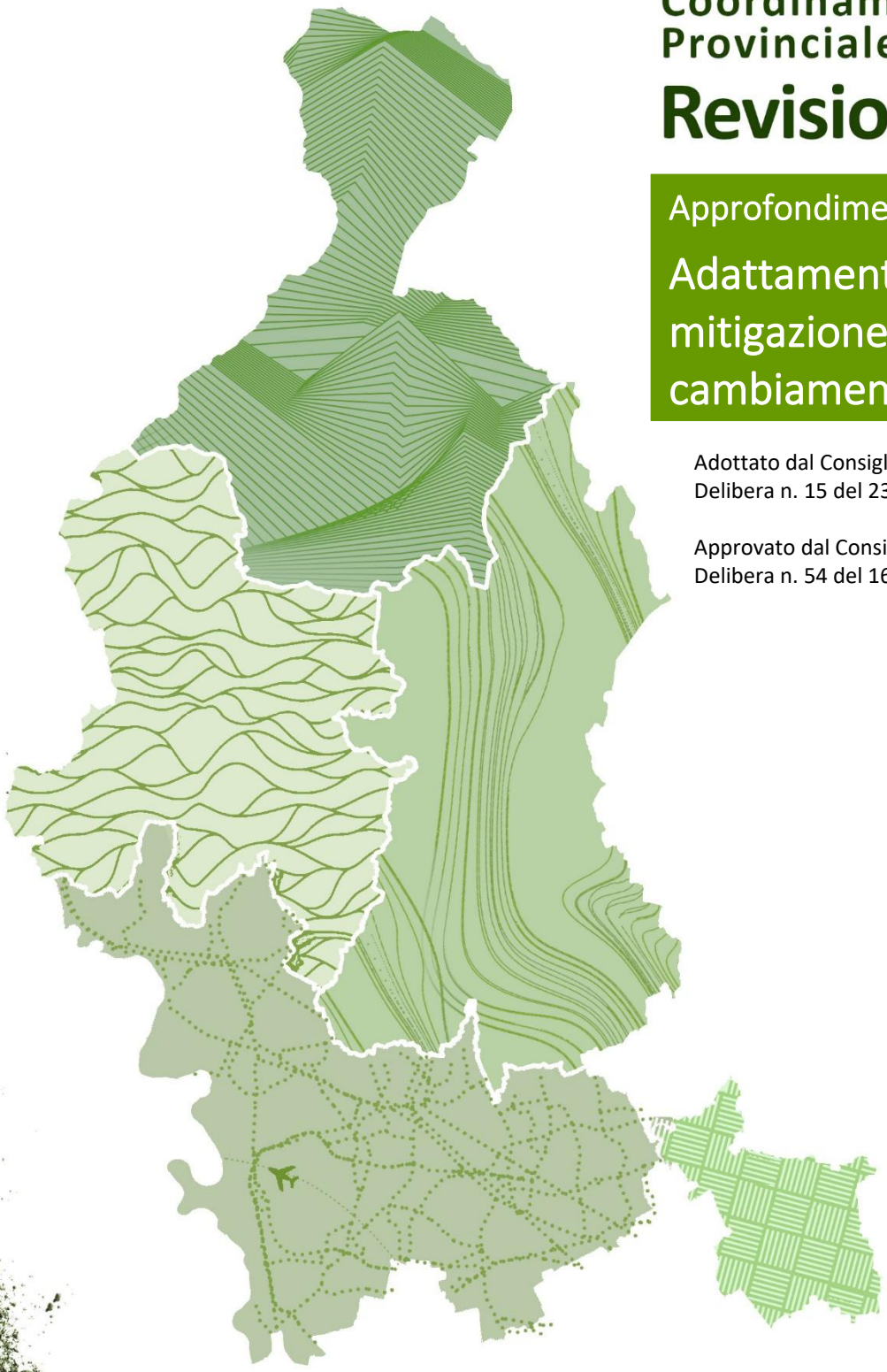
PROVINCIA di VARESE

Provincia di Varese supporta gli obiettivi dello Sviluppo Sostenibile

PTCP

Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale

Revisione 2026



Approfondimento Tematico

Adattamento e mitigazione al cambiamento climatico

Adottato dal Consiglio Provinciale con Delibera n. 15 del 23/04/2026

Approvato dal Consiglio Provinciale con Delibera n. 54 del 16/09/2026



Il PTCP si ispira agli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite.

Con riferimento all'utilizzo del logo SDG e delle 17 icone SDG delle Nazioni Unite si rimanda al sito web degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (https://www.un.org/sustainabledevelopment). Si specifica che: il contenuto di questa pubblicazione non è stato approvato dalle Nazioni Unite e non riflette le opinioni delle Nazioni Unite o dei suoi funzionari o Stati membri.

PRESIDENTE DELLA PROVINCIA — Dott. Marco Magrini

Consigliere con delega alla Transizione ecologica — Dott. Stefano Bellaria

Dirigente dell'Area Tecnica — Arch. Giuseppe Ruffo

e Autorità Procedente

con il supporto del Gruppo di lavoro intersettoriale e multidisciplinare:

Dott.ssa Lorenza Toson (Responsabile del Settore Territorio), Arch. Melissa Montalbetti, Dott.ssa Samuela Farina, Arch. Nadia Quadrelli, Geom. Mario Schiavi, Dott. Marco Parma, Dott.ssa Lorena Perri, Ing. Chiara Giorgetti, Dott.ssa Claudia Longhi, Dott.ssa Alessia Lo Duca, Dott. Diego Rossi, Ing. Erasmo Nocco, Ing. Sara Barbieri.

Documento elaborato da:

Fondazione Lombardia per l'Ambiente (FLA)

Presidente, Dott. Piero Frazzi
Direttore, Dott. Stefano Clerici
Dirigente, Dott. Fabrizio Piccarolo
Responsabile Area di Ricerca e Sviluppo Sostenibile, Dott.ssa Mita Lapi
Senior expert, Arch. Giovanna Michielin
Senior expert, Dott. Agr. Marco Pregnolato

FONDAZIONE LOMBARDIA PER L'AMBIENTE

INDICE

1 ELEMENTI DI RISCHIO CLIMATICO PER LA PROVINCIA DI VARESE 1
1.1 Indicatori di caratterizzazione climatica 2
1.1.1 Eventi climatici estremi 8
1.1.2 Influenza delle condizioni morfologiche e di copertura del suolo 8
1.2 Caratterizzazione degli scenari climatici futuri 8
1.2.1 Considerazioni sull'incertezza e la robustezza degli scenari climatici 13
1.3 Elementi di caratterizzazione di rischio climatico per gli ATO della Provincia di Varese 14
1.3.1 Prima valutazione dei livelli di rischio associati agli Ambiti Territoriali Omogenei 15
1.3.2 Caratterizzazione sintetica degli ATO rispetto ai rischi 20
1.3.3 Indirizzi generali per la mitigazione del rischio 21

1 ELEMENTI DI RISCHIO CLIMATICO PER LA PROVINCIA DI VARESE

Il clima della provincia di Varese, situata nel settore nord-occidentale della Lombardia, presenta caratteristiche diversificate.

Mediamente, esse possono essere inquadrate come tipiche del clima temperato continentale dell'Italia settentrionale, influenzato dalle vicinanze delle Alpi e da diversi bacini lacustri, come il Lago di Varese e il Lago Maggiore. Secondo le condizioni climatiche storiche, tale posizione comporta mediamente inverni relativamente freddi e nebbiosi, estati calde e relativamente umide, e una distribuzione delle precipitazioni piuttosto uniforme durante tutto l'anno, con picchi più marcati nei periodi primaverili e autunnali.

In Lombardia, tuttavia, coesistono due mesoclimi distinti: il mesoclima alpino e il mesoclima padano. Quest'ultimo si suddivide a sua volta in mesoclima padano propriamente detto e mesoclima insubrico, tipico delle aree dei laghi prealpini.

L'area alpina e prealpina presentano infatti un clima continentale caratterizzato da forti escursioni termiche giornaliere e precipitazioni abbondanti (spesso oltre i 1000 mm/anno), concentrate prevalentemente nel semestre estivo. Tuttavia, il clima varia significativamente da zona a zona, in base alle altitudini e all'esposizione.

Il mesoclima padano, invece, pur rientrando nel tipo continentale, differisce da quello delle aree continentali interne: presenta inverni rigidi, estati calde e umide, alta umidità (soprattutto nelle zone ricche di corsi d'acqua), nebbie frequenti in inverno e piogge moderate (tra 600 e 1100 mm/anno) distribuite durante l'anno. La ventosità è generalmente bassa, mentre i temporali estivi sono comuni. Le precipitazioni nell'area padana hanno due massimi stagionali: uno principale in autunno (tra ottobre e novembre) e uno secondario in primavera (tra maggio e giugno).

La zona dei laghi prealpini si differenzia dal resto della Lombardia sia per precipitazioni che per temperature, grazie alla protezione offerta dalle Prealpi contro i venti freddi e all'effetto termoregolatore dei laghi, che moderano le escursioni termiche.

La Provincia di Varese racchiude al suo interno tutti e tre i mesoclimi descritti[1].

Il settore montano, ubicato nella porzione settentrionale della provincia di Varese, dai primi rilievi montuosi a Nord del Comune di Varese sino al confine con la Svizzera, identificabile a grandi linee con l'ATO Alto Varesotto, è caratterizzato dal clima alpino. Il settore di pianura, posto nella porzione meridionale della provincia e identificabile invece con gli ATO Sempione - Ovest Milanese e Saronnese, è caratterizzato da clima tipicamente padano.

La fascia centrale, nel settore collinare, ubicato nella porzione compresa tra i primi rilievi montuosi a Nord di Varese e l'alta pianura e identificabile con gli ATO Conca dei Laghi di Varese e Varese e Valli Fluviali, presenta una climatologia fortemente influenzata dalla presenza dei laghi.

[1] *Studio idrogeologico ed idrochimico della Provincia di Varese a supporto delle scelte di gestione delle risorse idropotabili, PSTL, maggio 2007*

1.1 Indicatori di caratterizzazione climatica

La caratterizzazione climatica qui presentata è elaborata attraverso i dati messi a disposizione da ARPA Lombardia e sviluppati nel contesto del Programma Regionale Energia, Ambiente e Clima (PREAC) (D.g.r. 4247/2021). In tale contesto, ARPA Lombardia ha identificato un insieme di indicatori climatici, insieme a proiezioni future, per analizzare i potenziali rischi e sviluppare scenari di impatto sul sistema energetico regionale.

Per la caratterizzazione del clima storico, si presentano i dati relativi al periodo di riferimento 1986-2005 e declinati rispetto agli Ambiti Territoriali Omogenei della Provincia di Varese. Questa scelta è funzionale alla successiva rappresentazione degli scenari futuri di cambiamento climatico, delineati come dati di anomalia (differenza) rispetto ai valori dello stesso periodo di riferimento.

Ricordiamo che la caratterizzazione del periodo di riferimento è stata elaborata da ARPA Lombardia, basate su interpolazioni dal Dataset E-OBS alla rete di 13 stazioni meteorologiche di ARPA Lombardia, che abbiano raccolto almeno trent'anni di dati a partire dal 1991.

La Tabella 1 presenta i valori per un set di indicatori derivati dal parametro fondamentale della temperatura per i cinque ATO identificato per la Provincia di Varese. Oltre alla sequenza delle temperature medie, massime e minime stagionali, si presentano alcuni indicatori derivati selezionati, in particolare i giorni di gelo (FD), le notti tropicali (TR), i giorni "estivi" (SU) e il Warm Spell Duration Index (WSDI).

ATO	U. mis.	Sempione e Ovest milanese	Saronnese	Conca dei laghi di Varese	Alto Varesotto	Varese e Valli fluviali
		ATOSOM	ATOCS	ATOCLV	ATOAV	ATOVVF
TMedia - Primavera	°C	12,0	**12,6**	12,0	10,6	11,8
TMedia - Estate	°C	21,9	**22,6**	21,7	19,8	21,5
TMedia - Autunno	°C	12,9	**13,5**	12,9	11,7	12,8
TMedia - Inverno	°C	3,5	**4,1**	3,8	3,2	3,7
TMAX - Primavera	°C	17,4	**17,6**	17,3	15,1	16,7
TMAX - Estate	°C	27,6	**27,9**	27,2	24,7	26,7
TMAX - Autunno	°C	17,6	**17,7**	17,5	15,6	17,0
TMAX - Inverno	°C	7,8	**8,0**	8,0	6,8	7,6
Tmin - Primavera	°C	6,5	7,6	6,7	**6,1**	6,9
Tmin - Estate	°C	16,2	17,2	16,2	**15,0**	16,2
Tmin - Autunno	°C	8,2	9,2	8,3	**7,8**	8,6
Tmin - Inverno	°C	**-0,9**	0,1	-0,4	-0,3	-0,2
Summer Days	gg	91,0	**95,0**	85,0	52,0	78,0
Tropical Nights	gg	10,9	**17,2**	9,0	2,8	8,6
Frost Days	gg	**67,3**	50,0	59,3	58,5	54,8
WSDI	gg	11,5	11,5	10,8	**12,5**	11,2

FD	Numero di giorni annuali con temperatura minima giornaliera inferiore a 0°C
TR	Numero di giorni annuali con temperatura minima giornaliera superiore a 20°C
TMIN	Media stagionale della temperatura più bassa registrata in un singolo giorno
TMAX	Media stagionale della temperatura più alta registrata in un singolo giorno
SU	Numero di giorni annuali con temperatura massima giornaliera superiore a 25°C
WSDI	Numero di giorni con almeno 6 giorni consecutivi in cui la temperatura massima giornaliera supera il 90° percentile

Tabella 1. Indicatori basati sulla temperatura per gli ATO della Provincia di Varese (dati elaborati da ARPA Lombardia per il PREAC di Regione Lombardia, 2022).

Il grafico di Figura 1 consente di visualizzare facilmente che gli ATO non sono tra di loro particolarmente differenziati per quanto concerne le temperature medie annuali e stagionali e che, laddove le differenze siano più significative, ovvero nel caso dell'ATO Alto Varesotto, sia ragionevole ritenere che esse siano da attribuirsi principalmente alle altitudini mediamente più elevate.

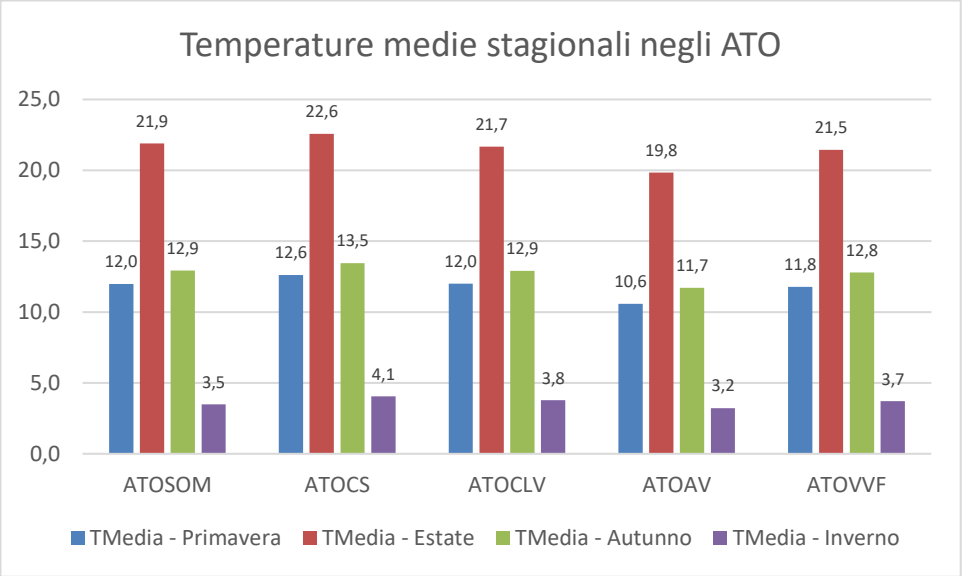


Figura 1. Temperature medie stagionali nei vari ATO secondo i dati del periodo di riferimento (1986-2005) dello studio ARPA Lombardia per il PREAC di Regione Lombardia (2022)

Dal punto di vista delle precipitazioni (l'altro parametro climatico fondamentale nelle analisi relative al cambiamento climatico), dal punto di vista storico, la Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990) suddivide abbastanza nettamente il territorio della Provincia in fasce diverse di piovosità (Figura 2). Se sul territorio della Provincia si osserva un generale gradiente nord-sud in cui la piovosità media diminuisce sensibilmente, si può altresì osservare che gli ATO più centrali, ovvero Conca dei Laghi e Varese e Valli Fluviali, sono caratterizzati da un gradiente interno più marcato rispetto a quelli più estremi (Alto Varesotto a nord, Sempione e Saronnese a sud).

I dati elaborati da ARPA Lombardia per il PREAC per quanto concerne il periodo di riferimento 1986-2005 riportano valori comparabili, sebbene non del tutto allineati a quelli proposti dalla Carta, in particolare con valori medi per Alto Varesotto sensibilmente più bassi (circa 1400 mm annui, a fronte di picchi superiori ai 2000 rappresentati in carta).

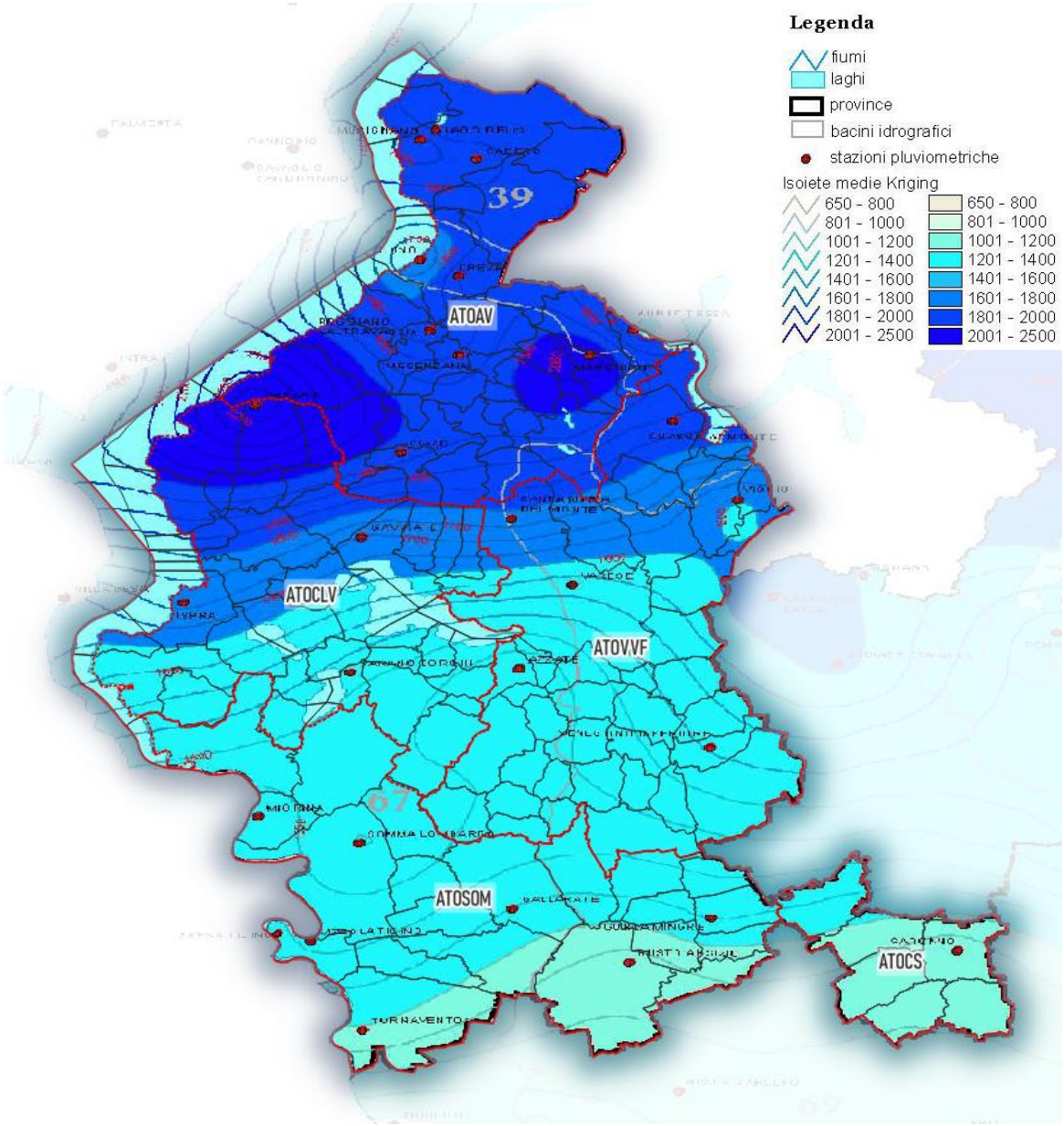


Figura 2. Sovrapposizione degli ATO definiti dal PTCP con la carta delle precipitazioni medie – Estratto della Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990)

La Tabella 2 riporta appunto i valori per gli indicatori basati sulla precipitazione: precipitazione cumulata totale annuale (PTOT), alcuni indicatori relativi alle piogge intense (R20, R95p e Rx1day) e l'indicatore relativo ai periodi asciutti (CDD).

ATO	U. mis	Sempione e Ovest milanese	Saronnese	Conca dei laghi di Varese	Alto Varesotto	Varese e Valli fluviali
		ATOSOM	ATOCS	ATOCLV	ATOAV	ATOVVF
PTOT	mm	1156,94	1104,61	1197,19	**1405,07**	1272,5
R20	gg	16,42	16,04	16,8	**21,06**	18,9

R95p	mm	23,04	22,43	22,96	**24,18**	23,55
Rx1day - media	mm	76,84	68,03	80,25	**92,15**	75,93
Rx1day - 90p	mm	90,72	81,8	95,96	**113,52**	87,82
CDD	**gg**	**31,8**	31,24	31,41	30,21	31,6

PTOT	Precipitazione cumulata totale
R20	Numero di giorni con precipitazione totale giornaliera maggiore o uguale a 20 mm
R95p	Somma delle precipitazioni cumulative giornaliere, riferita ai giorni durante l'anno in cui la precipitazione cumulativa giornaliera supera il 95° percentile
Rx1day	Indicatore di precipitazione massima giornaliera: esprime il valore più alto della precipitazione cumulata giornaliera su base mensile o annuale. Viene analizzato in termini di media (annuale) o del suo 90° percentile
CDD	La sequenza più lunga di giorni caratterizzati da precipitazioni cumulative giornaliere inferiori a 1 mm nel periodo considerato

Tabella 2. Indicatori basati sulla precipitazione per gli ATO della Provincia di Varese (dati elaborati da ARPA Lombardia per il PREAC di Regione Lombaria, 2022).

Nel caso delle precipitazioni, si può notare una differenza marcata per quanto concerne alcuni degli indicatori solo nel caso dell'ATO Alto Varesotto, differenza certamente attribuibile alla conformazione orografica sostanzialmente diversa di questo ambito.

Secondo i dati di ARPA Lombardia e del PAESC di Varese, la temperatura media annua ha subito un incremento costante negli ultimi decenni, con un tasso di aumento di circa 0,5°C ogni 10 anni. I mesi estivi vedono ormai temperature medie superiori ai 25°C e la frequenza delle "notti tropicali" (notte con temperature minime sopra i 20°C) è aumentata soprattutto nelle aree urbane di Varese. Le temperature invernali mostrano minori giornate di gelo, con una diminuzione complessiva dei giorni sotto lo zero.

Le precipitazioni annuali nella provincia di Varese si aggirano mediamente intorno ai 1.000 mm, anche se l'anno 2022 ha registrato livelli significativamente sotto la media, con un deficit pluviometrico del 36% rispetto ai valori storici. La distribuzione è generalmente uniforme, con due picchi stagionali in primavera e autunno, periodi nei quali si manifestano anche fenomeni temporaleschi più intensi.

Le rilevazioni climatiche degli ultimi decenni mostrano una tendenza al riscaldamento, con un incremento progressivo delle temperature medie annue. Nella stagione estiva, le temperature massime superano frequentemente i 30°C, mentre le minime notturne sono in aumento, generando un fenomeno noto come "notte tropicale", ovvero una notte con temperatura minima superiore ai 20°C, che influisce sulla salute pubblica e sul comfort abitativo.

In inverno, i dati storici indicano un calo del numero di giorni di gelo, specialmente nelle aree urbane, e una conseguente diminuzione della durata della copertura nevosa nelle zone collinari e pedemontane, dove la neve una volta rappresentava una caratteristica tipica della stagione fredda. I cambiamenti nelle temperature invernali, tuttavia, non hanno comportato una riduzione significativa delle escursioni termiche giornaliere, che rimangono marcate nelle aree rurali e montane, pur riducendosi leggermente nelle aree urbane densamente costruite a causa dell'effetto "isola di calore".

Per quanto riguarda le precipitazioni, Varese è una delle province italiane con il più alto livello di piovosità annua, raggiungendo in media 1.000-1.500 mm di precipitazioni. La distribuzione delle piogge è tendenzialmente uniforme durante l'anno, ma con un'accentuazione nei periodi primaverili e autunnali. Tali stagioni vedono spesso fenomeni di temporali intensi, con precipitazioni brevi ma molto abbondanti,

che contribuiscono in parte all'accumulo annuale, ma che causano anche problemi di drenaggio urbano e potenziali inondazioni.

Negli ultimi anni, si è osservata una crescente variabilità pluviometrica: ad anni con precipitazioni abbondanti si alternano periodi di siccità prolungata. Ad esempio, il 2022 ha registrato una carenza di pioggia del 36% rispetto alla media storica. Questa situazione è particolarmente preoccupante perché riduce la capacità di ricarica delle falde acquifere, fondamentali per l'approvvigionamento idrico urbano e agricolo. L'aumento di periodi secchi e di precipitazioni intense ma concentrate aumenta il rischio di fenomeni estremi, come inondazioni e smottamenti, nelle zone di fondovalle e nelle aree urbane con sistemi di drenaggio non adeguati alle nuove condizioni climatiche.

I dati sopra esposti andranno considerati alla luce degli scenari di cambiamento climatico, che verranno presentati proprio sulla scorta delle elaborazioni svolte da ARPA Lombardia nell'ambito del Programma Regionale Energia Ambiente e Clima del 2022.

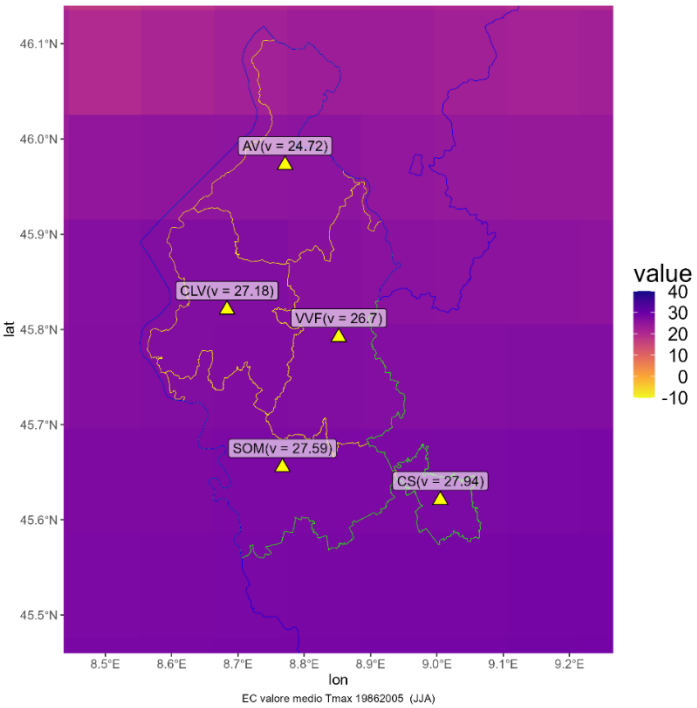


Figura 1. Media delle temperature massime estive in °C (giugno-agosto) del periodo di riferimento 1986-2005

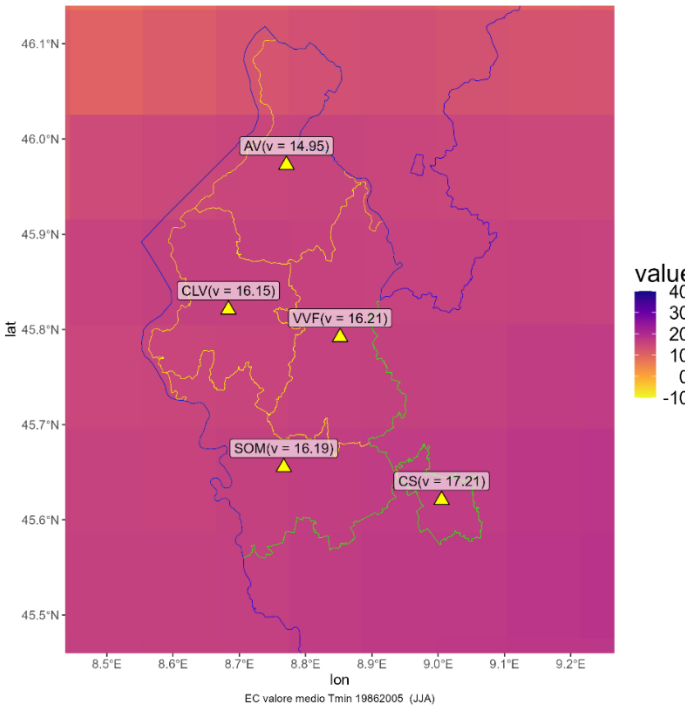


Figura 2. Media delle temperature minime estive in °C (giugno-agosto) del periodo di riferimento 1986-2005

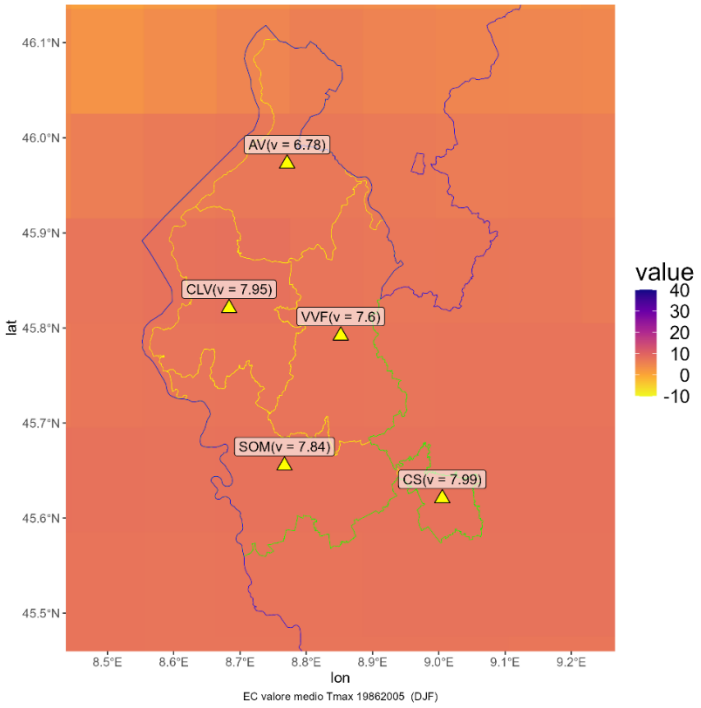


Figura 3. Media delle temperature massime invernali in °C (dicembre-febbraio) del periodo di riferimento 1986-2005

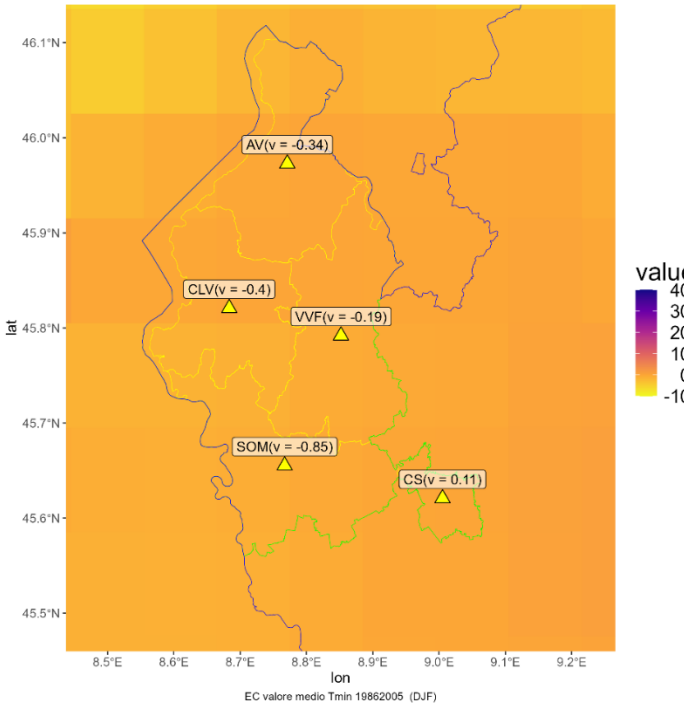


Figura 4. Media delle temperature minime invernali in °C (dicembre-febbraio) del periodo di riferimento 1986-2005

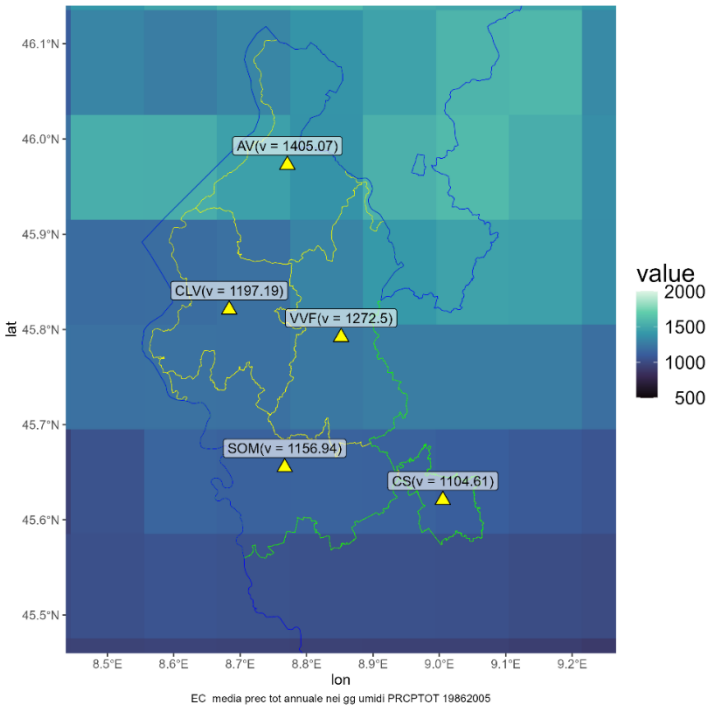


Figura 5. Distribuzione spaziale delle precipitazioni cumulate totali (annuali) del periodo di riferimento 1986-2005

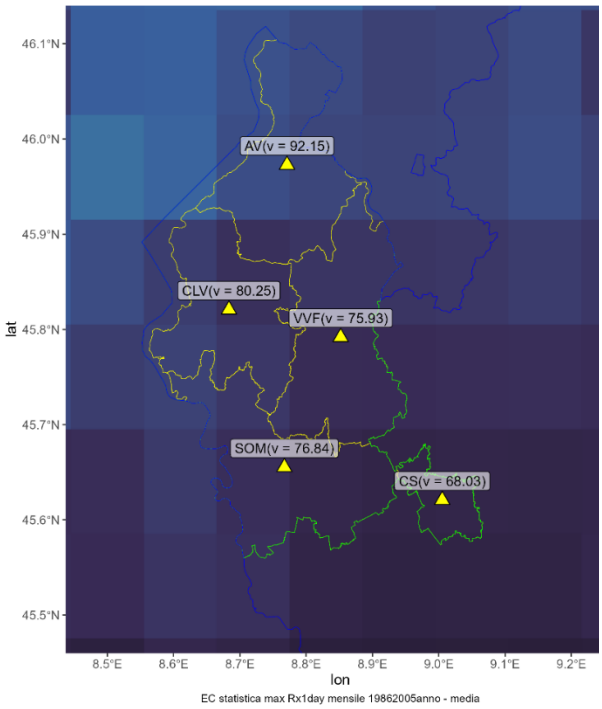


Figura 6. Precipitazione massima giornaliera: valore in mm più alto della precipitazione cumulata giornaliera media

1.1.1 Eventi climatici estremi

La frequenza degli eventi climatici estremi appare in aumento nella provincia di Varese, con conseguenze significative per l'ambiente naturale, l'economia locale e la qualità della vita dei residenti. Gli eventi più comuni includono precipitazioni intense e temporali violenti, ondate di calore e venti forti, spesso accompagnati da grandinate che causano danni a infrastrutture, colture agricole e proprietà private. La combinazione di forti precipitazioni e la morfologia del territorio, caratterizzato da valli strette e aree urbanizzate, amplifica il rischio di allagamenti e dissesti idrogeologici, come frane e smottamenti.

Gli eventi estremi di pioggia creano criticità soprattutto nelle aree di fondovalle, dove i torrenti e i corsi d'acqua minori possono straripare, inondando terreni agricoli, infrastrutture stradali e insediamenti urbani. A questo si aggiunge la vulnerabilità del suolo dovuta a una gestione idrogeologica storicamente complessa, che spesso richiede opere di difesa e di contenimento. Un esempio recente si è verificato nel 2021, quando diverse zone di Varese hanno subito allagamenti a causa di piogge torrenziali. In quell'occasione, molte aree rurali e urbane sono rimaste isolate, con interruzioni del traffico e danni alle infrastrutture.

Parallelamente, le ondate di calore stanno diventando un fenomeno più comune e prolungato durante i mesi estivi, aumentando il rischio di stress termico per la popolazione. Questo è particolarmente problematico per le fasce più vulnerabili, come anziani e persone con patologie preesistenti, e per le aree urbane densamente costruite dove l'effetto isola di calore è più intenso. L'aumento delle temperature estive riduce inoltre la qualità dell'aria, contribuendo alla formazione di ozono a livello del suolo e aumentando il rischio di patologie respiratorie.

La scarsità idrica rappresenta un ulteriore rischio connesso al cambiamento climatico nella provincia di Varese. Gli inverni sempre più miti e i periodi estivi prolungati comportano una riduzione della neve sulle Alpi e una minore ricarica delle falde acquifere, dalle quali dipendono numerosi comuni per l'approvvigionamento idrico. Le sorgenti idriche locali, in particolare nella Valle della Bevera e presso le sorgenti del fiume Olona, sono state identificate come punti vulnerabili, poiché rappresentano circa il 60% delle riserve idriche di Varese. La crescente pressione sulle risorse idriche pone sfide significative per la gestione dell'acqua potabile e richiede un approccio proattivo alla conservazione e alla riduzione dei consumi.

1.1.2 Influenza delle condizioni morfologiche e di copertura del suolo

La morfologia prealpina della Provincia di Varese, che comprende zone montane, valli fluviali e aree di pianura, determina microclimi specifici con temperature più fresche in altura e maggiori escursioni termiche tra giorno e notte. Queste zone montane, insieme ai bacini lacustri, esercitano un importante ruolo mitigatore, contribuendo a moderare le temperature nelle stagioni estreme e a mantenere elevata l'umidità dell'aria.

1.2 Caratterizzazione degli scenari climatici futuri

Informazioni climatiche utili a livello nazionale sono state ricavate dal Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici in Italia (PNACC, 2023) per fornire una descrizione generale del contesto climatico futuro su scala più ampia. Oltre a tali informazioni sulle condizioni climatiche passate e attuali, sono state consultate altre fonti per descrivere le proiezioni delle tendenze future di varie variabili climatiche.

L'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia (ARPA Lombardia) ha fornito 13 indicatori climatici per il periodo 1986-2005, insieme alle anomalie di questi indicatori per le serie temporali climatiche future (2021-2040; 2041-2060) sotto due scenari di emissioni.

ARPA Lombardia ha identificato tali scenari come i Percorsi di Concentrazione Rappresentativa (RCP) 4.5 e 8.5, che corrispondono ai Percorsi Socioeconomici Condivisi (SSP), rispettivamente SSP2 e SSP5. Questa nuova configurazione, adottata nel Sesto Rapporto dell'IPCC (AR6), integra i livelli di forzante radiativa degli RCP con vari fattori socioeconomici, inclusi popolazione, istruzione, crescita economica e urbanizzazione. Gli scenari risultanti sono denominati SSP2-4.5 e SSP5-8.5. Ne segue qui una breve descrizione, per facilitare la lettura del documento.

SSP2-4.5

SSP2 rappresenta uno scenario di sviluppo socioeconomico intermedio. Assume una moderata crescita della popolazione, uno sviluppo economico intermedio e sforzi moderati per ridurre le emissioni di gas serra.

L'RCP 4.5 stabilizza la forzante radiativa a 4.5 W/m² (circa 650 ppm di CO2-equivalente) entro l'anno 2100 senza superare tale valore, prevedendo sforzi sostanziali per mitigare il cambiamento climatico.

SSP5-8.5

SSP5 rappresenta uno scenario di forte disuguaglianza globale e alto utilizzo di combustibili fossili. Prevede una rapida crescita della popolazione, uno sviluppo economico forte e minimi sforzi per ridurre le emissioni di gas serra.

La forzante radiativa dell'RCP 8.5 raggiunge 8.5 W/m² entro il 2100 e continua a crescere per un certo periodo. È il più elevato tra i percorsi di concentrazione rappresentativa in termini di forzante radiativa, con concentrazioni di gas serra in continuo aumento per tutto il XXI secolo.

Un riscaldamento di 2°C nella Temperatura Globale dell'Aria in Superficie (GSAT) rispetto al periodo 1850-1900 è molto probabile che venga superato nel periodo medio-termine 2041-2060 sotto lo scenario SSP5-8.5, probabile che venga superato nel medio termine sotto SSP3-7.0, e più probabile che non venga superato nel periodo medio termine sotto SSP2-4.5. Durante l'intero XXI secolo, un riscaldamento di 2°C nella GSAT, rispetto al periodo 1850-1900, verrà superato sotto SSP5-8.5 e SSP3-7.0, sarà estremamente probabile superarlo sotto SSP2-4.5, improbabile superarlo sotto SSP1-2.6, e estremamente improbabile superarlo sotto SSP1-1.9.

	Breve periodo (2021-2040)		Medio periodo (2041-2060)		Lungo periodo (2081-2100)	
Scenario	**Migliore stima (°C)**	**Range "Very likely" (°C)**	**Migliore stima (°C)**	**Range "Very likely" (°C)**	**Migliore stima (°C)**	**Range "Very likely" (°C)**
SSP1-1.9	1.5	1.2 – 1.7	1.6	1.2 – 2.0	1.4	1.0 – 1.8
SSP2-2.6	1.5	1.2 – 1.8	1.7	1.3 – 2.2	1.8	1.3 – 2.4
SSP3-4.5	1.5	1.2 – 1.8	2.0	1.6 – 2.5	2.7	2.1 – 3.5
SSP4-7.0	1.5	1.2 – 1.8	2.1	1.7 – 2.6	3.6	2.8 – 4.6

SSP5-8.5	1.6	1.3 – 1.9	2.4	1.9 – 3.0	4.4	3.3 – 5.7

Tabella 3. Le variazioni della temperatura superficiale globale, valutate sulla base di diverse linee di evidenza, sono state analizzate per periodi di 20 anni selezionati e per i cinque scenari di emissioni illustrativi considerati. Le differenze di temperatura, riportate in °C, sono relative alla temperatura media globale superficiale del periodo 1850-1900.

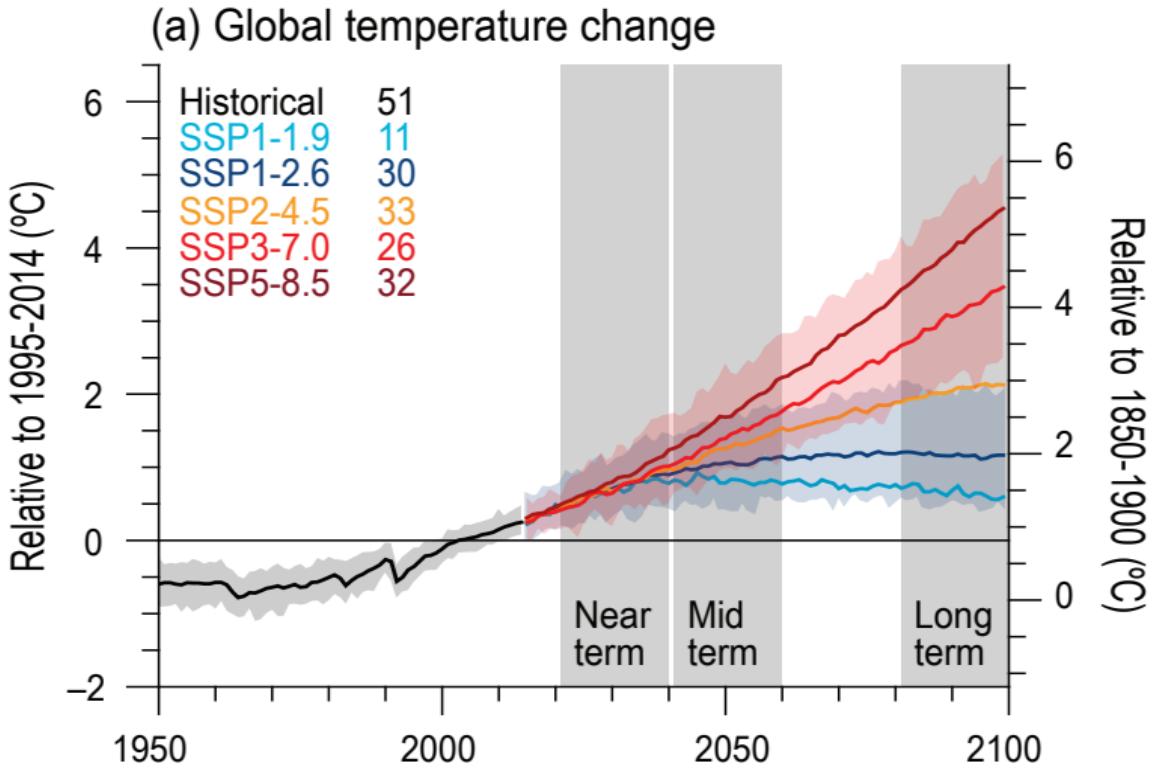


Figura 9. Variazioni nella temperatura media dell'aria a livello globale in rapporto a due periodi di riferimento (1995-2014, a sinistra; 1850-1900 – pre-industriale, a destra) (Fonte IPCC).

L'analisi è stata quindi condotta producendo i valori di media spaziale per gli ATO della Provincia di Varese degli indicatori già utilizzati per la caratterizzazione del clima storico. La lettura di questi valori fornisce dunque l'anomalia, ovvero la differenza, rispetto al periodo di riferimento 1986-2005 per un orizzonte temporale di breve (2021-2040) e di medio (2041-2060) periodo.

ANOMALIA	U. mis.	Sempione e Ovest milanese	Saronnese	Conca dei laghi di Varese	Alto Varesotto	Varese e Valli fluviali	Orizzonte
		ATOSOM	ATOCS	ATOCLV	ATOAV	ATOVVF	
TMAX - Estate	°C	+ 1,04	+ 1,04	+ 1,01	+ 0,99	+ 1,01	**2021-2040**
	°C	+ 2,14	+ 2,13	+ 2,1	+ 2,06	+ 2,1	**2041-2060**
TMAX - Inverno	°C	+ 1,13	+ 1,06	+ 1,12	+ 1,22	+ 1,12	**2021-2040**
	°C	+ 1,87	+ 1,82	+ 1,87	+ 1,96	+ 1,85	**2041-2060**
Tmin - Estate	°C	+ 1,11	+ 1,14	+ 1,08	+ 1,06	+ 1,08	**2021-2040**
	°C	+ 2,12	+ 2,15	+ 2,08	+ 2,04	+ 2,08	**2041-2060**

Tmin - Inverno	°C	+ 0,75	+ 0,61	+ 0,86	+ 1,08	+ 0,85	**2021-2040**
	°C	+ 1,64	+ 1,47	+ 1,71	+ 1,84	+ 1,65	**2041-2060**
Summer Days	gg	+ 12,38	+ 11,88	+ 13,12	+ 13,2	+ 13,16	**2021-2040**
	gg	+ 22,54	+ 20,92	+ 23,94	+ 27,27	+ 25,05	**2041-2060**
Tropical Nights	gg	+ 11,33	+ 15,16	+ 11,38	+ 5,65	+ 11,2	**2021-2040**
	gg	+ 23,53	+ 28,51	+ 23,51	+ 14,72	+ 23,81	**2041-2060**
Frost Days	gg	- 14,32	- 11,86	- 15,87	- 20,3	- 15,89	**2021-2040**
	gg	- 25,14	- 20,99	- 25,67	- 30,15	- 25,44	**2041-2060**
WSDI	gg	+ 17,07	+ 15,5	+ 16,5	+ 17,9	+ 17,32	**2021-2040**
	gg	+ 40,03	+ 39,47	+ 39,29	+ 42,33	+ 40,21	**2041-2060**

Tabella 4. Anomalie dei principali indicatori relativi alle temperature per le aree degli Ambiti Territoriali Omogenei della Provincia di Varese rispetto al periodo di riferimento 1986-2005 (elaborazione su dati ARPA Lombardia, PREAC 2022).

I grafici riportati sotto evidenziano le differenze attese dai modelli per quanto concerne i giorni estivi (SU), le notti tropicali (TR) e i giorni di gelo (FD). Si noti che mentre per SU e TR si hanno valori positivi (numero di giorni aggiuntivi), per i FD si osserva una diminuzione complessiva del numero di giorni.

Inoltre, per quanto concerne le notti tropicali, si osserva una variazione di grandissimo rilievo (fino a 3 volte) sia sul breve, sia sul medio periodo.

Inoltre, per quanto concerne le notti tropicali, si osserva una variazione di grandissimo rilievo (fino a 3 volte) sia sul breve, sia sul medio periodo.

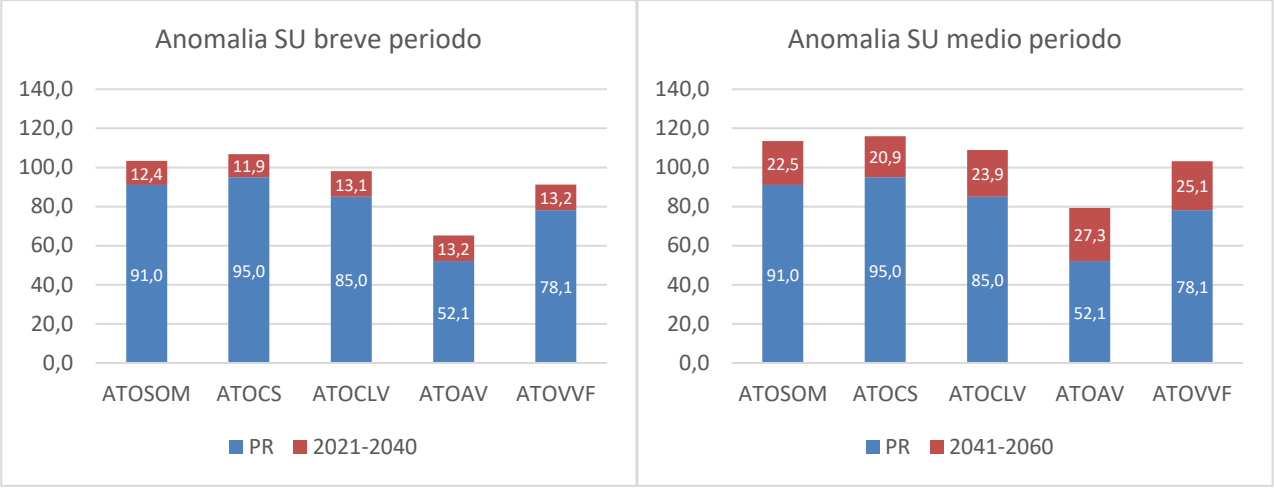


Figura 7. Grafico delle anomalie (numero di giorni) nei Summer Days per il breve (sinistra) e medio (destra) periodo

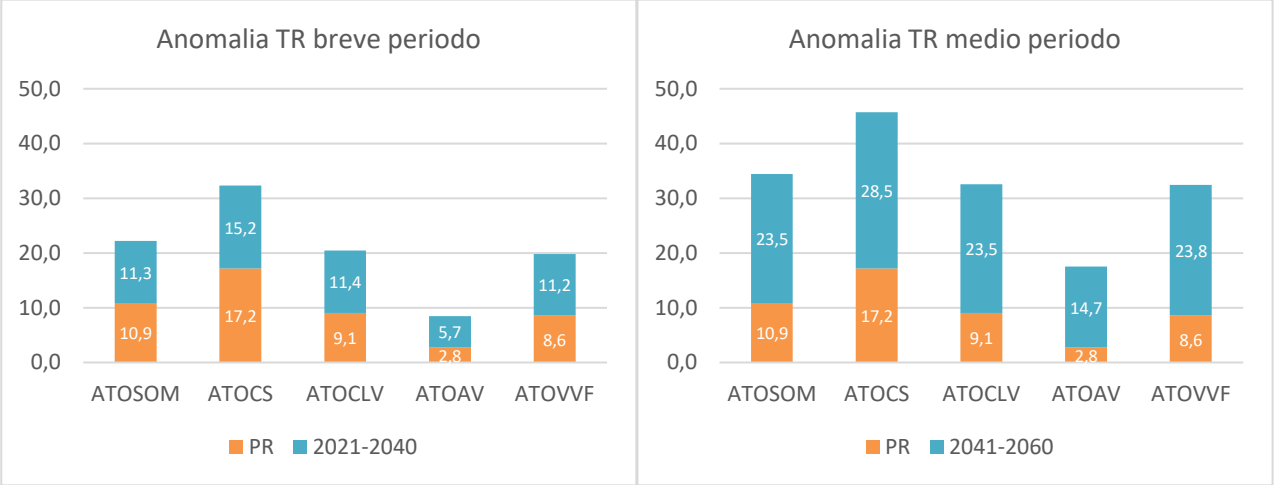


Figura 8. Grafico delle anomalie (numero di giorni) nelle Tropical Nights per il breve (sinistra) e medio (destra) periodo

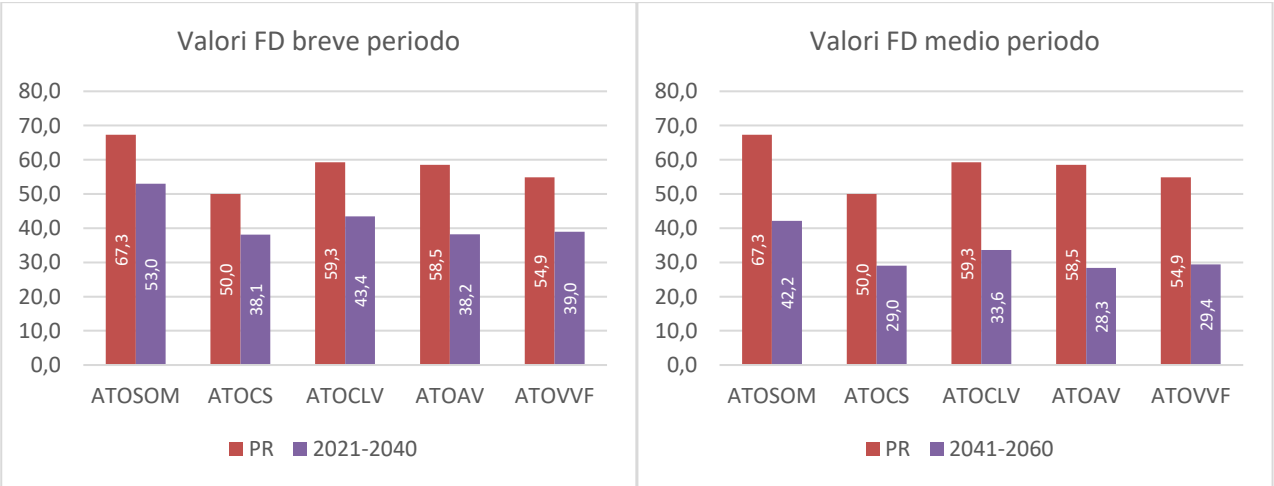


Figura 9. Grafico dei valori (numero di giorni) di Frost Days per il periodo di riferimento, il breve (sinistra) e medio (destra) periodo

La Tabella 5 riporta invece le anomalie attese per ciò che riguarda gli indicatori basati sul parametro fondamentale della precipitazione.

ANOMALIA	U. mis.	Sempione e Ovest milanese	Saronnese	Conca dei laghi di Varese	Alto Varesotto	Varese e Valli fluviali	Orizzonte
		ATOSOM	ATOCS	ATOCLV	ATOAV	ATOVVF	
PTOT	mm	+ 0,76	+ 0,93	+ 1,01	+ 1,72	+ 1,94	2021-2040
	mm	+ 5,18	+ 6,62	+ 4,33	+ 3,88	+ 5,95	2041-2060
Rx1day - 90p	mm	+ 19,16	+ 22,47	+ 17,47	+ 20,12	+ 31,06	2021-2040
	mm	+ 33,77	+ 21,87	+ 32,6	+ 26,24	+ 36,48	2041-2060
Rx1day - media	mm	+ 9,07	+ 12,03	+ 10,17	+ 15,64	+ 14,9	2021-2040
	mm	+ 16,14	+ 14,56	+ 16,97	+ 18,2	+ 21,99	2041-2060
CDD	gg	+ 3	+ 3,34	+ 2,73	+ 2,62	+ 3,21	2021-2040
	gg	+ 1,42	+ 1,39	+ 0,56	+ -0,09	+ 0,59	2041-2060

Tabella 5. Anomalie dei principali indicatori relativi alle precipitazioni per le aree degli Ambiti Territoriali Omogenei della Provincia di Varese rispetto al periodo di riferimento 1986-2005 (elaborazione su dati ARPA Lombardia, PREAC 2022).

È opportuno notare che i valori rappresentati per le precipitazioni sono annuali e non consentono al momento un'analisi sull'andamento stagionale. Come discusso in seguito, bisogna tenere in considerazione del fatto che le proiezioni sulla precipitazione sono caratterizzate da maggiore variabilità e incertezza rispetto a quelle sulla temperatura, più robuste.

In generale, i dati qui modellizzati non restituiscono variazioni particolarmente forti nelle quantità di pioggia totale e solo relativamente rilevanti per quanto concerne le precipitazioni intense.

1.2.1 Considerazioni sull'incertezza e la robustezza degli scenari climatici

Gli scenari climatici relativi alla temperatura e alla precipitazione nella provincia di Varese presentano livelli diversi di robustezza e incertezza.

La temperatura, in generale, è uno dei parametri climatici per i quali i modelli offrono proiezioni più solide e stabili, con previsioni di aumento in tutte le stagioni, specie entro la metà del secolo. L'aumento è particolarmente marcato nel lungo termine (intorno al 2060), in particolare sotto lo scenario ad alta emissione RCP8.5.

Al contrario, le proiezioni sulla precipitazione sono caratterizzate da maggiore variabilità e incertezza. Mentre i modelli offrono tendenze piuttosto solide per la temperatura, la stima delle variazioni nelle precipitazioni, sia in termini di intensità che di frequenza, è più complessa e dipende da una variabilità naturale già elevata. In questo contesto, è emersa la tendenza a una distribuzione più intensa e meno frequente delle precipitazioni future, anche se l'entità di tale cambiamento rimane incerta e, in media, moderata.

Per le precipitazioni estreme, le anomalie sono meno significative rispetto a quelle delle temperature, sebbene sia prevista un incremento degli eventi di precipitazione intensa nei mesi invernali, specie sotto lo scenario RCP8.5. Tuttavia, occorre tenere presente che le proiezioni native utilizzano griglie di calcolo a risoluzione di circa 50 km, un dettaglio che potrebbe non riflettere con precisione le variazioni locali di

intensità e frequenza delle precipitazioni estreme, richiedendo quindi un'analisi su scala territoriale più fine.

Attualmente, la mancanza di modelli climatici convection-permitting limita la precisione delle proiezioni su eventi meteorologici intensi, come i temporali, che influenzano fortemente la frequenza e l'intensità delle precipitazioni estreme. I modelli climatici tradizionali operano con risoluzioni di circa 10-50 km, un livello che spesso non permette di rappresentare adeguatamente i fenomeni convettivi locali, come i forti temporali, le tempeste o le grandinate. L'introduzione futura di modelli convection-permitting, con risoluzioni fino a 1-4 km, potrebbe migliorare notevolmente la qualità delle previsioni, consentendo di simulare direttamente i processi convettivi. Questi modelli più dettagliati offrirebbero vantaggi significativi, come una rappresentazione più realistica delle precipitazioni intense e dei loro impatti, maggiore affidabilità nelle proiezioni delle variazioni di temperatura e una migliore gestione del rischio idrogeologico, soprattutto nelle aree urbane e montane soggette a fenomeni di piena improvvisa.

1.3 Elementi di caratterizzazione di rischio climatico per gli ATO della Provincia di Varese

La caratterizzazione in termini di rischi climatici per il territorio della Provincia di Varese e i suoi ATO è basata sull'analisi di diverse fonti di informazioni, tra le quali i dati del progetto "Mappa dei rischi dei Comuni italiani" di ISTAT, i dati del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e del Piano di Gestione del Rischio da Alluvione (P.G.R.A.) per il territorio della Provincia di Varese.

Spaziando da ambiti montani ad aree di pianura densamente urbanizzate e popolate, il territorio della provincia di Varese è soggetto a molti rischi climatici di diversa natura.



Figura 13. Rappresentazione fisiografica del territorio della Provincia di Varese

La classificazione di massima che si propone include i seguenti rischi e determina i fattori che sono stati analizzati nella caratterizzazione di prima istanza degli stessi sul territorio provinciale:

- Rischio idrogeologico (dissesto, franosità, colate di detrito e di fango) caratterizzante gli ambiti montani e collinari, ulteriormente aggravato da impluvi che si sviluppano in aree boscate non correttamente mantenute
- Rischio idraulico nelle aree di fondovalle e di pianura, aggravato da fenomeni di trasporto solido legati al rischio idrogeologico e alla presenza di materiale vegetale
- Rischi legati alla salute umana, dovuti a condizioni di stress termico (temperatura dell'aria e umidità relativa) e alla diffusione di vettori patogeni in aree di nuova idoneità climatica
- Rischi dovuti a eventi meteorologici estremi di precipitazione e ventosità, allagamenti urbani, schianti e crolli di alberature vulnerabili
- Rischi legati alla disponibilità di risorsa idrica e alla qualità biologica e chimico-fisica delle acque, sia superficiali, sia sotterranee, rischio idropotabile
- Rischi legati alla vulnerabilità delle strutture e delle infrastrutture esposte a pericolosità sia idraulica-idrogeologica, sia da stress termico: rischi legati all'interruzione delle infrastrutture di trasporto e, a cascata, sulla supply chain e la business continuity
- Condizioni di vulnerabilità nella popolazione che determina un aggravamento degli stessi rischi, sia per quanto concerne la salute, sia per la sicurezza

1.3.1 Prima valutazione dei livelli di rischio associati agli Ambiti Territoriali Omogenei

I fattori presi in considerazione per la caratterizzazione dei rischi discendono dunque dalle caratteristiche del territorio provinciale, sia fisiche, sia socio-economiche e dalle tipologie di rischi considerati.

Qui di seguito si elencano i principali fattori valutati:

- densità di popolazione (per Comune, fonte ISTAT)
- quota di superficie urbanizzata rispetto al totale (per Comune, fonte ISTAT)
- Indice di Vecchiaia della popolazione (per Comune, fonte ISTAT)
- Indice di Vulnerabilità Sociale e Materiale (per Comune, fonte ISTAT)
- Piovosità storica (Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990, fonte Regione Lombardia)
- Conformazione fisica del territorio, altitudini e pendenze (fonte Regione Lombardia)
- Uso e copertura del suolo (fonte Regione Lombardia)
- Aree a pericolosità idraulica e idrogeologica (fonte Regione Lombardia)

Da tali fattori, si può proporre una prima valutazione dei livelli di rischio climatico associati ai vari ATO della Provincia di Varese, come proposto in Tabella 6.

	Sempione e Ovest milanese	Saronnese	Conca dei laghi di Varese	Alto Varesotto	Varese e Valli fluviali
	ATOSOM	**ATOCS**	**ATOCLV**	**ATOAV**	**ATOVVF**
Densità di popolazione	**	***	*	*	**
Superficie urbanizzata	***	***	*	*	**
Ind. Vecchiaia	*	*	**	***	**
Ind. VSM	**	**	**	***	**
Piovosità	*	*	**	***	**
LULC	***	***	**	*	**
Per. Dissesto	*	*	*	***	**
Per. Idraulica	*	*	***	**	**

Tabella 6. Valutazione speditiva di livelli di rischio associati a diversi fattori demografici e territoriali per gli ATO

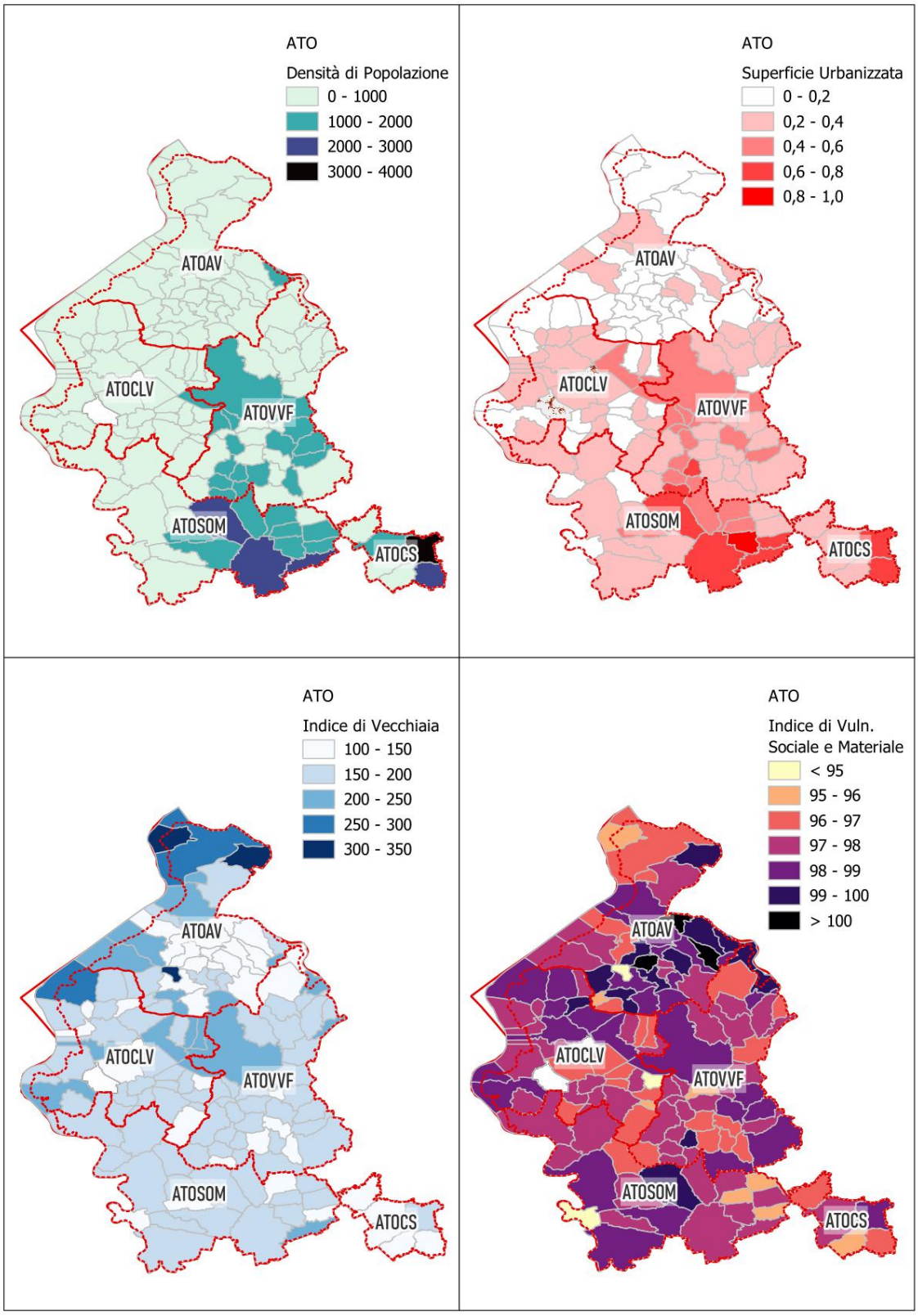


Figura 14. Rappresentazione spaziale dei fattori di densità di popolazione, superficie urbanizzata, indice di vecchiaia e indice di vulnerabilità sociale e materiale per gli ATO della Provincia di Varese

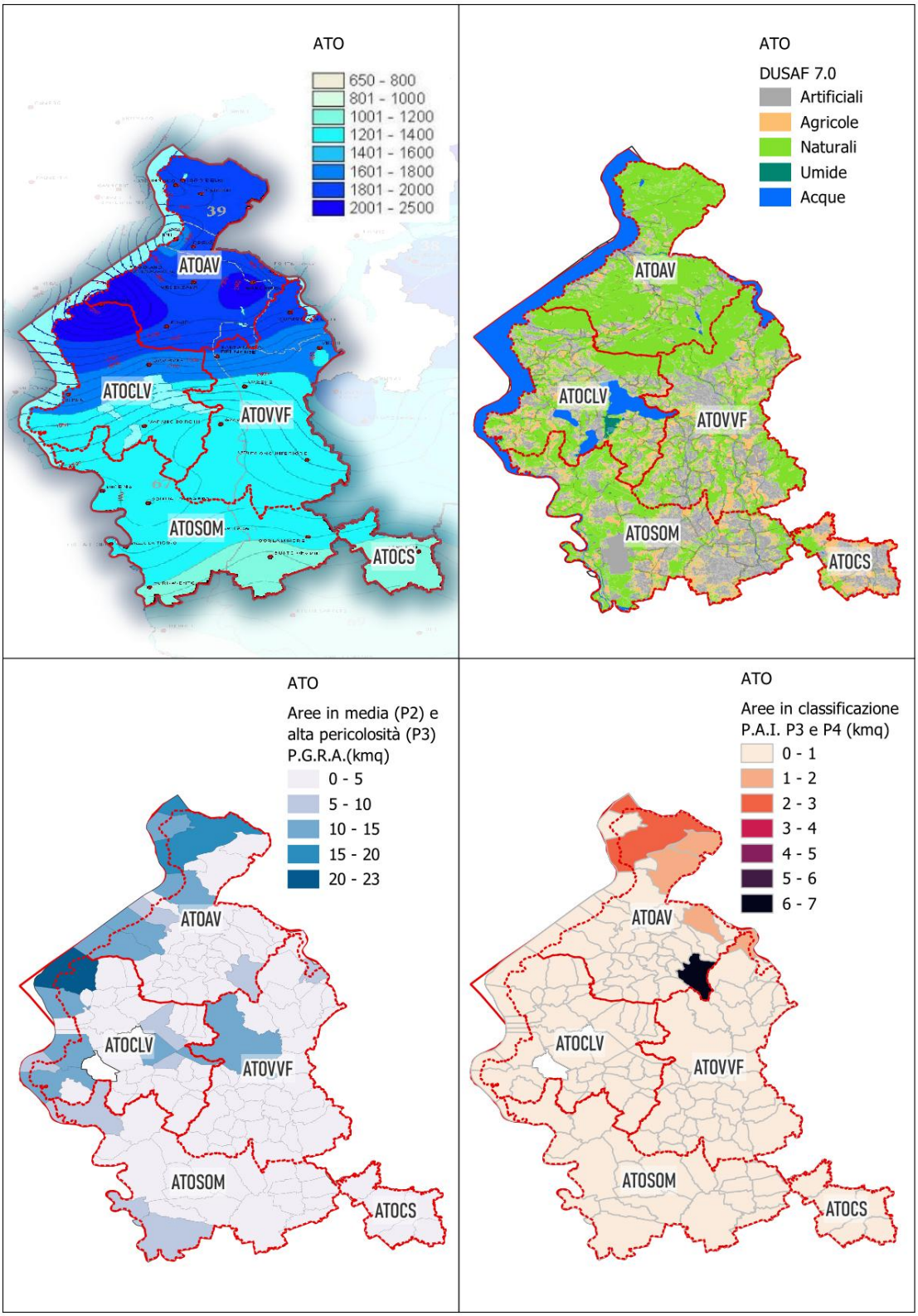


Figura 15. Rappresentazione spaziale dei fattori di piovosità storica, uso e copertura del suolo (LULC), aree in pericolosità idraulica (PGRA) e pericolosità da dissesto idrogeologico (PAI) per gli ATO della Provincia di Varese

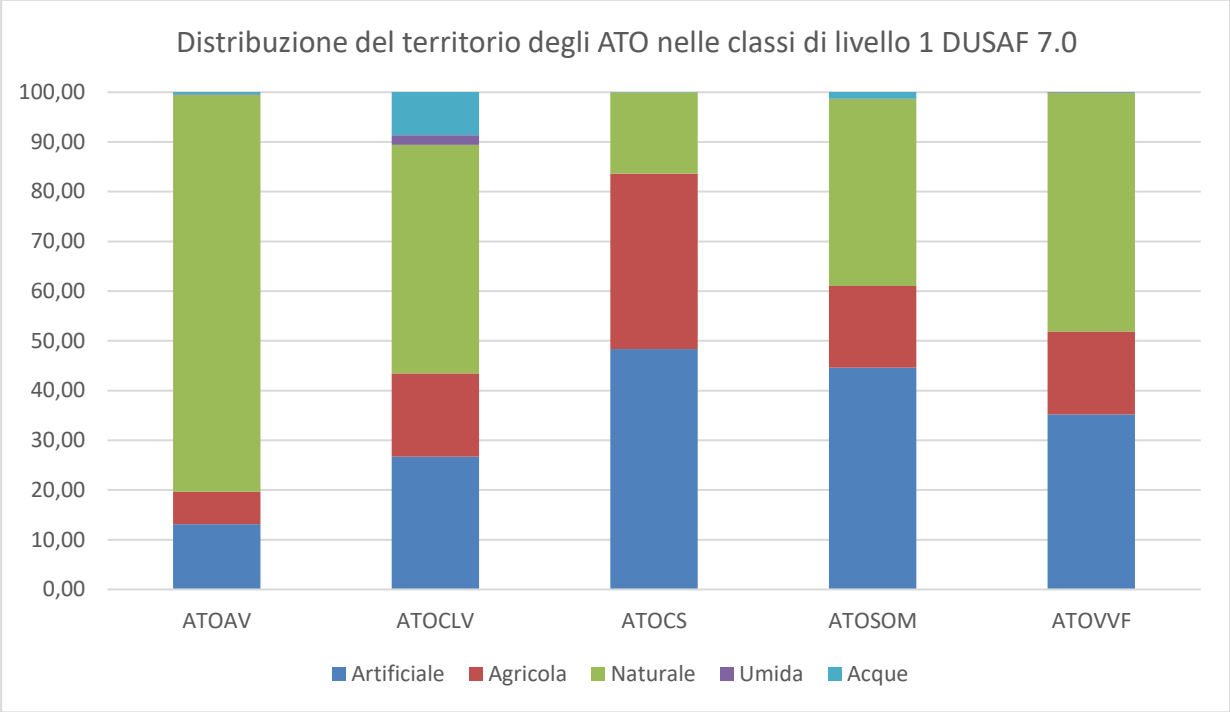


Figura 16. Distribuzione delle superfici degli ATO della Provincia di Varese secondo le classi di uso e copertura del suolo di livello 1 del DUSAF 7.0

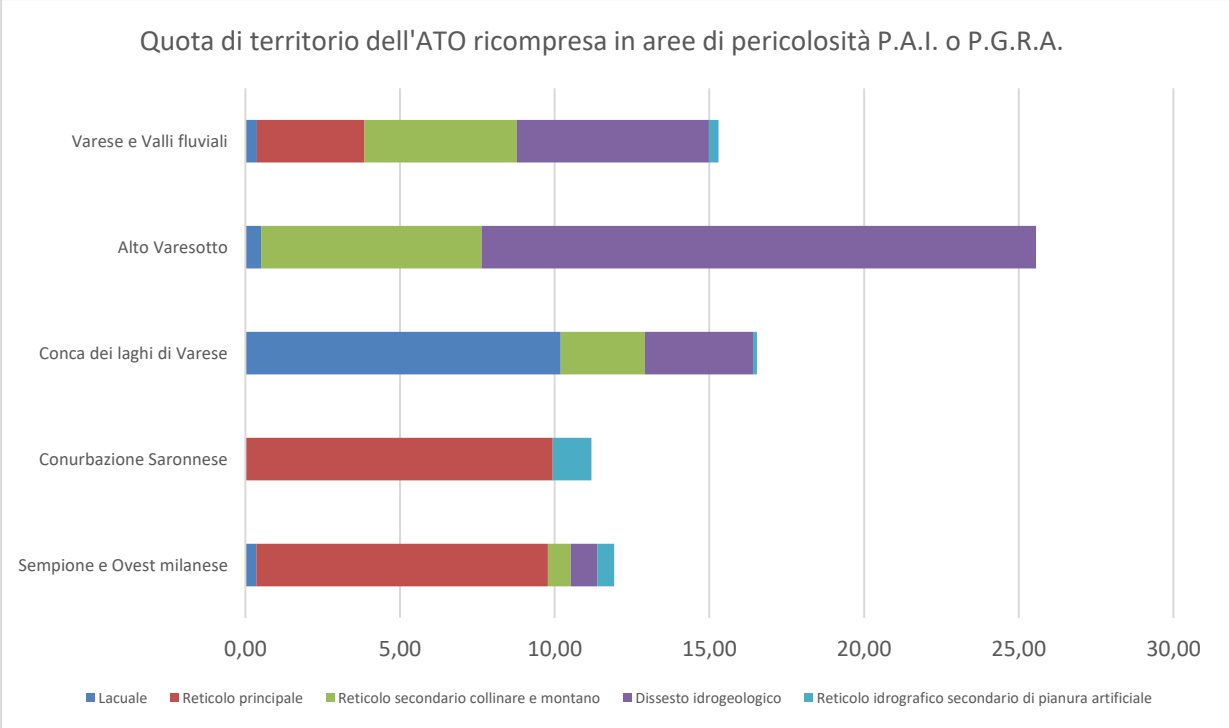


Figura 17. Grafico delle aree a pericolosità P.A.I. e P.G.R.A. negli ATO della Provincia di Varese

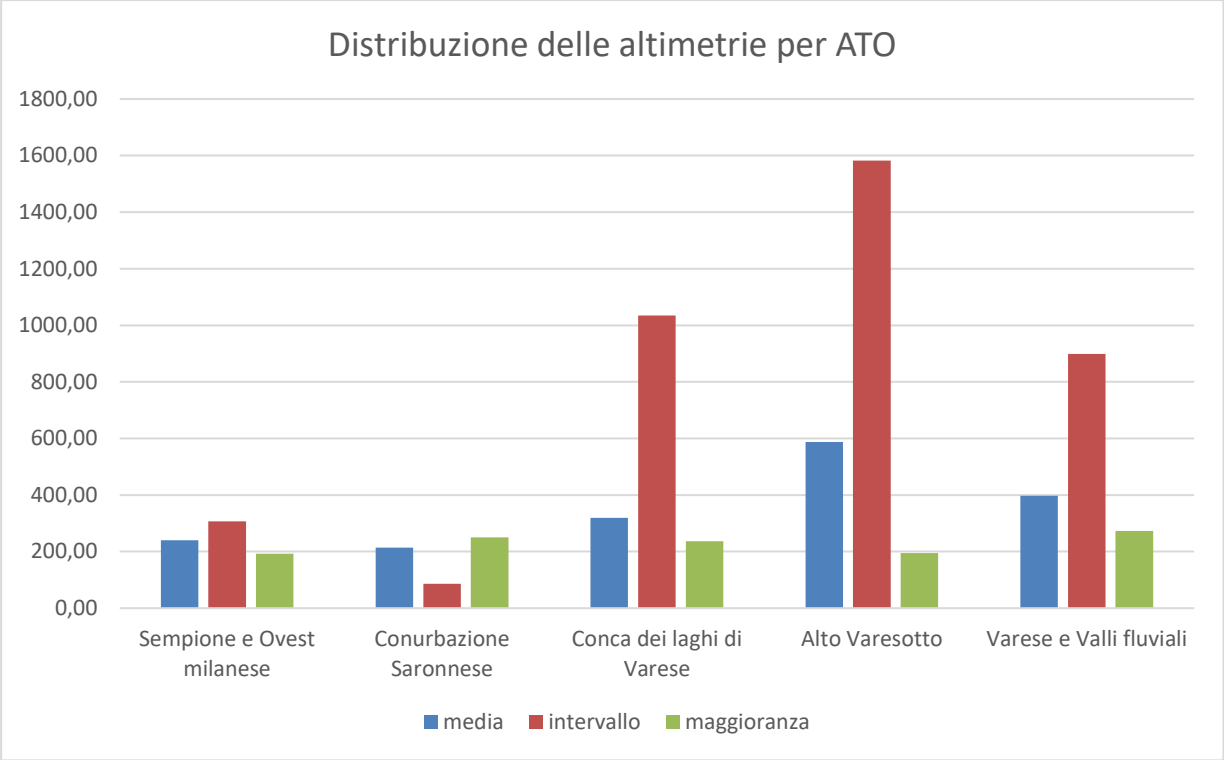


Figura 18. Grafico della distribuzione delle altimetrie negli ATO della Provincia di Varese

1.3.2 Caratterizzazione sintetica degli ATO rispetto ai rischi

La valutazione dei fattori sopra considerati, insieme alla lettura delle condizioni fisiche, ecologiche e socio-economiche dei vari ATO, porta a poter descrivere in sintesi gli Ambiti secondo una loro caratterizzazione di rischio climatico.

ATO Alto Varesotto

L'Alto Varesotto, caratterizzato da un paesaggio prevalentemente montano e boschivo, è particolarmente vulnerabile a rischi idrogeologici come frane, smottamenti e erosione del suolo, aggravati da precipitazioni intense e prolungate. Le aree montane e le valli fluviali, come la Valcuvia e la Valceresio, sono esposte a fenomeni di instabilità del terreno, soprattutto nelle zone con alta pendenza e suoli più fragili. La combinazione tra il declino demografico e l'abbandono di alcune pratiche agricole sta inoltre aumentando la densità dei boschi, riducendo l'eterogeneità del paesaggio e, di conseguenza, la sua resilienza agli incendi boschivi, un rischio emergente nella regione in seguito ai cambiamenti climatici.

ATO Conca dei Laghi di Varese

La Conca dei Laghi di Varese è un'area unica dal punto di vista naturalistico e paesaggistico, comprendente numerosi bacini lacustri come i laghi di Varese, Comabbio e Monate. Tuttavia, questi specchi d'acqua sono vulnerabili a fenomeni di eutrofizzazione e proliferazione di alghe, associati all'aumento delle temperature e alla riduzione delle precipitazioni nei periodi secchi. La scarsità idrica, combinata con il turismo intensivo, esercita una pressione sulle risorse idriche e sulla qualità delle acque. Le precipitazioni intense pongono inoltre il rischio di allagamenti nelle aree a bassa quota, influenzando negativamente i comuni costieri e i terreni circostanti.

ATO Varese e Valli Fluviali

Quest'area, che comprende il sistema fluviale dell'Olona e dell'Arno, affronta rischi idraulici significativi. Le valli fluviali sono soggette a inondazioni, soprattutto in periodi di piogge intense, che sovraccaricano i corsi d'acqua e mettono a rischio gli insediamenti nei fondovalle. La stretta relazione con l'ambito urbano di Varese accentua inoltre la pressione antropica su queste aree, aggravando i fenomeni di impermeabilizzazione del suolo e riducendo la capacità dei terreni di trattenere l'acqua. Questa combinazione di fattori aumenta la frequenza e l'intensità degli eventi di piena, creando condizioni di vulnerabilità per le infrastrutture e le abitazioni situate lungo le sponde fluviali. Inoltre, l'espansione urbana esercita una pressione sui corridoi ecologici, frammentando l'habitat naturale e limitando la resilienza dell'ambiente ai cambiamenti climatici.

ATO Sempione e Ovest Milanese

Questo ambito, fortemente urbanizzato e industrializzato, è caratterizzato da rischi legati all'effetto isola di calore urbana, specialmente nei centri di Gallarate, Busto Arsizio e Castellanza. Le elevate densità abitative e industriali, unite a una limitata presenza di spazi verdi, amplificano le temperature estive, causando stress termico per la popolazione e maggiore consumo energetico per il raffrescamento. Inoltre, la vicinanza dell'Aeroporto di Malpensa e la presenza del Parco del Ticino generano una tensione tra sviluppo economico e tutela ambientale. L'aumento della frequenza e dell'intensità delle precipitazioni può inoltre portare a fenomeni di allagamento urbano, poiché l'infrastruttura di drenaggio potrebbe non essere adeguata a gestire il deflusso delle acque piovane in eventi estremi, accentuando i rischi idraulici nelle aree densamente costruite.

ATO Saronnese

Infine, l'ATO Saronnese, comprendente comuni come Saronno, Uboldo e Caronno Pertusella, è fortemente interconnesso con il sistema metropolitano milanese e risente di pressioni tipiche delle aree urbane ad alta densità. Il rischio di isola di calore urbana è particolarmente rilevante in quest'area, dove l'intensa urbanizzazione e il traffico veicolare contribuiscono all'incremento delle temperature, creando disagi per i residenti e aumentando il fabbisogno energetico. Inoltre, la scarsa disponibilità di spazi verdi limita la capacità di mitigazione naturale dell'area. Il rischio idraulico, pur moderato rispetto ad altre aree della provincia, è comunque presente a causa delle frequenti precipitazioni intense e dell'elevato livello di impermeabilizzazione del suolo.

1.3.3 Indirizzi generali per la mitigazione del rischio

In termini assolutamente generali, la pianificazione territoriale può incidere sulla mitigazione dei rischi sopra esposti nei termini qui di seguito rappresentati. Gli stessi indirizzi verranno analizzati in maggior dettaglio, declinando criteri pianificatori in relazione ai rischi climatici per tutti gli ambiti territoriali della Provincia di Varese.

Gestione del rischio idrogeologico

- Aggiornamento costante della mappatura delle aree a rischio di inondazioni e alluvioni (P.A.I. e P.G.R.A, Vincolo idrogeologico), con restrizioni sull'edificazione nelle aree più esposte.
- Sistemi di drenaggio sostenibili: utilizzare infrastrutture verdi come giardini pluviali, pavimentazioni permeabili e bacini di ritenzione per gestire l'acqua piovana (Linee guida SUDS)
- Ripristino degli ecosistemi fluviali: i fiumi e le aree umide devono essere protetti per ridurre i rischi di esondazione e promuovere la biodiversità (PTUA, Progetti Strategici di Sottobacino, Contratti di Fiume)

Adattamento alle ondate di calore

- Spazi verdi urbani: aumentare la quantità di parchi e aree verdi per ridurre l'effetto "isola di calore" nelle città.
- Materiali e design edifici: promuovere l'uso di materiali con bassa capacità di assorbire il calore e progettare edifici con ventilazione naturale e tetti verdi.
- Ombreggiatura: promuovere la creazione di percorsi pedonali ombreggiati e l'uso di alberature per ridurre l'esposizione diretta al sole.

Efficienza energetica e riduzione delle emissioni

- Edilizia a basso impatto energetico: promuovere la certificazione energetica degli edifici e incentivare tecnologie a basse emissioni.
- Pannelli solari e sistemi di energia rinnovabile: favorire l'installazione di sistemi energetici sostenibili sia su edifici residenziali che commerciali.
- Mobilità sostenibile: pianificare città a misura di trasporto pubblico, incentivare la mobilità ciclabile e le aree pedonali.

Gestione delle risorse idriche

- Riutilizzo delle acque grigie: favorire il riutilizzo delle acque reflue trattate in aree urbane per l'irrigazione e altri usi non potabili.
- Raccolta delle acque piovane: incoraggiare l'uso di sistemi di raccolta delle acque piovane nei nuovi edifici per ridurre la domanda di acqua potabile.
- Infrastrutture idriche resilienti: potenziare la rete idrica urbana per resistere alle variazioni climatiche, riducendo le perdite e migliorando l'efficienza.