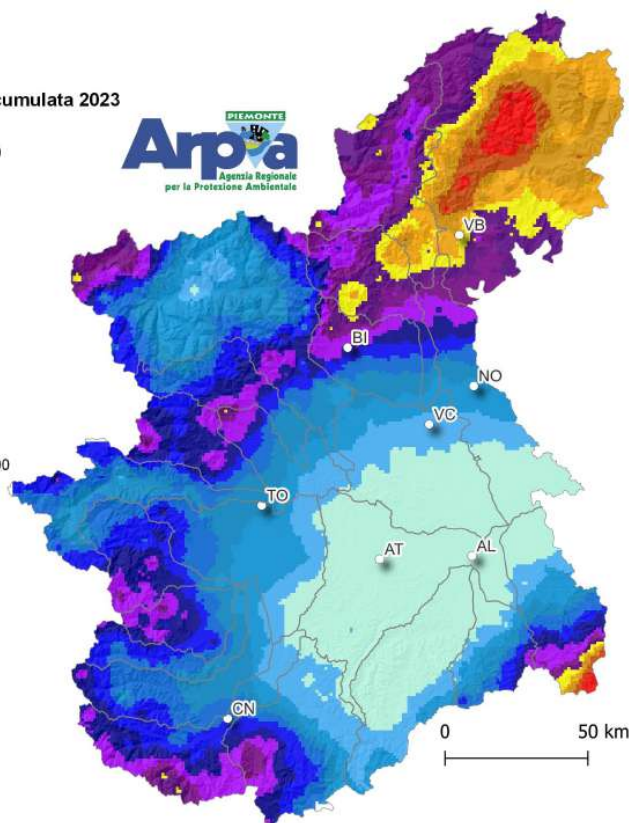


Pioggia cumulata 2023
(mm)



Rapporto sulla situazione idrica in Piemonte

2023

Il 2023 è stato un anno leggermente al di sotto della norma come piovosità in Piemonte, con un deficit complessivo di circa il 9%. Le precipitazioni cadute nel corso dell'anno, sulla parte del bacino del fiume Po, chiuso a valle della confluenza con il Ticino, è stata pari a circa 970 mm.

Nel 2023 si sono registrati scostamenti negativi di portata rispetto ai valori storici di riferimento, dovuti principalmente alla presenza di diversi periodi asciutti durante l'anno. Alla sezione di chiusura del bacino del Po piemontese, sezione di Isola S. Antonio (PV), la portata media annua è risultata il 40% più bassa del valore medio storico.

Per quanto riguarda le acque sotterranee nel 2023 la situazione di criticità manifestatasi nel 2022 non si è del tutto risolta, ma si è attenuata nel periodo tardo primaverile/estivo con l'innalzamento del livello della falda superficiale in risposta alle precipitazioni.

Arpa Piemonte
Dipartimento Rischi Naturali e
Ambientali

Torino, maggio 2024

L'idrologia in Piemonte

a cura del Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali, S.S. Idrologia e Qualità delle Acque con la collaborazione della S.S. Meteorologia, Clima e Qualità dell'Aria Struttura, e S.S. Monitoraggio e Studi Geologici



ARPA PIEMONTE

Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

Via Pio VII, 9 - 10135 Torino

Tel. 011 19681350 – fax 011 19681341

Sito web: www.arpa.piemonte.it

E-mail: dip.rischi.naturali.ambientali@arpa.piemonte.it

P.E.C.: rischi.naturali@pec.arpa.piemonte.it

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	PRECIPITAZIONI.....	5
	2.1 Piogge osservate.....	5
	2.2 Indice meteorologico di siccità.....	13
	2.3 Confronto climatologico.....	17
	2.4 Neve.....	17
3	RISORSE IDRICHE SUPERFICIALI	23
	3.1 Deflussi superficiali osservati	23
	3.1.1 Bilanci idrologici.....	28
	3.1.2 Asta di Po.....	31
	3.2 Volumi idrici disponibili	34
4	SOGGIACENZA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE	38
	4.1 Soggiacenza media mensile e annuale aggregata per GWB.....	38
	4.2 Livelli di criticità rispetto ai valori tipici della serie storica.....	40
	4.3 Variazioni stagionali della soggiacenza nel 2023 rispetto alla serie storica, spazializzate per i GWB principali	42
	4.4 Variazione del livello della superficie piezometrica nel 2023 rispetto all'anno medio storico.....	42
	4.5 Trend della soggiacenza nel periodo 2020-2023.....	43
5	CONSIDERAZIONI FINALI	45
6	APPROFONDIMENTI.....	46

1 INTRODUZIONE

Il presente rapporto contiene il quadro complessivo della situazione idrica relativa all'anno 2023 della porzione piemontese del bacino idrografico del fiume Po. Come di consueto l'analisi viene condotta a partire dai dati di monitoraggio della Rete Regionale Automatica di Arpa Piemonte.

Nella prima parte vengono descritte ed analizzate le precipitazioni: le valutazioni si basano sul confronto fra le osservazioni del periodo in esame ed i valori medi del periodo storico di riferimento disponibile. Sono, inoltre, calcolati gli indici di siccità a livello di bacino idrografico, al fine di consentire una valutazione dei differenti impatti del deficit di precipitazione sulle risorse idriche.

Nella seconda parte viene descritta ed analizzata la situazione dei bacini in termini di deflussi superficiali e di bilancio idrologico, con un approfondimento di maggior dettaglio per quanto riguarda l'asta del fiume Po. Viene, inoltre, riportata un'analisi dei volumi idrici disponibili nel 2023 nel bacino del Po, chiuso alla confluenza con il Ticino a Ponte Becca (PV), stoccati negli invasi artificiali, negli invasi naturali e come risorsa nevosa.

Nell'ultima parte viene condotta un'analisi della soggiacenza mensile e annuale degli acquiferi superficiali a partire dai dati misurati dai piezometri della rete di monitoraggio nell'anno 2023, considerando come condizione di riferimento la serie storica 2005-2021.

2 PRECIPITAZIONI

2.1 Piogge osservate

Il 2023 ha registrato una precipitazione media di 970 mm, con una lieve anomalia negativa dell'9% rispetto alla norma di riferimento 1991-2020. I fenomeni precipitativi sono stati molto scarsi fino a metà aprile, per poi riassetarsi sulla media a metà giugno grazie soprattutto alle abbondanti precipitazioni di maggio. L'estate ha avuto precipitazioni convettive sporadiche con diversi eventi molto intensi e localizzati. L'autunno 2023 e poi l'inizio dell'inverno 2023-2024 si sono rivelati abbastanza asciutti, e nell'ultimo periodo dell'anno soltanto le creste settentrionali e nordoccidentali di confine con Francia e Svizzera e il settore più orientale dell'Appennino alessandrino hanno registrato precipitazioni di rilievo.

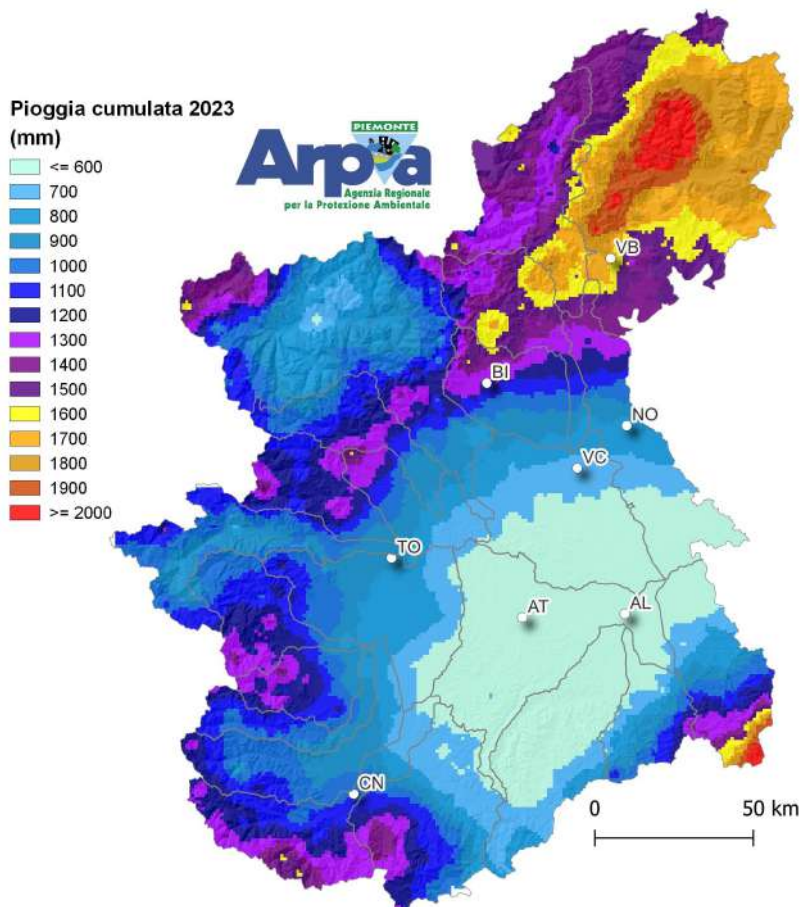


Figura 1. Pioggia cumulata nell'anno 2023

Le precipitazioni medie mensili osservate in Piemonte sono state confrontate con quelle relative al periodo 1991-2020, preso come riferimento '*climatologico*': per consentire valutazioni d'insieme alla scala dei principali bacini idrografici, non è stato fatto un confronto puntuale dei dati delle singole stazioni della rete di monitoraggio di Arpa Piemonte ma si è preferito effettuare un'analisi a scala di bacino.

Nella Figura 2 sono riportati i bacini idrografici per i quali sono stati calcolati:

- la pioggia media mensile,
- lo scostamento, espresso in percentuale, rispetto al valore medio storico calcolato sul campione delle piogge mensili disponibili.



Figura 2. Bacini idrografici

L'anno è iniziato con un mese di gennaio secco, in cui si sono registrati circa 25 mm di pioggia media in regione; per l'intero bacino del fiume Po, chiuso alla confluenza con il Ticino, è stato registrato un deficit pluviometrico del 53%. A febbraio le precipitazioni sono risultate molto al di sotto della norma climatica 1991-2020, con un deficit medio sostanzialmente uniforme sulla regione e quantificabile in circa -80%, ad eccezione delle zone alpine occidentali dove, a seguito delle nevicate di fine mese, il deficit è stato attorno al -40%. Il mese di marzo ha registrato un deficit medio del 40% anche se la distribuzione delle precipitazioni non è risultata uniforme, infatti, le zone alpine occidentali, al confine con la Francia, hanno beneficiato delle nevicate riducendo in parte il deficit. Risulta significativo come nei primi tre mesi del 2023 solamente in 2 giornate (8 gennaio e 14 marzo), sono state registrate sulla regione precipitazioni medie superiori a 5 mm.

Ad aprile si sono registrati valori al di sotto della norma climatica 1991-2020, con un deficit medio sul bacino del Po fino a Ponte Becca, quantificabile in circa -47%: la perturbazione che ha coinvolto la regione a fine mese ha contribuito a ridurre in parte il deficit pluviometrico del mese, rimasto più consistente nelle zone in provincia di Alessandria e Asti (circa -75%).

Il mese di maggio 2023, dopo circa un anno e mezzo di precipitazioni quasi costantemente al di sotto della media nelle zone alla testata del bacino del fiume Po, ha fatto registrare una cumulata media di pioggia e neve significativa, quantificabile in 215 mm, ovvero il 73% in più rispetto alla norma climatica del mese nel trentennio di riferimento 1991-2020. È risultato il quarto mese di maggio più piovoso degli ultimi 67 anni dopo quelli del 1984, 1977 e 2002. Per trovare precipitazioni cumulate mensili superiori a maggio 2023 occorre tornare indietro fino al novembre 2019. Le precipitazioni non sono state tuttavia ben distribuite sul territorio con i quantitativi più significativi osservati sulle aree pedemontane, collinari e di pianura di tutto il Piemonte occidentale, dal Cuneese al Biellese mentre sono risultate più scarsi nei bacini dell'Alessandrino.

Anche giugno ha fatto registrare piogge cumulate leggermente al di sopra della media climatica 1991-2020, per un totale di 101 mm che rappresentano circa il 5% in più della norma. Solo sui bacini più a nord della regione si sono osservati dei deficit rispetto ai quantitativi medi del periodo.

Luglio è stato caratterizzato da piogge cumulate al di sotto della media climatica 1991-2020, circa il 25% in meno di quanto normalmente atteso. Le uniche precipitazioni degne di nota si sono verificate nella zona attorno al Lago Maggiore, mentre nel resto della regione si sono registrati deficit marcati e diffusi, compresi tra il 70% e l'80% nei bacini meridionali.

Anche agosto 2023 fino all'ultima settimana si configurava ancora come un mese sotto la norma ma le precipitazioni diffuse ed abbondanti tra il 27 e il 28 agosto hanno fatto cambiare lo scenario generale. Infatti, gli 85 mm medi registrati sul bacino del Po chiuso a Ponte Becca registrati nelle due giornate non solo rappresentano circa il 70% delle piogge medie del mese (138 mm) ma fanno sì che si tratti anche delle due giornate più piovose dell'anno. Il mese di agosto, grazie a queste precipitazioni si è chiuso con uno scarto positivo del 67% rispetto alla media del mese ed è risultato 8° agosto più piovoso dal 1958.

Le precipitazioni osservate nel mese di settembre sono state di circa 92 mm medi che rappresentano, sul bacino del Po chiuso alla confluenza col Ticino, uno scarto negativo dell'11% rispetto alla media del mese. Anche la distribuzione spaziale delle piogge del mese di settembre non è omogenea sulla regione; infatti, le zone meridionali hanno registrato un deficit maggiore.

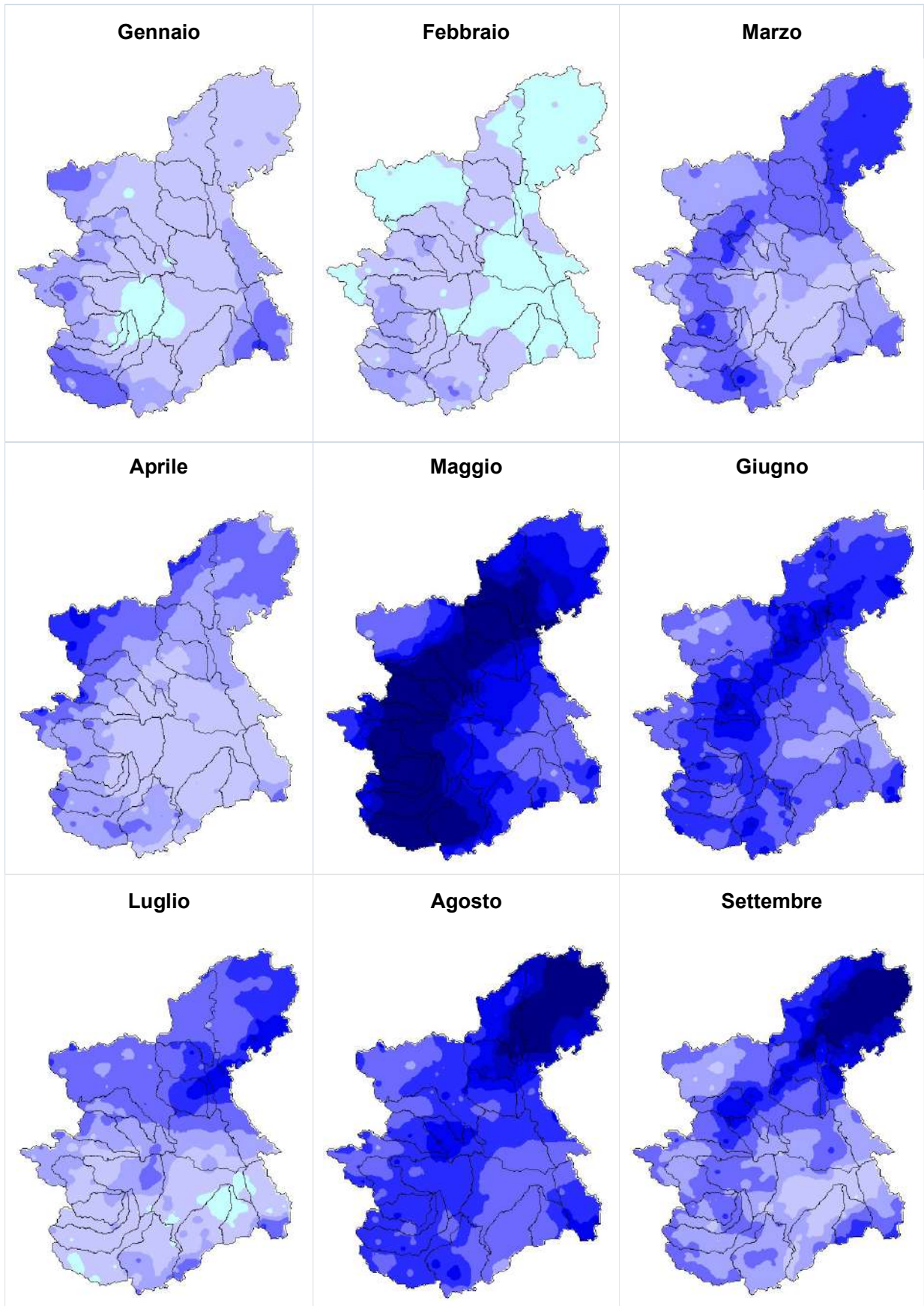
Il mese di ottobre è stato caratterizzato da piogge cumulate sopra la media climatica 1991-2020, circa il 17% in più di quanto normalmente atteso. Le precipitazioni più significative sono state registrate sul bacino dello Scrivia-Curone, del Toce e sui bacini occidentali.

Gli ultimi due mesi dell'anno sono risultati caratterizzati da precipitazioni cumulate al di sotto della media climatica 1991-2020 con un deficit rispettivamente del 57% e del 25%. Le zone meridionali della regione sono quelle che hanno registrato un maggior deficit pluviometrico.

In Tabella 1 vengono riportati i dati e le statistiche della pioggia media mensile espressa in mm dei principali bacini idrografici regionali (Figura 2). Dall'analisi dei dati riportati nella tabella si evince come i primi quattro mesi dell'anno siano stati molto secchi e che i mesi di maggio e agosto siano stati quelli caratterizzati dalle precipitazioni più significative comportando un surplus pluviometrico per tutti i bacini della regione. Nella Figura 3 vengono mostrate le mappe di precipitazione mensile mentre in Figura 4 è riportato il deficit pluviometrico del 2023 rispetto al periodo storico 1991-2020 dei principali bacini idrografici regionali. Il 2023 è stato caratterizzato da precipitazioni leggermente al di sotto della norma di riferimento 1991-2020 e tale deficit non risulta distribuito in modo uniforme sulla regione come rappresentato in Figura 4. In particolare, le zone meridionali (bacino di Orba, Tanaro e Bormida) risultano caratterizzate da un deficit di precipitazione compreso tra il 14 e 40%, i bacini nord-occidentali della regione (Stura di Lanzo, Orco, Cervo, Sesia e Toce) e le pianure (residuo Po-confluenza Dora Riparia, residuo Po-confluenza Dora Baltea, residuo Po-confluenza Tanaro e Agogna-Terdoppio) sono caratterizzati da un deficit compreso tra il 8 e 21% mentre i bacini occidentali (Stura di Demonte, Alto Po, Pellice, Varaita, Maira, Dora Riparia) sono stati caratterizzati da leggero surplus pluviometrico.

Tabella 1. Precipitazione media mensile [mm] relativa ai principali bacini idrografici regionali, scostamento pluviometrico [%]. Lo scostamento è dato da (pioggia mensile - pioggia mensile storica)/pioggia mensile storica. Il periodo storico è: 1991 – 2020.

Bacino	Area [Km ²]	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOTALE
ALTO PO	717	23	26	31	84	413	123	19	123	58	84	29	25	1037
		-37%	-35%	-53%	-32%	215%	22%	-69%	96%	-40%	-21%	-75%	-46%	5%
PELLICE	975	36	23	43	57	378	111	26	102	53	91	49	50	1019
		-18%	-45%	-35%	-52%	196%	7%	-56%	76%	-47%	-14%	-59%	8%	2%
VARAITA	601	25	21	32	66	307	105	15	111	48	97	35	31	895
		-24%	-42%	-44%	-35%	182%	20%	-73%	110%	-39%	9%	-66%	-26%	5%
MAIRA	1214	35	20	37	54	290	106	12	113	45	107	39	36	894
		-16%	-52%	-41%	-46%	178%	26%	-78%	123%	-41%	13%	-64%	-27%	3%
RESIDUO PO CONFLUENZA DORA RIPARIA	1778	7	10	22	36	261	127	32	122	57	60	21	13	767
		-81%	-73%	-59%	-61%	149%	55%	-45%	94%	-27%	-24%	-78%	-67%	-6%
DORA RIPARIA	1337	31	7	61	43	218	98	33	102	57	116	74	71	913
		-26%	-79%	25%	-49%	109%	12%	-40%	78%	-24%	33%	-19%	61%	12%
STURA DI LANZO	886	26	18	51	75	372	151	42	124	92	79	39	29	1098
		-44%	-57%	-28%	-45%	123%	16%	-47%	39%	-24%	-37%	-72%	-44%	-9%
ORCO	913	21	12	49	60	307	110	55	111	115	88	49	27	1002
		-61%	-71%	-25%	-53%	99%	-9%	-35%	16%	0%	-23%	-63%	-46%	-13%
RESIDUO PO CONFLUENZA DORA BALTEA	781	11	14	22	48	286	138	41	158	82	63	25	11	900
		-71%	-69%	-64%	-55%	119%	44%	-43%	94%	-8%	-29%	-79%	-77%	-8%
DORA BALTEA	3939	26	4	85	43	164	80	64	101	64	98	112	64	905
		-46%	-89%	62%	-52%	45%	-14%	-9%	29%	-24%	11%	14%	22%	0%
CERVO	1019	11	8	27	65	283	149	113	141	102	105	44	21	1069
		-79%	-83%	-67%	-53%	65%	21%	36%	32%	-16%	-18%	-72%	-68%	-16%
SEZIA	1132	11	9	38	70	330	157	104	182	140	168	57	35	1301
		-84%	-85%	-59%	-57%	75%	5%	-2%	52%	-5%	8%	-68%	-53%	-14%
RESIDUO PO CONFLUENZA TANARO	2021	17	3	21	35	148	65	42	101	56	48	35	21	591
		-56%	-92%	-60%	-54%	68%	12%	-14%	65%	-19%	-37%	-64%	-53%	-21%
STURA DEMONTE	1472	53	26	40	66	313	112	10	107	53	181	57	54	1071
		-5%	-49%	-46%	-46%	165%	19%	-84%	94%	-42%	43%	-60%	-22%	1%
TANARO	1812	23	20	34	51	288	115	23	107	43	119	18	18	857
		-56%	-58%	-49%	-54%	170%	47%	-57%	85%	-52%	0%	-88%	-73%	-14%
BORMIDA	1733	15	11	17	21	135	73	22	65	28	104	16	20	526
		-69%	-77%	-74%	-77%	58%	52%	-43%	44%	-68%	-8%	-89%	-68%	-40%
ORBA	776	49	3	15	42	105	76	9	97	64	173	67	75	774
		-33%	-96%	-81%	-57%	7%	37%	-79%	85%	-36%	6%	-67%	-17%	-31%
ASTA TANARO	2403	11	4	17	19	127	62	14	90	24	50	18	18	456
		-71%	-90%	-65%	-73%	64%	25%	-66%	83%	-63%	-34%	-80%	-55%	-34%
SCRIVIA - CURONE	1364	58	1	23	46	99	75	25	127	47	232	122	81	936
		-17%	-98%	-62%	-39%	34%	32%	-38%	124%	-49%	70%	-27%	2%	-3%
AGOGNA - TERDOPPIO	1598	25	5	26	57	146	68	88	124	81	87	63	33	803
		-48%	-91%	-60%	-35%	46%	-8%	47%	71%	-6%	-7%	-48%	-42%	-12%
TOCE	1784	14	6	70	82	242	127	75	199	164	245	78	64	1365
		-79%	-89%	-23%	-48%	28%	-19%	-34%	50%	4%	41%	-56%	-15%	-12%
Po a Ponte Becca (PV)	37874	24	9	41	57	215	101	53	138	92	137	58	45	970
		-53%	-81%	-40%	-47%	73%	5%	-25%	67%	-11%	17%	-57%	-25%	-9%



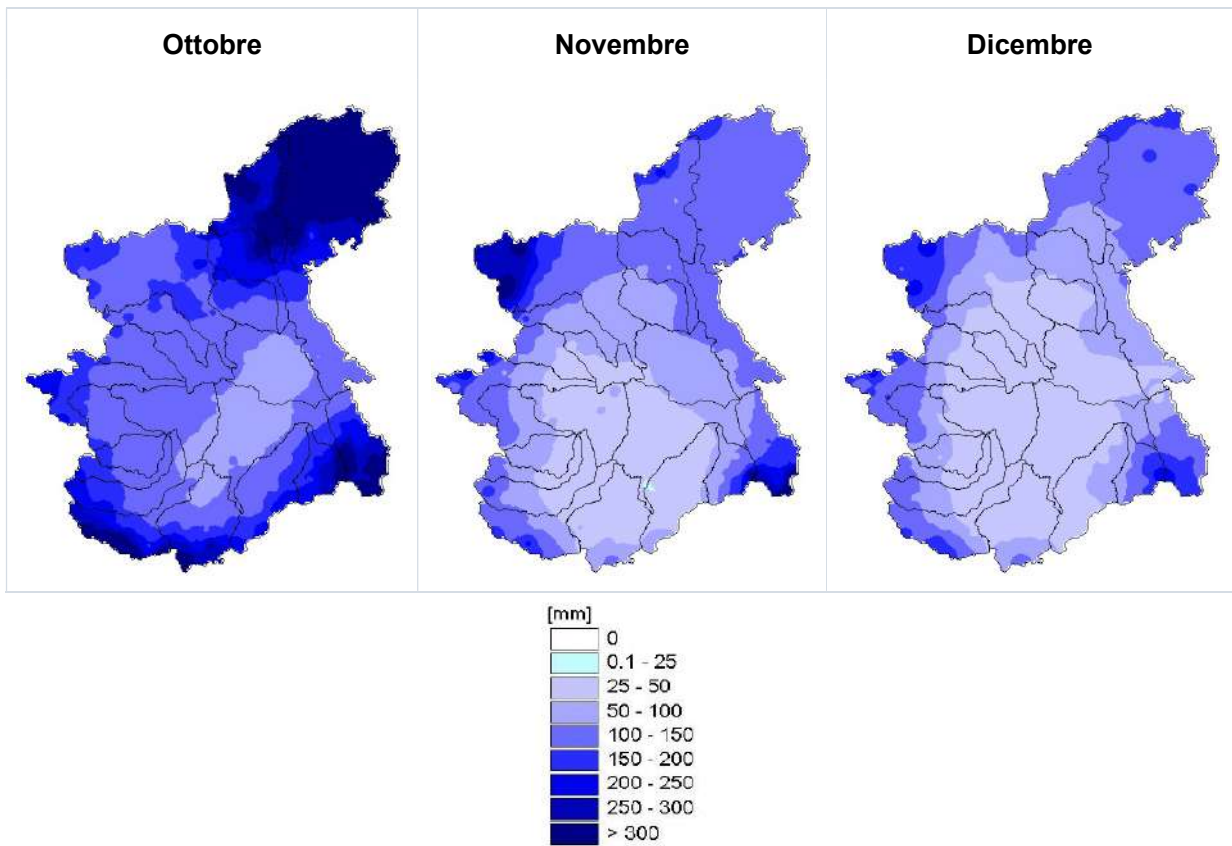


Figura 3. Precipitazioni mensili registrate nel 2023

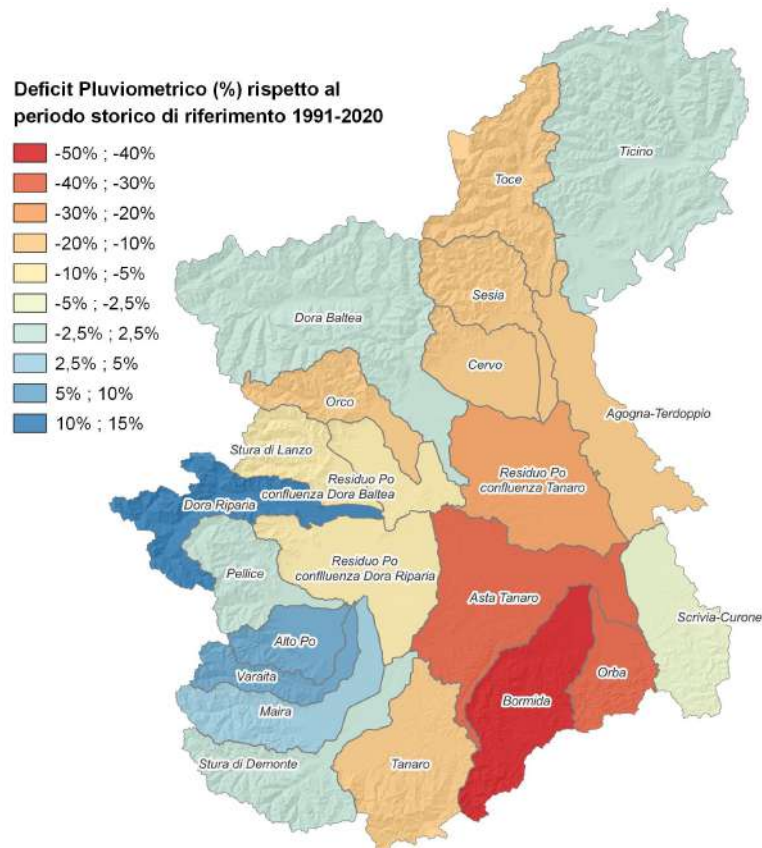


Figura 4. Deficit pluviometrico (%) nel 2023 rispetto al periodo storico di riferimento 1991-2020

A completamento del quadro sulla situazione idrica, nella seguente tabella si riportano i valori totali di precipitazione annua [mm] in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei principali bacini del Piemonte ed i relativi scostamenti pluviometrici [%] rispetto al periodo di riferimento 1991-2020.

Tabella 2. Analisi riassuntiva delle precipitazioni ragguagliate ai bacini dei principali corsi d'acqua e del relativo deficit pluviometrico

Bacino	Sezione	Stazione idrometrica di riferimento	Area [Km ²]	Precipitazione gennaio-dicembre 2023 [mm]	Scostamento rispetto al valore medio storico [%]
MAIRA	Chiusura	Racconigi	1214	894	3%
PELLICE	Chiusura	Villafranca	975	1019	2%
DORA RIPARIA	Chiusura	Torino	1337	913	12%
STURA DI LANZO	Chiusura	Torino	886	1098	-9%
DORA BALTEA	Chiusura	Verolengo	3939	905	0%
CERVO	Chiusura	Quinto Vercellese	1019	1069	-16%
SEZIA	Confluenza Cervo	Palestro	2151	1301	-14%
TOCE	Chiusura	Candoglia	1784	1365	-12%
STURA DI DEMONTE	Chiusura	Fossano	1472	1071	1%
ORBA	Chiusura	Casalcermeli	776	774	-31%
BORMIDA	Monte Confluenza Orba	Cassine	1733	526	-40%
	Confluenza Tanaro	Alessandria	2509	603	-37%
TANARO	Confluenza Stura	Alba	3284	953	-7%
	Chiusura	Montecastello	8196	700	-23%
PO	Confluenza Maira	Carignano	3507	958	4%
	Monte confluenza Dora Riparia	Torino	5285	894	1%
	Confluenza Tanaro	Isola S. Antonio	25509	916	-5%
	Confluenza Ticino	Ponte Becca	37874	970	-9%
SCRIVIA	Chiusura	Serravalle	1364	936	-3%

Nella figura seguente si riporta la precipitazione media ragguagliata sul bacino del fiume Po chiuso a Ponte Becca (Pavia), nel periodo gennaio - dicembre dal 1913 al 2023.

Pioggia media nel periodo gennaio - dicembre nel bacino del Po chiuso a Ponte Becca (serie storica 1913-2023)

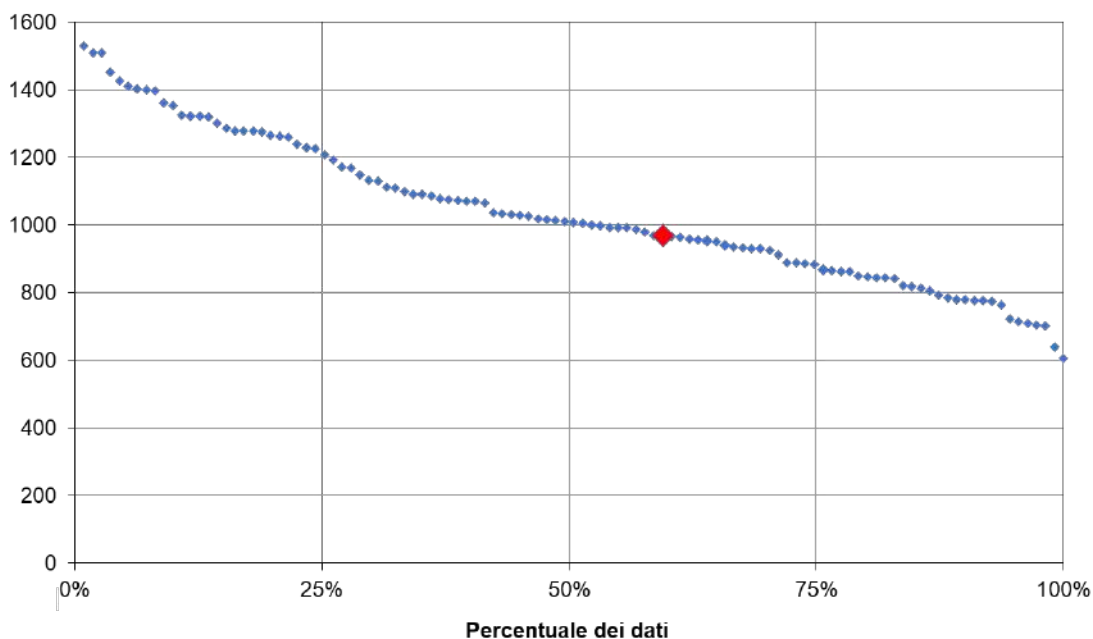


Figura 5. Precipitazione media annuale registrata da gennaio a dicembre con evidenziato in rosso il 2023

Nella figura seguente si riportano le precipitazioni giornaliere misurate sulla regione confrontate con il 90esimo e il 95esimo percentile e con il massimo giornaliero per il periodo 1958-2023. Si nota come per tutto il 2023 la pioggia cumulata media in regione si è quasi sempre trovata al di sotto della norma climatica, fino a raggiungere un deficit del 8% a fine anno. Non ha aiutato, in questo senso, la lunga serie di precipitazioni molto scarse che si è verificata i primi 4 mesi dell'anno, ben evidente in figura.

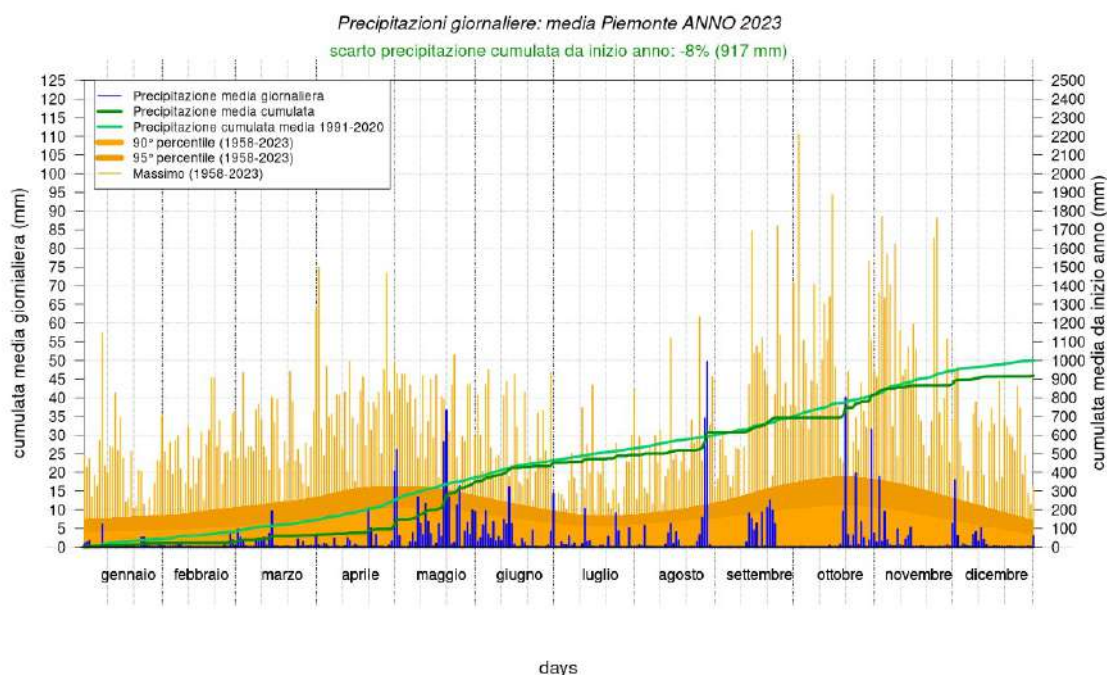


Figura 6. Precipitazione giornaliera registrata da gennaio a dicembre 2023 e confronto con i dati storici dell'ultimo trentennio (clima:1991-2020).

2.2 Indice meteorologico di siccità

Al fine di consentire una valutazione dei differenti impatti del deficit di precipitazione sulle riserve idriche è stato calcolato, per diverse scale temporali, il valore dell'indice di siccità meteorologica SPI (Indice di Precipitazione Standardizzata) a partire dalle piogge ragguagliate a livello dei principali bacini idrografici. L'indice SPI esprime in maniera compatta l'anomalia di precipitazione dalla media, normalizzata rispetto alla deviazione standard.

Valori positivi dell'indice si riferiscono ad una situazione di piovosità con entità maggiore della media climatologica di riferimento della serie pluviometrica (1991-2020), mentre valori negativi si riferiscono ai casi più siccitosi. In questo modo è possibile definire una severità oggettiva del fenomeno e confrontare bacini con caratteristiche micro-climatiche differenti.

L'indice SPI è stato quantificato sulle scale temporali di 3, 6 e 12 mesi, aggregando la precipitazione sui medesimi periodi.

Queste scale temporali riflettono l'impatto della siccità sulla disponibilità dei vari tipi di risorse idriche: i valori calcolati a 3 mesi si prestano a rappresentare deficit idrici con impatto su attività agricole di tipo stagionale, quelli a 6 mesi riflettono l'andamento del livello dei serbatoi d'acqua naturali ed artificiali mentre i valori dell'indice a 12 mesi permettono una valutazione della risorsa idrica su scala annuale.

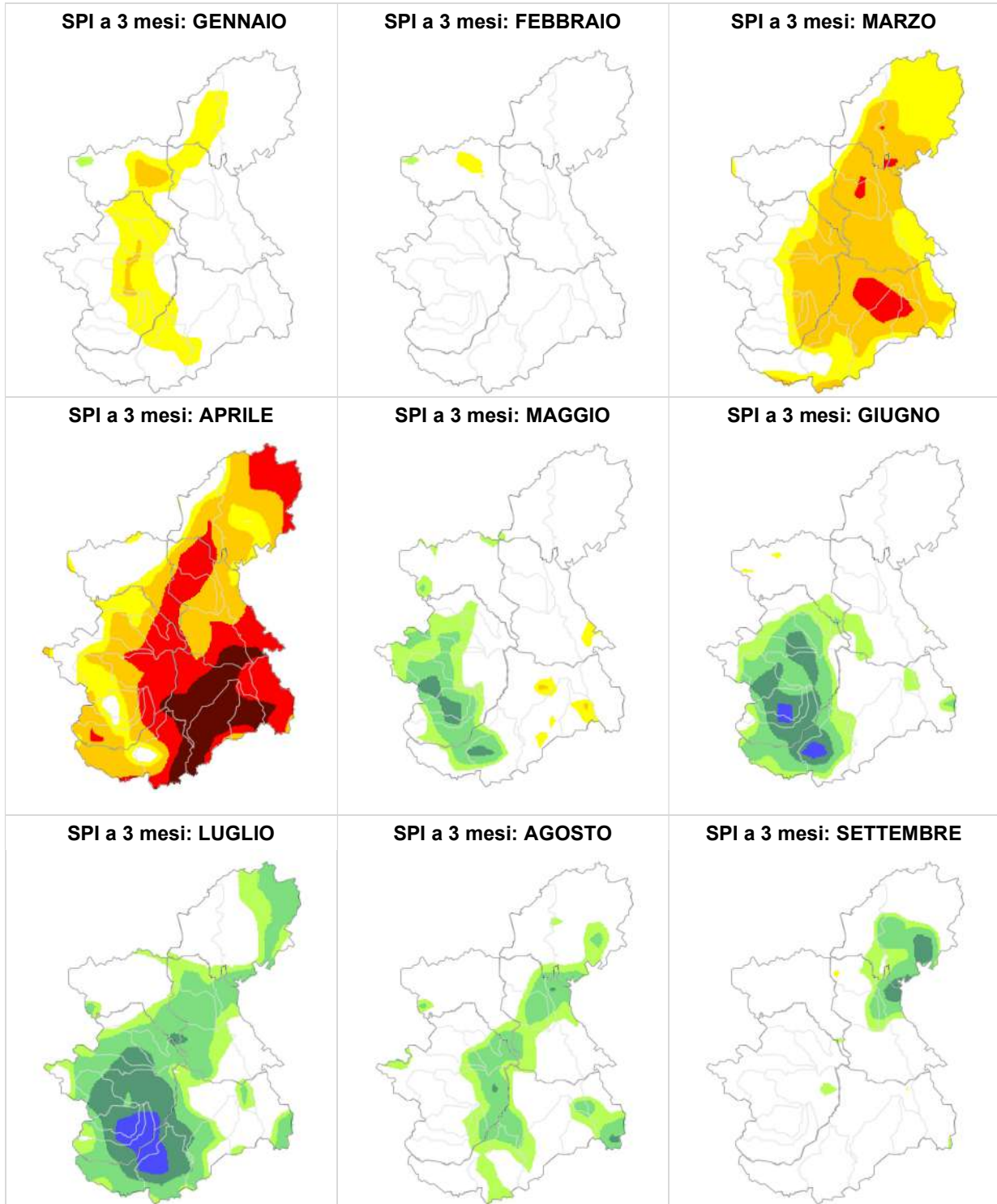
L'indice SPI sulla scala dei 3 mesi per i mesi di gennaio e febbraio, mostra come gran parte della regione si trovi in condizioni di normalità ma tendente alla lieve siccità grazie alle precipitazioni di dicembre 2022 che sono state al di sopra della norma climatica. Invece, si può notare una situazione di siccità moderata sui settori orientali della regione per quanto riguarda il mese di marzo mentre per il mese di aprile una situazione di siccità da severa ad estrema sui settori meridionali della regione.

Le abbondanti precipitazioni del mese di maggio hanno fatto sentire i loro effetti anche sull'indice SPI a 3 mesi dove si vede che gran parte della regione è transita in condizioni di normalità, con zone di piovosità moderata sui bacini del Piemonte Occidentale e ancora qualche locale area in siccità lieve sui bacini sudorientali.

Le precipitazioni sopra alla media di maggio e giugno hanno inciso sull'indice SPI a 3 mesi dei mesi di giugno e luglio comportando una situazione di normalità su gran parte della regione con ampie zone di piovosità moderata e severa sui bacini occidentali del Piemonte. Inoltre, le precipitazioni sopra la media del mese di agosto hanno aiutato a rendere positivi i valori dell'indice SPI (Indice Precipitazioni Standardizzate) a 3 mesi descrivendo una situazione di normalità sulla regione che si conferma anche per i mesi di settembre e ottobre.

Invece, le precipitazioni sotto alla media dei mesi di novembre e dicembre hanno determinato valori dell'indice di SPI a 3 mesi negativi per le pianure, le zone collinari e la parte meridionale della regione comportando condizioni di siccità da lieve a severa mentre tutto l'arco alpino risulta in condizioni di normalità.

Nelle figure seguenti vengono mostrate le mappe di SPI a 3 mesi per tutti i dodici mesi del 2023.



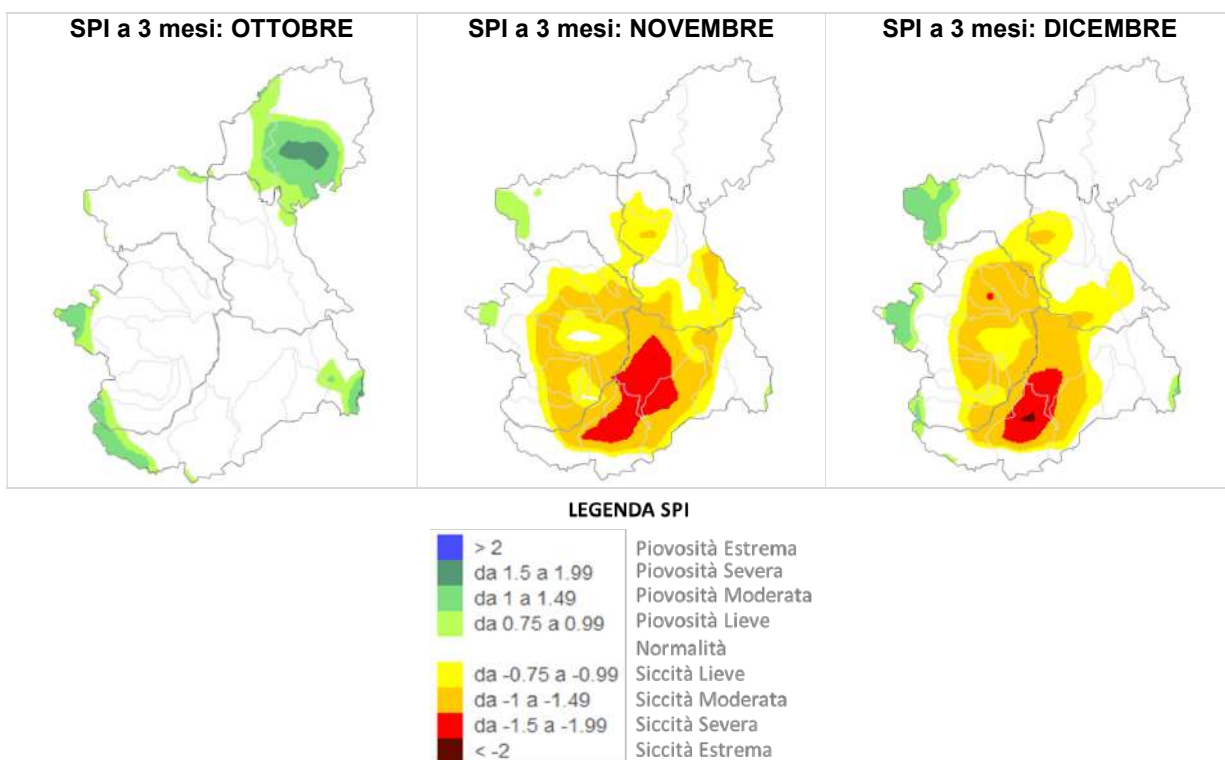


Figura 7. Severità della siccità meteorologica registrata sui bacini idrografici.

Per quanto riguarda la riserva idrica cumulata su scale temporali più lunghe, nella tabella seguente sono stati quantificati i valori di SPI a 6 e a 12 mesi.

Analizzando i valori dell'indice sulle scale di accumulazione più lunghe, si evince come i primi quattro mesi del 2023 siano risultati caratterizzati da condizioni di siccità da lieve a estrema con alcuni casi di condizioni di normalità. Le abbondanti precipitazioni del mese di maggio e quelle dei successivi mesi di giugno e agosto hanno migliorato la situazione dell'indice SPI a 6 mesi per la maggior parte dei bacini idrografici della regione passando da condizioni di siccità a condizioni di piovosità moderata.

I bacini più colpiti da condizioni di siccità (compresa tra moderata e severa) nel 2023 sono risultati essere quelli della zona meridionale della regione; in particolare, Tanaro, Bormida e Orba.

Tabella 3. Severità della siccità meteorologica calcolata utilizzando l'indice SPI sulle scale di 6 e 12 mesi. Valori di SPI compresi tra -0,74 e 0,74 rappresentano la norma (N), compresi tra -0,99 e -0,75 corrispondono a siccità lieve (SL), tra -1,49 e -1,00 siccità moderata (SM), tra -1,99 e -1,5 e siccità severa (SS), minori di -2 a siccità estrema (SE). Valori di SPI compresi tra 0,75 e 0,99 corrispondono a piovosità lieve (PL), tra 1,00 e 1,49 piovosità moderata (PM), tra 1,5 e 1,99 piovosità severa (PS) e maggiori di 2 a piovosità estrema (PE).

Bacino	SPI	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
ALTO PO	SPI6	SM	SS	SM	SM	PM	PM	PL	PM	PM	PM	N	N
	SPI12	SS	SS	SM	SM	N	N	N	N	N	N	N	N
PELLICE	SPI6	N	SM	N	SL	PM	PL	PL	PM	PL	PM	N	N
	SPI12	SM	SM	SM	SM	N	N	N	N	N	N	N	N
VARAITA	SPI6	N	SM	SM	SL	PL	PL	PL	PM	PM	PM	N	N
	SPI12	SM	SM	SM	SM	N	N	N	N	N	N	N	N
MAIRA	SPI6	SL	SM	SM	SM	N	N	N	PM	PM	PM	N	N
	SPI12	SM	SM	SM	SM	N	N	N	N	N	N	N	N
RESIDUO PO CONFLUENZA DORA RIPARIA	SPI6	SS	SE	SS	SS	N	N	N	PM	PM	PM	N	N
	SPI12	SE	SE	SE	SE	SM	SL	SL	N	N	N	N	N
DORA RIPARIA	SPI6	N	SL	N	N	PL	N	N	PM	N	PM	N	N
	SPI12	SS	SS	SM	SM	N	N	N	N	N	N	N	N
STURA DI LANZO	SPI6	SM	SS	SM	SM	N	N	N	PL	N	N	N	SL
	SPI12	SE	SE	SS	SS	SL	SL	SL	N	N	N	N	N
ORCO	SPI6	SM	SS	SM	SM	N	N	N	N	N	N	N	N
	SPI12	SS	SS	SS	SS	SM	SM	SM	SM	N	N	N	N
RESIDUO PO CONFLUENZA DORA BALTEA	SPI6	SM	SS	SS	SS	N	N	N	PL	PL	PM	N	N
	SPI12	SE	SE	SS	SS	SM	SL	SL	N	N	N	N	N
DORA BALTEA	SPI6	SM	SM	N	SL	N	N	N	N	N	N	N	N
	SPI12	SS	SS	SM	SS	SM	SM	SL	N	N	N	N	N
CERVO	SPI6	SM	SM	SS	SM	N	N	N	N	N	N	N	N
	SPI12	SE	SE	SS	SE	SS	SM	SL	N	N	N	N	N
SESIA	SPI6	SM	SS	SM	SS	N	N	N	N	N	PL	N	N
	SPI12	SS	SS	SS	SS	SM	SS	SM	SM	SL	N	N	N
RESIDUO PO CONFLUENZA TANARO	SPI6	SM	SS	SM	SM	N	N	N	N	N	N	N	N
	SPI12	SS	SE	SS	SS	SM	SM	SM	SL	N	N	N	N
STURA DEMONTE	SPI6	SL	SM	SM	SL	N	N	N	PL	N	PM	N	N
	SPI12	SM	SM	SM	SM	N	N	N	N	N	N	N	N
TANARO	SPI6	SS	SE	SS	SS	N	N	N	PL	N	PM	N	SM
	SPI12	SS	SS	SS	SS	SM	SL	SM	SL	SL	N	N	N
BORMIDA	SPI6	SS	SS	SS	SS	N	SL	SL	N	N	N	SL	SM
	SPI12	SS	SS	SS	SE	SS	SS	SS	SS	SS	SM	SM	SM
ORBA	SPI6	SM	SM	SM	SM	N	SL	SM	N	N	N	N	N
	SPI12	SS	SS	SS	SE	SS	SS	SS	SS	SS	SL	N	SL
ASTA TANARO	SPI6	SM	SS	SS	SS	N	N	N	N	N	N	N	SL
	SPI12	SS	SE	SS	SS	SM	SM	SS	SM	SM	SL	N	SL
SCRIVIA - CURONE	SPI6	SL	SM	SM	SL	N	N	SL	N	N	N	N	N
	SPI12	SS	SS	SS	SS	SS	SM	SM	SM	SM	N	N	N
AGOGNA - TERDOPPIO	SPI6	SM	SM	SM	SM	N	SL	N	N	N	N	N	N
	SPI12	SE	SS	SS	SE	SS	SM	SM	SL	SM	N	N	SL
TOCE	SPI6	SM	SM	SL	SM	N	N	N	N	N	N	N	N
	SPI12	SS	SS	SM	SS	SM	SM	SM	SM	SL	N	N	N

2.3 Confronto climatologico

In questo paragrafo si analizza il fenomeno della siccità considerando non solo la sua intensità ma anche la sua durata all'interno dell'anno e la percentuale di territorio coinvolto e confrontando queste caratteristiche con quanto accaduto negli anni del periodo 1950-2022.

Viene utilizzato un indice di classificazione sintetico degli anni siccitosi che tiene conto delle seguenti caratteristiche:

- severità della siccità (SPI a 3 mesi)
- lunghezza dei periodi siccitosi
- estensione spaziale del fenomeno (percentuale di territorio coperta dal bacino rispetto alla superficie della regione).

L'indice adimensionale che se ne ricava varia tra 0 e 1 e permette quindi di dare una prima valutazione globale del fenomeno siccitoso in riferimento agli episodi accaduti in passato.

Inoltre, per come è stato costruito, può essere calcolato in qualsiasi momento dell'anno fornendo la soglia minima sotto la quale il singolo anno in esame non può scendere ma solo aumentare in caso di ulteriori episodi siccitosi.

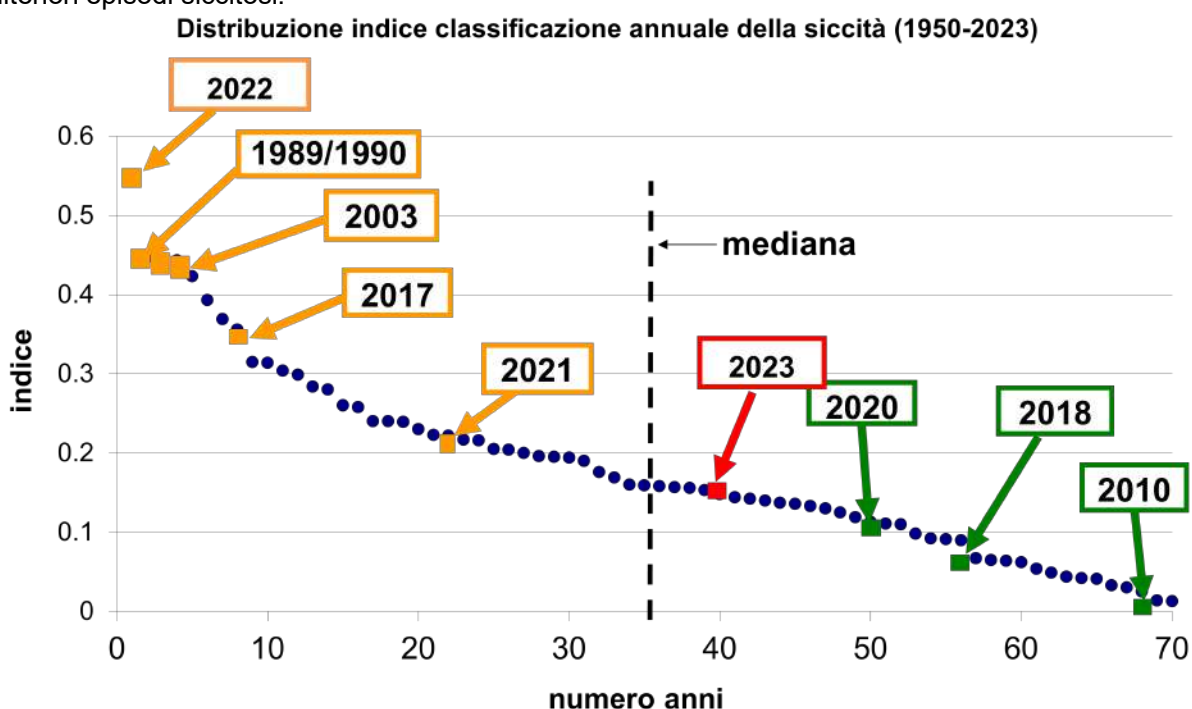


Figura 8. Indice di classificazione sintetico della siccità in Piemonte calcolato annualmente dal 1950 al 2023

Il grafico riassuntivo di Figura 8 mostra come, nel 2023, il Piemonte si sia trovato globalmente in condizioni normali dal punto di vista della siccità, con una tendenza ad essere una annata lievemente umida.

Da notare come siano state le abbondanti piogge primaverili ed estive a compensare il deficit che si è manifestato in inverno e alla fine della stagione autunnale.

2.4 Neve

Nel 2023 le precipitazioni nevose hanno fatto registrare un altro anno di valori nettamente negativi come quantitativi di neve fresca cumulata da novembre (2022) a maggio (2023) e anche come inizio di stagione 2023-2024.

Sostanzialmente la stagione 2022-2023 è continuata sulla linea della precedente stagione record (negativo) 2021-2022. Verso fine del mese di aprile 2023 il lungo periodo di siccità è stato interrotto

da un mese di maggio con abbondanti precipitazioni e temperature sotto la media che hanno riportato in alta quota (>2500m) valori di neve al suolo sostanzialmente vicini alla media del periodo.

Nel dettaglio le nevicate autunnali (ottobre-novembre 2022) sono state di scarso rilievo e hanno determinato valori di neve al suolo e accumuli di neve fresca generalmente inferiori alla media. Tuttavia, il mese di dicembre 2022 sembrava aver dato inizio ad una svolta con nevicate più cospicue che sono arrivate ad imbiancare buona parte della pianura piemontese verso la metà di dicembre. Con il proseguire della stagione la situazione è andata peggiorando a causa della mancanza di precipitazioni significative, determinando valori stagionali che sono stati ovunque sotto la media degli ultimi 40 anni (Figura 10), sia come spessori di neve al suolo che come cumulate di neve fresca complessiva, ad eccezione di qualche sporadico episodio nel mese di dicembre e poi sui settori meridionali all'inizio del mese di marzo.

La stagione invernale 2022-2023 si è chiusa con valori di precipitazioni nevose cumulate molto al di sotto delle medie storiche con valori di -40/-50% con punte di -60% in alcune stazioni poste a quote medie dei settori settentrionali.

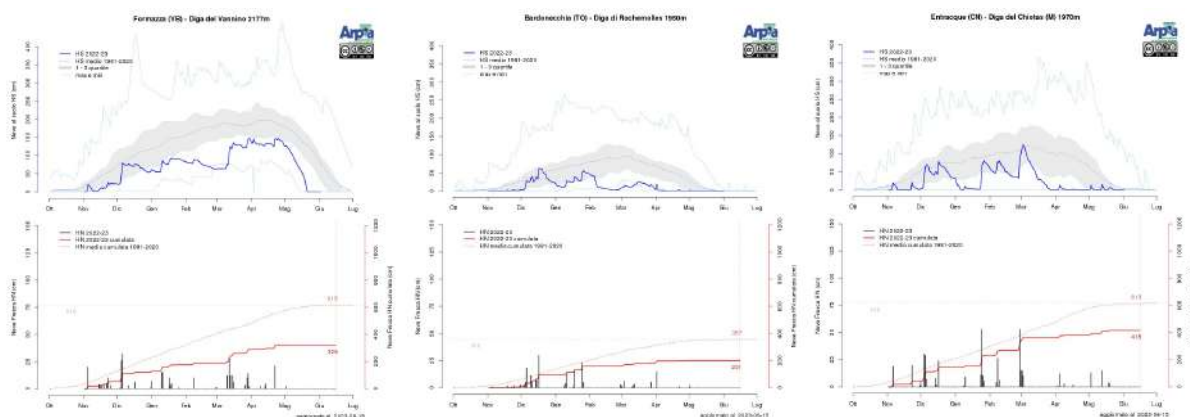


Figura 9: in ordine da sinistra a destra le stazioni manuali di Lago Vannino – Formazza (VB), Lago di Rochemolles – Bardonecchia (TO), Lago del Chiotas – Entracque (CN) per la stagione 2022-2023. In alto l'andamento giornaliero della neve al suolo -HS- dove la linea blu spessa indica l'HS della stagione, la linea tratteggiata indica l'andamento medio dell'HS e l'area colorata in grigio indica +/- la deviazione standard rispetto alla media. In basso le nevicate -HN-: le barre nere indicano i singoli valori di neve fresca giornaliera (asse y di riferimento di sinistra), la linea spessa rossa indica la relativa cumulata, mentre la linea tratteggiata si riferisce alla cumulata media (queste ultime due linee fanno riferimento all'asse y di destra). I numeri riportano rispettivamente il totale di neve fresca della stagione e della media storica (1981-2020).

L'estate 2023 dal punto di vista dell'innevamento, grazie al mese di maggio più freddo dei valori medi e molto piovoso, inizia con una carenza di innevamento ridotta rispetto a quanto ci si poteva aspettare dopo i primi mesi primaverili. Al di sotto dei 2000-2200m di quote si registra un anticipo della fusione totale del manto nevoso di circa 2 mesi (vedi Figura 1) mentre alle quote superiori questo anticipo di fusione si è diretto di circa un mese. A tal proposito si può osservare nei grafici Figura 11 l'innevamento delle stazioni nivometriche automatiche del Colle del Sommeiller (2981m) Bardonecchia (TO) e di Passo del Moro (2820m) – Macugnaga (VB). Nella parte evidenziata dai rettangoli rossi, si può notare che già in prossimità della metà del mese di maggio lo spessore di neve al suolo ha raggiunto la completa fusione, mentre per i valori medi del periodo di riferimento a fine giugno si ha ancora uno spessore prossimo ad 1 metro di neve al suolo.

Per capire l'entità degli apporti nevosi di fine stagione se consideriamo la completa fusione della stazione di Pontechianale - Colletto Fiume (zona Monviso, a quota 3325 m) vediamo che quest'anno è stata registrata il 14 luglio 2023 più di un mese dopo la scorsa stagione (6 giugno 2022), una settimana più tardi rispetto a due anni prima (8 luglio 2021).

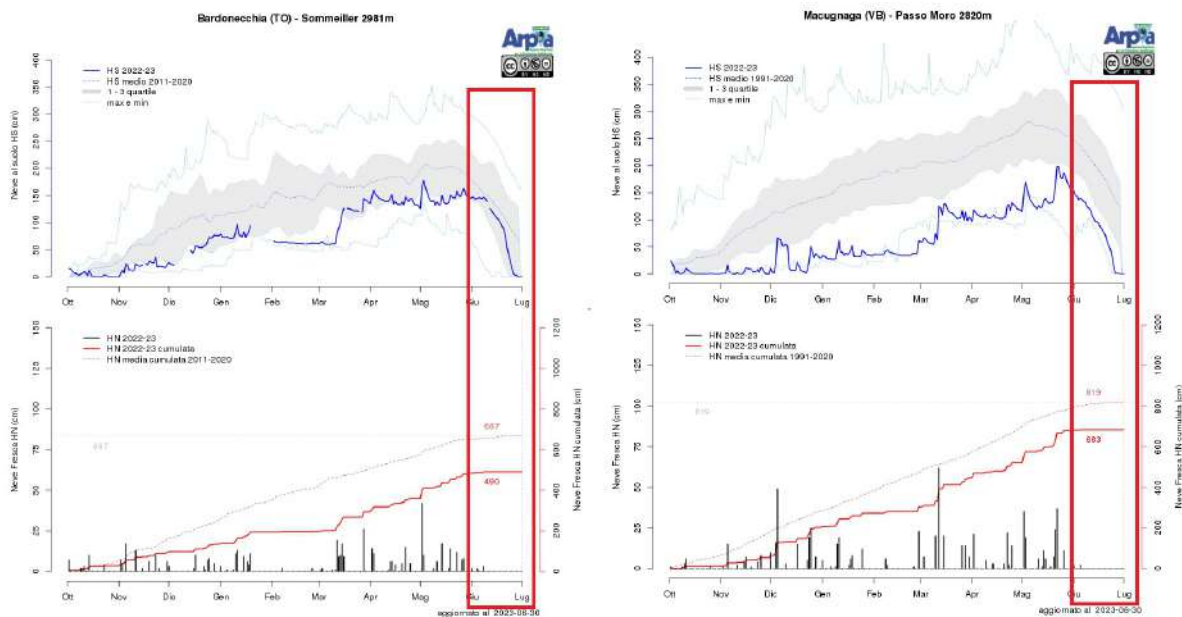


Figura 10: in ordine da sinistra a destra le stazioni nivometriche automatiche del Colle del Sommeiller – Bardonecchia (TO) e Passo del Moro – Macugnaga (VB) per la stagione 2022-2023. In alto l'andamento giornaliero della neve al suolo -HS- dove la linea blu spessa indica l'HS della stagione, la linea tratteggiata indica l'andamento medio dell'HS e l'area colorata in grigio indica +/- la deviazione standard rispetto alla media. In basso le nevicate -HN-: le barre nere indicano i singoli valori di neve fresca giornaliera (asse y di riferimento di sinistra), la linea spessa rossa indica la relativa cumulata, mentre la linea tratteggiata si riferisce alla cumulata media (queste ultime due linee fanno riferimento all'asse y di destra). I numeri riportano rispettivamente il totale di neve fresca della stagione e della media storica (rispettivamente del periodo 2011- 2020 e 1991-2020).

La stagione invernale 2023-2024 risulta in parte simile alla stagione precedente per deficit di precipitazioni nevose, in particolare per gli apporti nevosi autunnali-invernali in quota che sono risultati generalmente inferiori alle medie. Per buona parte della stagione invernale (da novembre 2023 a fine febbraio 2024) i valori di neve al suolo e di neve fresca cumulata sono stati significativamente sotto la media del periodo, ad eccezione delle zone di confine settentrionali e in alcuni punti stazione dei settori di confine occidentali dove questi sono risultati pressoché in media.

Rispetto alla stagione 2022-2023 analizzando l'andamento della neve al suolo si può notare come durante i primi mesi invernali (2023-2024) l'andamento dello spessore di neve al suolo sia stato molto simile alla stagione precedente con valori pressoché inferiori alla media storica con ripetuti episodi con valori di spessore di neve al suolo prossimi agli 0 cm anche alle quote di media montagna (2000m circa) del tutto simile alla stagione 2022-2023.

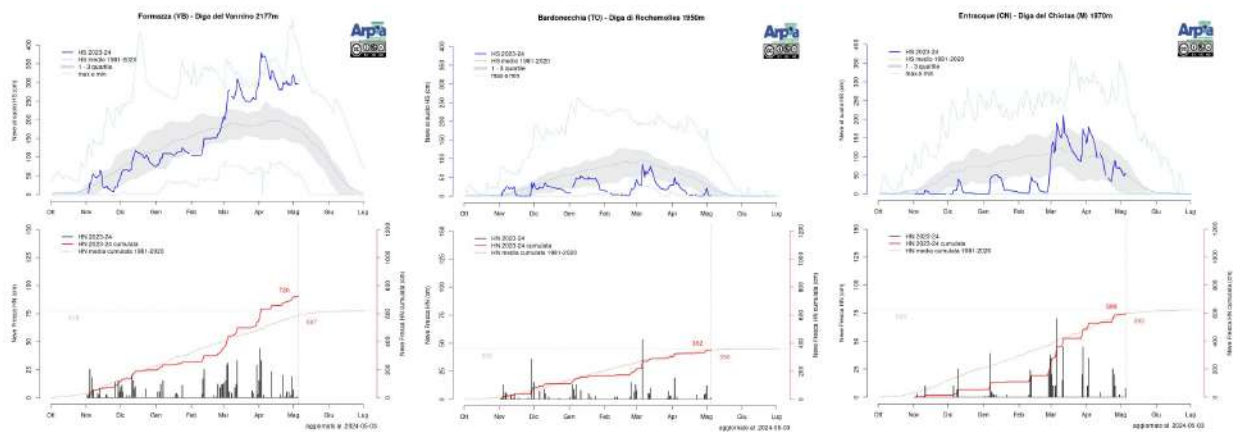


Figura 11: in ordine da sinistra a destra le stazioni manuali di Lago Vannino – Formazza (VB), Lago di Rochemolles – Bardonecchia (TO), Lago del Chiotas – Entracque (CN) per la stagione 2022-2023. In alto l’andamento giornaliero della neve al suolo -HS- dove la linea blu spessa indica l’HS della stagione, la linea tratteggiata indica l’andamento medio dell’HS e l’area colorata in grigio indica +/- la deviazione standard rispetto alla media. In basso le nevicate -HN-: le barre nere indicano i singoli valori di neve fresca giornaliera (asse y di riferimento di sinistra), la linea spessa rossa indica la relativa cumulata, mentre la linea tratteggiata si riferisce alla cumulata media (queste ultime due linee fanno riferimento all’asse y di destra). I numeri riportano rispettivamente il totale di neve fresca della stagione e della media storica (1981-2020)

Prendendo in considerazione l’anno solare 2023 gli apporti di neve fresca sono stati ovunque sotto la media del periodo (Figura 12). In particolare, il deficit è stato dell’ordine dei -40/-60% in generale in tutti i settori, sia alle quote più elevate che a quelle più basse. In singoli casi si sono raggiunti valori record di quasi -80% (Antrona - Alpe Cavalli (VB) 1500 m) dove gli apporti nevosi sono stati particolarmente carenti. Con questo quadro l’anno solare 2023 risulta praticamente uguale all’anno solare 2022 considerando gli apporti nevosi sul campione di stazioni rappresentative dell’arco alpino piemontese. I valori percentuali di deficit nevoso rimangono a grande scala identici, ma se guardiamo i valori delle singole stazioni possiamo notare dei lievi aumenti rispetto all’anno 2022.

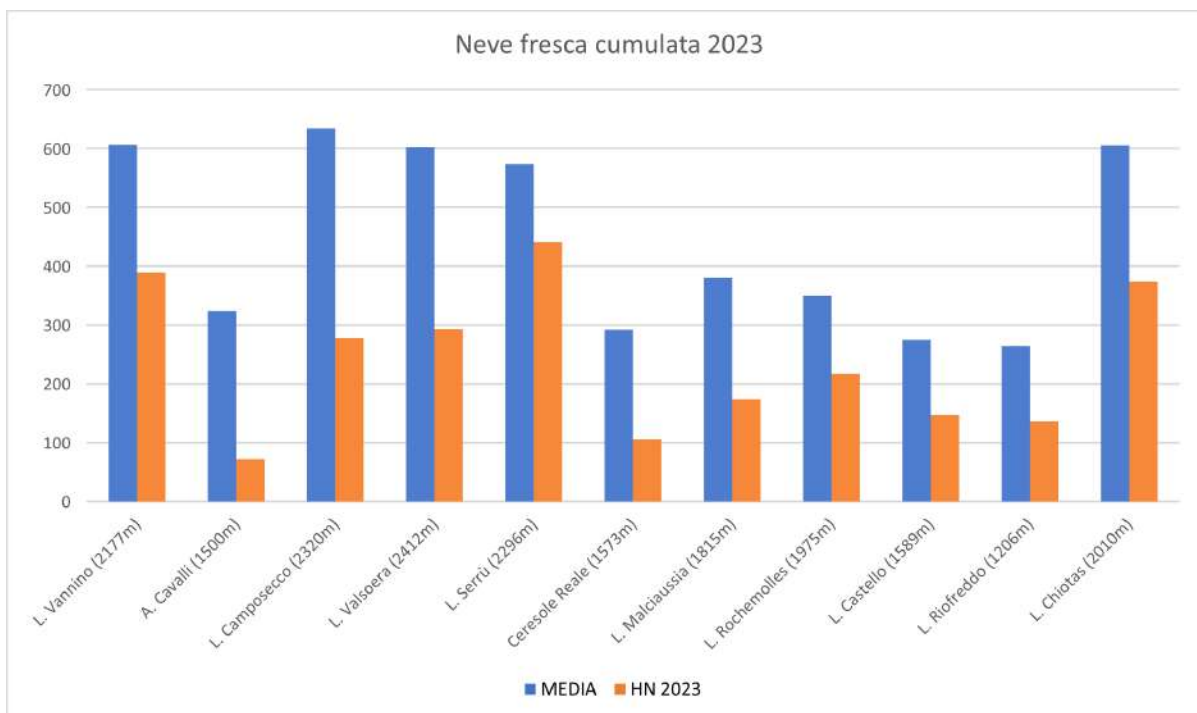
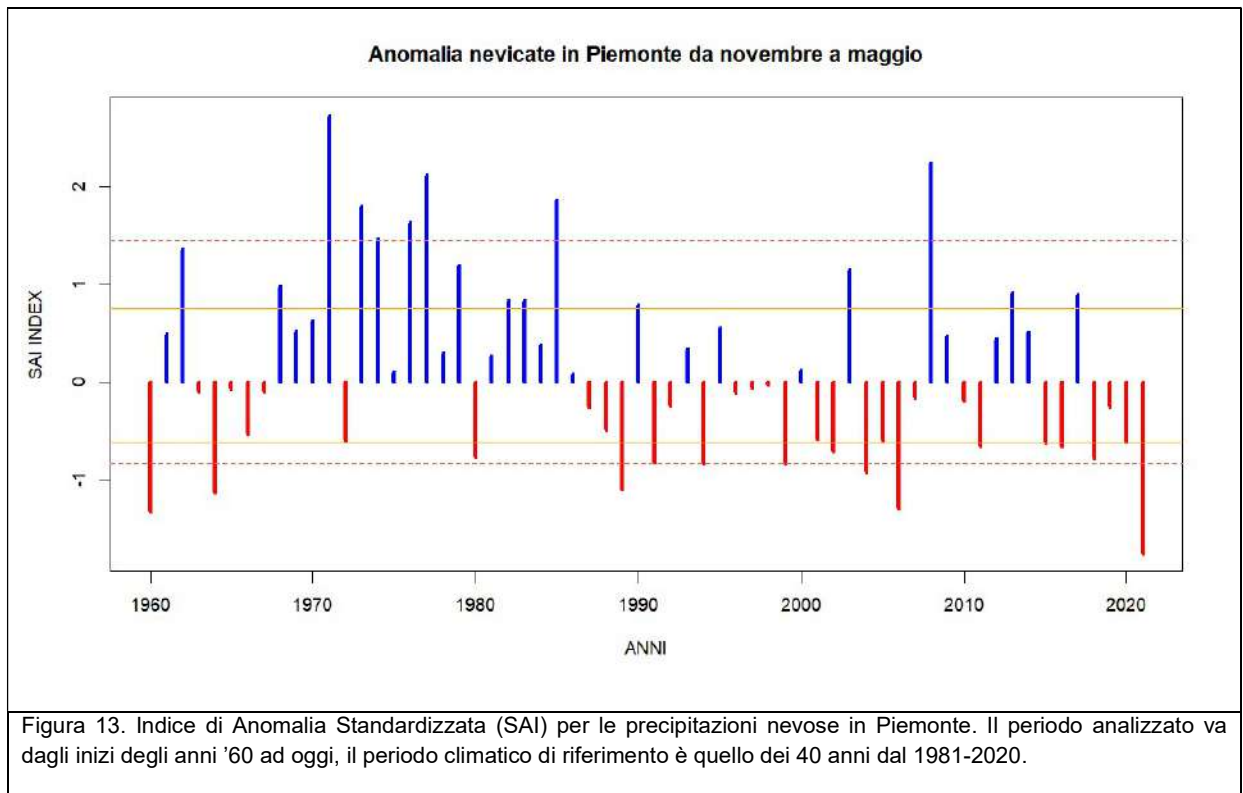


Figura 12. Valori di neve fresca cumulata media dal 1° gennaio al 31 dicembre per il periodo 1981-2020 in blu, in arancione il valore del 2023.

Guardando la stagione 2022-2023 nell'insieme degli ultimi decenni tramite l'analisi del SAI – Standardized Anomaly Index risulta evidente l'eccezionalità della stagione (Figura 14), se consideriamo il progresso della stagione precedente (record negativo degli ultimi 60 anni).

Il metodo del SAI permette di analizzare nell'insieme i valori delle stazioni per ottenere un valore di anomalia indicativo per tutto il Piemonte. Questo valore esprime l'anomalia del parametro esaminato rispetto al valore medio del periodo di riferimento. Ricavando un indice SAI per ogni stazione si può poi ottenere un valore adimensionale che può essere mediato tra varie stazioni, a quote e località differenti. Più i valori sono vicini allo 0 più si avvicinano ai valori medi del periodo di riferimento (1981-2020). I valori delle stagioni che rimangono entro le linee continue (arancioni, che indicano rispettivamente il 1° e il 3° quartile) possono essere considerate nella media, mentre le variazioni che ricadono nell'intervallo tra le linee continue e quelle tratteggiate (rispettivamente nella parte negativa tra il 10° e il 25° percentile e nella parte positiva tra il 75° e il 90° percentile) sono considerate stagioni anomale, fuori dalla media. In ultimo, le stagioni che ricadono al di sotto del 10° percentile e al di sopra del 90° percentile si considerano stagioni eccezionali.

Nel grafico di Figura 14 sono riportate le anomalie di neve fresca cumulata sulla stagione standardizzate per le stazioni del territorio piemontese dal 1960 al 2021. Nel complesso la stagione invernale 2022-2023 risulta notevolmente sotto la media, molto lontano dal 10° percentile, per cui la stagione è da considerare eccezionale. Infatti, se osserviamo l'intero grafico del SAI degli ultimi 60 anni vediamo che questa stagione si collochi al 3° posto dei record negativi della serie.



Il 2022/23 è stato un altro inverno vicino ai primati negativi della stagione precedente. Parlando della sommatoria di neve fresca da novembre a maggio è stata registrata una carenza significativa, conquistando il 3° posto tra le più "gravi" degli ultimi 60 anni, con valori di deficit rispetto alla media del -40/-50% in tutti i settori alpini regionali, a tutte le quote, con punte superiori al -60% di neve fresca in meno sulla stagione.

3 RISORSE IDRICHE SUPERFICIALI

3.1 Deflussi superficiali osservati

L'analisi dei deflussi superficiali è stata condotta sulla base dei dati registrati nelle stazioni idrometriche della rete regionale di monitoraggio, nel corso dell'anno 2023. Per i principali corsi d'acqua regionali sono stati calcolati gli scostamenti della portata mensile ed annuale rispetto alla media storica. Gli scostamenti (o deficit), espressi in percentuale, si ottengono dalla differenza tra la portata osservata e il valore medio storico, normalizzata rispetto al valore medio storico e pertanto, valori negativi rappresentano portate inferiori alla media del periodo considerato, valori positivi corrispondono a portate superiori.

La Tabella 4 mostra il quadro completo degli scostamenti relativi all'anno 2023 per le stazioni idrometriche selezionate, mentre nella figura successiva sono rappresentati i deficit della portata media annua.

Tabella 4. Portata media mensile e annua per il 2023 e scostamento rispetto al periodo di riferimento storico per le principali stazioni idrometriche regionali

Stazione Idrometrica Bacino	Q MED 2023 [m ³ /s] e scostamento [%]													N. anni serie storica
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Q Media annua	
PELLICE A VILLAFRANCA	0,35	0,32	0,35	0,35	62,22	45,62	3,08	1,55	1,98	2,62	2,89	5,25	10,55	20
	-91%	-91%	-96%	-98%	50%	47%	-35%	-12%	-64%	-54%	-83%	-38%	-19%	
CHISONE A SAN MARTINO	2,63	2,59	4,22	4,49	50,28	41,93	10,97	5,13	4,15	3,80	5,43	6,39	11,83	20
	-49%	-45%	-43%	-75%	44%	30%	-2%	-8%	-35%	-44%	-62%	-19%	-8%	
SANGONE A TRANA	0,93	0,86	1,30	1,10	9,33	4,43	1,57	1,18	1,24	1,11	1,24	1,10	2,12	21
	-47%	-46%	-47%	-79%	48%	3%	-18%	-9%	-45%	-53%	-74%	-59%	-28%	
DORA RIPARIA A SUSÀ	4,66	4,60	6,70	8,79	23,97	36,19	14,72	9,37	7,97	8,54	12,79	15,21	12,79	16
	-21%	-15%	-12%	-46%	-20%	16%	-2%	9%	16%	24%	57%	109%	4%	
DORA RIPARIA A TORINO	10,05	10,67	11,30	9,41	34,18	47,91	16,86	15,15	14,42	14,59	18,57	20,23	18,61	21
	-41%	-40%	-42%	-66%	-24%	4%	-21%	22%	7%	-1%	-15%	15%	-19%	
STURA DI LANZO A LANZO	4,57	3,72	5,76	6,56	38,78	35,56	17,08	11,68	11,53	8,73	9,94	7,51	13,45	21
	-37%	-43%	-46%	-71%	-1%	-9%	-17%	-21%	-25%	-33%	-51%	-23%	-26%	
STURA DI LANZO A TORINO	4,48	2,87	4,57	3,18	61,09	47,90	10,57	8,55	10,99	8,48	8,43	6,34	14,79	21
	-50%	-68%	-69%	-88%	31%	15%	-33%	-30%	-31%	-52%	-74%	-58%	-32%	
MALONE A FRONT	0,37	0,37	0,71	0,69	7,01	3,73	0,96	1,37	2,09	0,81	0,87	0,63	1,63	22
	-80%	-82%	-73%	-84%	37%	5%	-41%	-15%	-17%	-63%	-83%	-79%	-45%	
SOANA A PONT	1,31	0,99	2,34	9,02	16,91	11,18	2,68	2,22	7,81	2,82	5,86	2,82	5,50	20
	-48%	-54%	-33%	8%	21%	-22%	-66%	-64%	25%	-49%	3%	-19%	-16%	
ORCO A SAN BENIGNO	2,57	1,99	1,83	1,70	35,41	25,82	4,64	6,92	16,89	5,34	6,50	3,68	9,44	20
	-67%	-77%	-84%	-94%	-16%	-33%	-62%	-20%	56%	-62%	-75%	-70%	-50%	
CHIUSELLA A PARELLA	0,67	0,82	0,89	1,34	11,06	5,79	0,69	0,70	2,29	1,28	1,33	0,77	2,30	21
	-74%	-64%	-75%	-82%	-2%	-33%	-82%	-81%	-49%	-76%	-84%	-80%	-56%	
DORA BALTEA A TAVAGNASCO	31,93	27,71	24,60	32,01	132,67	201,53	145,07	106,98	86,28	61,53	75,34	61,07	82,22	21
	-10%	-13%	-29%	-52%	-19%	-13%	-11%	-10%	4%	-3%	15%	47%	-11%	
CERVO A QUINTO VERCELLESE	7,38	4,49	4,22	5,55	47,00	27,89	17,29	24,08	27,40	17,05	19,69	11,59	17,80	20
	-63%	-78%	-81%	-83%	13%	15%	0%	6%	-6%	-37%	-54%	-61%	-36%	

7,16

Stazione Idrometrica Bacino	Q MED 2023 [m³/s] e scostamento [%]													N. anni serie storica
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Q Media annua	
SESIA A BORGOSERIA	7,64	7,01	6,51	8,69	72,02	40,42	12,35	19,13	24,97	24,89	21,96	7,84	21,12	17
	-34%	-25%	-70%	-81%	17%	-11%	-48%	10%	87%	-26%	-56%	-45%	-28%	
SESIA A PALESTRO	18,41	17,75	11,88	12,36	93,31	72,61	40,29	48,64	64,38	44,99	54,54	21,19	41,70	27
	-64%	-63%	-82%	-88%	-33%	-5%	-16%	-24%	-20%	-50%	-58%	-69%	-47%	
AGOGNA A MOMO	0,49	0,27	0,20	0,49	2,31	2,89	0,51	1,44	2,72	2,34	4,04	1,50	1,60	20
	-84%	-93%	-93%	-87%	-55%	10%	-46%	4%	94%	2%	-47%	-75%	-54%	
TOCE A CANDOGLIA	14,51	10,58	11,68	16,33	68,83	67,48	44,63	49,16	57,19	55,79	58,77	28,38	40,28	23
	-58%	-67%	-69%	-75%	-39%	-40%	-41%	-15%	10%	-21%	-29%	-35%	-38%	
VARAITA A POLONGHERA	0,35	0,44	0,53	0,84	13,60	13,07	3,64	1,46	2,08	1,73	1,73	2,00	3,46	19
	-88%	-87%	-90%	-90%	6%	13%	7%	-12%	-5%	-30%	-70%	-56%	-36%	
MAIRA A RACCONIGI	2,00	ND	ND	ND	15,17	ND	ND	1,23	2,35	3,69	7,43	8,08	ND	21
	-79%	ND	ND	ND	-48%	ND	ND	-35%	-64%	-65%	-53%	-35%	ND	
BANNA A SANTENA	0,05	0,10	0,06	0,10	0,10	0,27	0,33	0,70	0,15	0,11	0,10	0,10	0,19	22
	-95%	-98%	-98%	-98%	-88%	-77%	-42%	46%	-65%	-86%	-96%	-96%	-87%	
STURA DI DEMONTE A GAIOLA	4,21	3,97	5,83	6,22	22,01	23,30	10,07	6,25	7,28	15,59	19,60	16,50	11,73	20
	-49%	-49%	-46%	-71%	-42%	-27%	-35%	-36%	-21%	50%	36%	60%	-26%	
BELBO A CASTELNUOVO	0,42	0,38	0,48	0,52	0,95	0,87	0,45	0,63	0,25	0,25	0,26	0,30	0,48	20
	-79%	-90%	-92%	-88%	-74%	-35%	-36%	-4%	-64%	-70%	-93%	-91%	-81%	
BORMIDA DI MILLESIMO A CAMERANA	0,64	0,62	0,95	0,67	1,80	1,46	1,13	0,46	0,31	0,84	0,70	0,62	0,85	28
	-78%	-77%	-81%	-85%	-51%	-7%	22%	-31%	-72%	-52%	-88%	-85%	-70%	
BORMIDA DI SPIGNO A MOMBALDONE	0,94	0,60	1,51	0,78	3,00	1,53	0,63	0,36	0,41	1,07	0,81	0,64	1,02	28
	-90%	-94%	-89%	-94%	-73%	-54%	-32%	-42%	-79%	-79%	-95%	-95%	-88%	
BORMIDA A CASSINE	3,20	2,54	4,20	2,21	5,45	3,44	1,78	1,29	1,33	3,06	2,22	2,05	2,73	28
	-88%	-92%	-89%	-93%	-80%	-64%	-51%	-50%	-71%	-73%	-95%	-93%	-87%	
ORBA A BASALUZZO	8,46	2,08	3,34	4,08	4,61	2,15	ND	ND	ND	7,72	11,20	7,09	ND	21
	-53%	-92%	-89%	-77%	-70%	-60%	ND	ND	ND	-54%	-72%	-71%	ND	
TANARO A FARIGLIANO	12,09	10,77	17,96	13,60	70,00	30,13	9,83	6,43	9,03	14,67	14,53	11,35	18,37	20
	-56%	-65%	-65%	-80%	8%	-12%	-16%	-29%	-33%	-34%	-76%	-71%	-49%	
TANARO AD ALBA	21,50	20,70	28,30	19,80	98,00	59,70	16,90	13,28	21,40	31,10	36,00	33,60	33,30	28
	-56%	-59%	-65%	-82%	-25%	-24%	-36%	-31%	-29%	-35%	-61%	-46%	-49%	
TANARO A MONTECASTELLO	44,40	27,82	46,26	34,02	175,33	110,62	21,69	17,19	28,43	61,23	78,58	59,77	58,78	28
	-62%	-77%	-71%	-80%	-9%	4%	-46%	-44%	-39%	-38%	-62%	-58%	-52%	
SCRIVIA A SERRAVALLE	12,65	3,18	2,16	5,56	5,75	5,90	2,80	4,20	3,02	20,75	34,37	22,44	10,23	21
	-30%	-82%	-87%	-51%	-37%	51%	39%	83%	19%	169%	51%	25%	-4%	
SCRIVIA A GUAZZORA	6,84	1,35	1,12	2,55	3,78	2,63	0,84	2,04	0,88	15,80	31,34	17,69	7,24	22
	-70%	-93%	-95%	-82%	-66%	-44%	-59%	0%	-59%	81%	5%	-27%	-46%	
PO A VILLAFRANCA PIEMONTE	6,83	6,95	8,96	8,53	53,85	26,98	8,11	7,11	9,56	9,13	9,56	10,51	13,84	13
	-41%	-43%	-43%	-52%	113%	32%	-29%	-27%	-15%	-26%	-66%	-26%	-14%	
PO A TORINO MURAZZI	20,80	20,42	21,16	20,67	171,69	134,68	34,56	29,25	32,16	32,51	38,07	39,06	49,59	28
	-64%	-65%	-71%	-78%	20%	18%	-22%	-20%	-29%	-51%	-58%	-45%	-34%	
PO A SAN SEBASTIANO	28,31	23,96	41,81	30,36	301,57	259,80	28,71	41,94	75,18	41,52	39,29	40,62	79,42	16
	-63%	-75%	-64%	-80%	20%	11%	-55%	-5%	7%	-51%	-79%	-63%	-38%	

Stazione Idrometrica Bacino	Q MED 2023 [m³/s] e scostamento [%]													N. anni serie storica
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Q Media annua	
PO A CASALE MONFERRATO	56,82	50,11	65,72	21,73	301,61	251,64	45,82	46,00	112,42	83,44	86,26	72,75	99,53	14
	-50%	-63%	-59%	-89%	-14%	-26%	-62%	-40%	5%	-42%	-66%	-49%	-44%	
PO A VALENZA	94,47	91,31	103,78	67,66	518,13	435,04	107,86	134,29	247,35	178,98	186,94	144,60	192,54	19
	-52%	-57%	-57%	-79%	-5%	-5%	-43%	-28%	-6%	-28%	-55%	-43%	-35%	
PO A ISOLA SANT'ANTONIO	141,79	121,96	153,26	103,76	724,13	559,49	135,68	169,01	294,39	219,18	258,76	171,93	254,44	25
	-54%	-63%	-62%	-78%	-8%	0%	-44%	-27%	-11%	-46%	-58%	-58%	-40%	

Scostamento (%) rispetto al periodo di riferimento storico delle portate medie annue per le principali stazioni idrometriche regionali

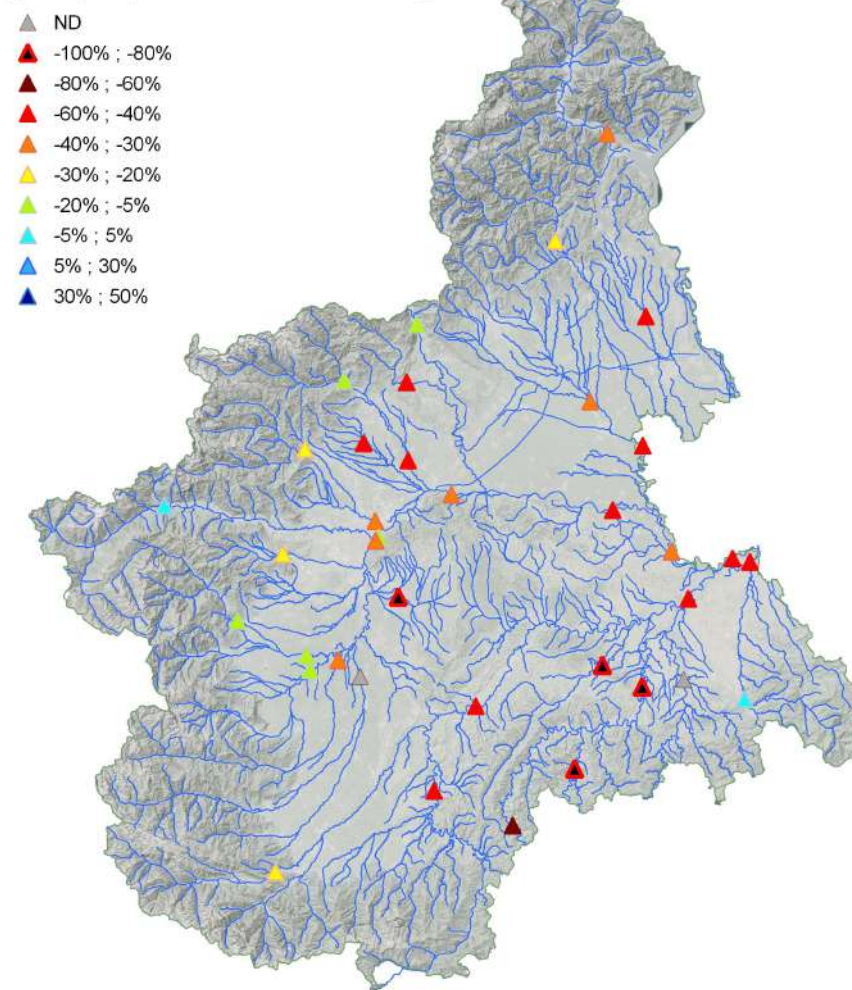


Figura 14. Deficit di portata (%) nel 2023 rispetto al periodo storico di riferimento.

Come riscontrato nell'anno precedente, nel 2023 si sono registrati scostamenti negativi di portata rispetto ai valori storici di riferimento, dovuti principalmente alla presenza di diversi periodi asciutti durante l'anno, ad eccezione delle abbondanti precipitazioni di maggio, e conseguenza derivante dallo stato pregresso di siccità dei corsi d'acqua individuato nel 2022. Quest'ultimo aspetto è confermato dal fatto che per alcuni bacini del settore occidentale della regione, quali Dora Riparia, Pellice, Malone, Dora Baltea, Varaita e Stura di Demonte, nonostante siano stati registrati afflussi totali annui superiori alla media storica, il coefficiente di deflusso è risultato inferiore o molto inferiore alla media di riferimento, determinando perciò scostamenti negativi di portata.

Il primo trimestre dell'anno è stato caratterizzato da deflussi decisamente sotto la media praticamente su tutta la regione. Nei bacini meridionali e occidentali i maggiori scostamenti negativi, anche oltre -80%, sono stati registrati su Bormida, Belbo, Varaita e Pellice, mentre a nord del Po, su Orco e Stura di Lanzo gli scostamenti sono stati anche oltre -60%. Inoltre, si segnala il marcato deficit negativo, circa -90%, per i corsi d'acqua di pianura. Tale situazione è rimasta sostanzialmente invariata, e quindi sotto la media, per il mese di aprile, ad eccezione del Soana che ha registrato uno scostamento positivo dell'8%.

Nel mese di maggio, grazie alle abbondanti precipitazioni che hanno colpito piuttosto uniformemente tutta la regione, i deficit di portata sono stati sensibilmente più contenuti; in alcuni casi si è registrato addirittura un surplus positivo come nei bacini occidentali di Pellice, Chisone e Sangone, mentre nel settore sudorientale (bacini di Belbo, Bormida, Orba e Scrivia) si è confermato un deficit significativo dal -50% a oltre il -70%. Situazione del tutto analoga anche nel mese di giugno dove i deficit maggiori si sono registrati sempre nel settore meridionale orientale e a nord (Toce e Sesia); tuttavia alla sezione di chiusura del bacino del Po piemontese i valori sono risultati assolutamente in linea con quelli di riferimento storico.

A luglio, le precipitazioni sotto la media unite alle derivazioni ad uso irriguo nel pieno dell'attività, hanno fatto sì che le portate dei corsi d'acqua abbiano subito un nuovo decremento con scostamenti negativi compresi tra il -16% del Sesia a Palestro e il -62% dell'Orco a San Benigno. Un po' di respiro è stato registrato nel mese di agosto grazie ad un surplus pluviometrico del 67% che ha riportato i valori delle portate più vicino ai riferimenti storici con scostamenti negativi più contenuti rispetto al mese precedente su gran parte dei bacini, fatta eccezione dei bacini del Tanaro con -44% a Montecastello e la Bormida con -50% a Cassine.

Nonostante i mesi di settembre e ottobre siano stati caratterizzati da precipitazioni sostanzialmente in linea o leggermente superiori alla media climatica di riferimento, i deficit di portata dei corsi d'acqua non si sono colmati; per cui si è registrato ancora un -40% sul Tanaro a Montecastello e un -71% sulla Bormida a Cassine a settembre, valori di deficit che rimangono generalmente invariati ad ottobre.

L'anno 2023 si è poi concluso con dei mesi di novembre e dicembre piuttosto avari di precipitazioni con conseguente conferma del deficit accumulato durante l'anno; alla sezione di chiusura del bacino del Po piemontese, sezione di Isola S. Antonio (PV), la portata media annua è risultata il 40% più bassa del valore medio storico.

Il confronto tra le portate medie annue calcolate dal 1998 al 2023 per il Po a Isola S. Antonio è riportato nella Figura 15.

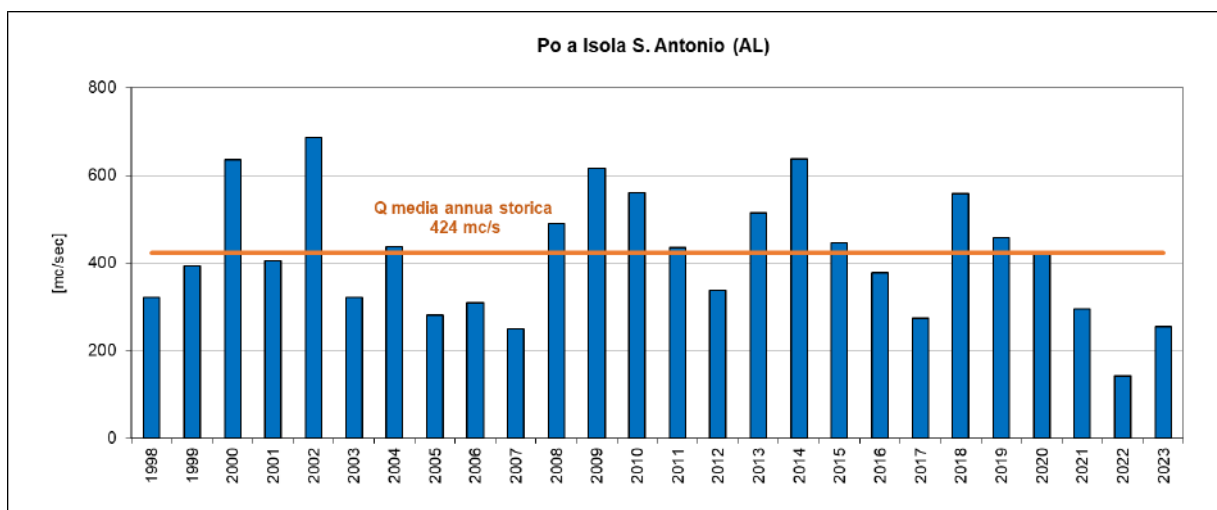


Figura 15. Portate medie annue per la sezione del Po a Isola Sant'Antonio (AL).

Come si evince dal grafico, la portata media annua del 2023, pari a circa 254 mc/sec, è decisamente inferiore al riferimento storico (424 mc/sec) e rappresenta il terzo valore più basso registrato dal 1998.

Nella stessa sezione è stato, inoltre, calcolato l'indice SRI (*Standardized Runoff Index*) valutato in maniera analoga all'indice SPI (paragrafo 2.2) ed utilizzato per classificare l'anomalia di portata rispetto alla media storica.

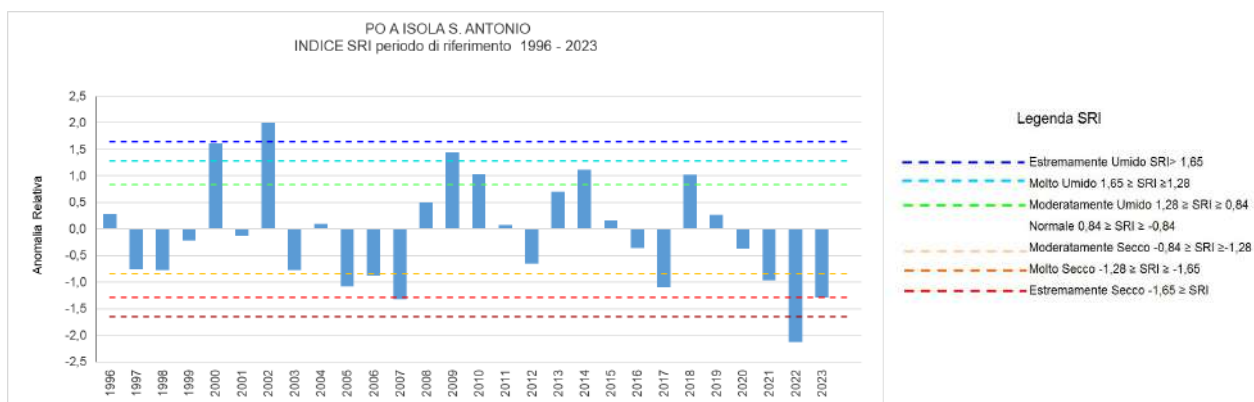


Figura 16. Indice SRI annuale dal 1996 al 2022 calcolato a Isola S. Antonio (AL) e suoi valori di riferimento.

In termini di anomalia di portata per il Po a Isola S. Antonio (AL), il 2023 è risultato un molto secco con un valore di SRI associato a tale anno che risulta il terzo più basso nell'intervallo di tempo considerato 1996-2023.

Per un quadro più completo si riporta, nella Figura 17, l'indice SRI relativo al 2023 calcolato per gli idrometri più significativi e rappresentativi delle chiusure dei principali bacini idrografici piemontesi

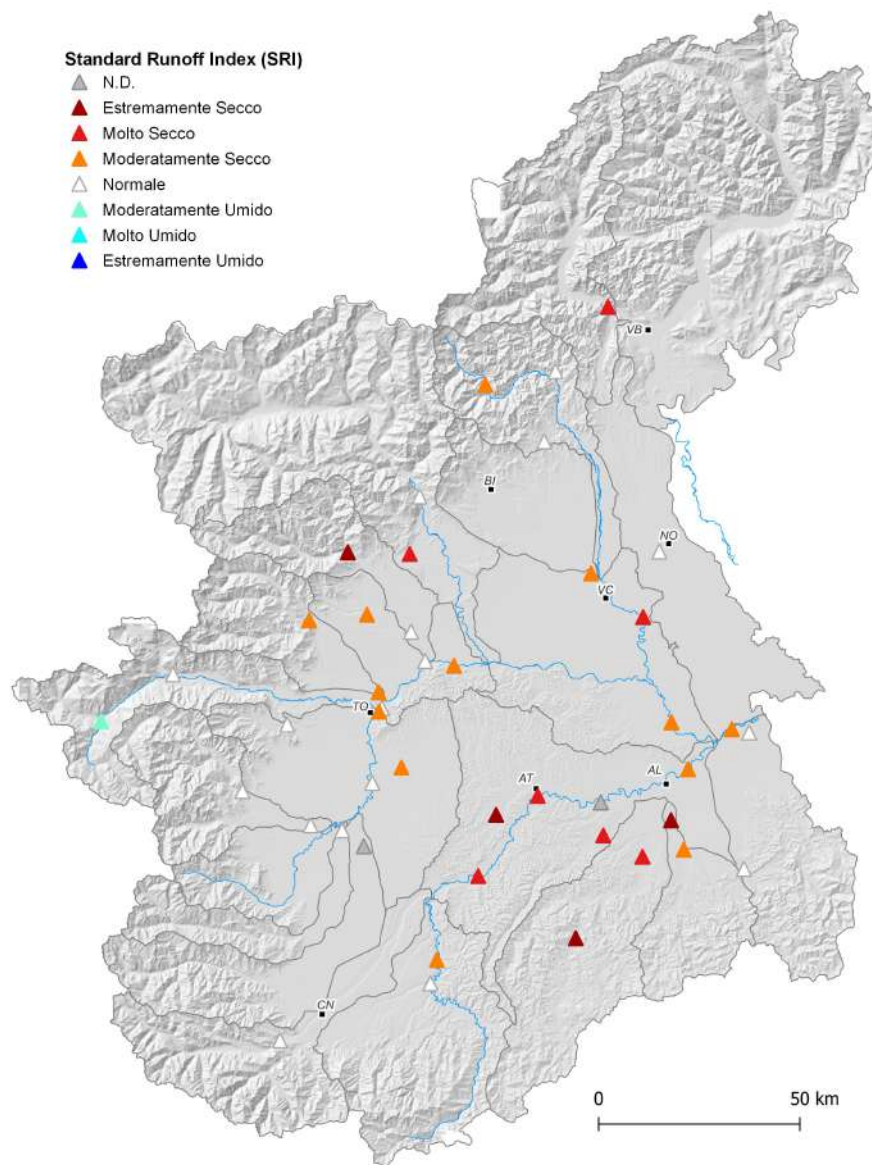


Figura 17. Indice SRI del 2023 calcolato per gli idrometri più significativi

L'indice SRI 2023 è risultato normale per la maggior parte delle stazioni considerate (40%) e moderatamente secco per il 31%. Rispetto all'anno precedente la percentuale di stazioni con SRI estremamente secco si è ridotta al 10%, mentre solo per la stazione di Oulx Dora Riparia l'indice SRI è risultato moderatamente umido.

3.1.1 Bilanci idrologici

Relativamente ai caratteri idrologici osservati si riporta una sintesi per area idrografica:

Bacini alpini settentrionali. In questo settore le precipitazioni, a partire dal mese di maggio, sono risultate ben distribuite nella restante parte dell'anno, per un afflusso annuale complessivo inferiore circa del 10-15% a quello medio storico. I deflussi sono risultati invece inferiori di circa il 20-25% alla media storica (comunque con contributi specifici medi annuali naturali superiori a 30 l/skmq), per effetto della fase di ricarica dei bacini dopo il lungo periodo di eccezionale siccità, fase conclusasi peraltro più rapidamente rispetto agli altri settori regionali, con coefficienti di deflusso annuali quasi

allineati con i valori medi storici. Le portate minime sono risultate invece ancora sensibilmente inferiori ai dati storici (25-30%) per il protrarsi della fase di esaurimento idrologico ai primi mesi dell'anno. Non sono stati osservati eventi di piena significativi.

Bacini alpini occidentali. In questo settore le precipitazioni sono risultate prevalentemente concentrate nel periodo primaverile, a partire dal mese di maggio che ha fatto osservare anche un evento di piena di modesta entità, per un afflusso complessivo annuale in linea con la media storica. Il deflusso annuale, e di conseguenza il relativo coefficiente di deflusso, sono risultati di poco inferiori ai valori medi storici, a seguito della fase di transizione e ricarica dei bacini dopo il periodo di siccità. Anche le portate minime sono risultate inferiori ai valori medi storici, per effetto del forte esaurimento idrologico che ha caratterizzato il periodo gennaio-aprile.

Bacini pedemontani settentrionali. Le precipitazioni annuali sono risultate inferiori di circa il 10% ai valori medi storici, con una distribuzione piuttosto omogenea a partire da maggio e assenza di eventi di piena rilevanti.

Per contro i deflussi annuali sono risultati ancora sensibilmente inferiori ai valori medi storici (circa il 70%), con conseguente significativa riduzione anche dei coefficienti di deflusso, a causa dell'anomala componente di perdite conseguente al periodo siccitoso. Anche in questo settore le portate minime sono state condizionate dalla fase di forte esaurimento di inizio anno.

Bacini pedemontani occidentali. È stato osservato un lieve deficit pluviometrico rispetto alla media storica dei deflussi annuali (5-10%, con precipitazioni prevalentemente concentrate nel periodo primaverile), a cui ha fatto riscontro un ben più marcato deficit nei deflussi annuali (circa del 30%, con contributi specifici medi annuali dell'ordine di 12-15 l/skmq) dovuto, anche in questo caso, alla fase di riequilibrio dei bacini dopo la siccità. Non sono stati osservati eventi di piena significativi.

Alto Tanaro. In questo settore le precipitazioni annuali, sempre distribuite a partire dal mese di maggio con maggiori concentrazioni in primavera e autunno, hanno fatto registrare valori annuali cumulati ancora significativamente inferiori (del 15-20%) alle medie storiche. I deflussi annuali sono risultati notevolmente inferiori (anche del 50%) ai valori storici, con contributi specifici dell'ordine di 10 l/skmq. La lunga fase di transizione post siccità ha fatto registrare valori di deflusso minimo sensibilmente inferiori alla media (anche del 40 - 50% con contributi specifici inferiori a 2 l/skmq). Non sono stati osservati eventi di piena significativi.

Bacini appenninici meridionali. In questo settore i deflussi annuali sono risultati in linea e anche lievemente superiori rispetto alle medie storiche. Per contro i deflussi annuali sono risultati ancora inferiori alla media, analogamente ai coefficienti di deflusso (circa del 20%, con contributi specifici medi annuali naturali dell'ordine di 15 l/skmq). Le portate minime sono risultate circa allineate con i valori medi storici, mentre riguardo alle massime nel periodo autunnale sono stati osservati alcuni eventi di piena di entità del tutto secondaria.

Bacini collinari. Le precipitazioni annuali in questo settore sono risultate poco inferiori (circa del 10%) ai valori medi, ma l'entità dei deflussi è comunque risultata estremamente bassa, in ragione delle perdite molto elevate, con contributi specifici medi annuali naturali inferiori a 1 l/skmq e portate minime quasi nulle.

La Tabella 5 riporta i dati generali del bilancio idrologico 2023 nelle sezioni di riferimento (altezze di afflusso/deflusso e coefficienti di deflusso) a confronto con l'anno medio.

Tabella 5. Dati di bilancio idrologico del 2023 e confronto con l'anno medio nelle principali stazioni idrometriche regionali; la variazione percentuale $\Delta CDef$ [%] è calcolata come $(coeff\ defl\ 2023 - coeff\ defl\ medio\ storico)/coeff\ defl\ medio\ storico$.

Stazione Idrometrica Bacino	Storico			Anni di riferimento	Valori anno 2023			$\Delta CDef$ [%]
	Afflusso medio annuo [mm]	Deflusso medio annuo [mm]	Coeff. di deflusso medio		Afflusso tot [mm]	Deflusso tot [mm]	Coeff. di deflusso	
PELLICE A VILLAFRANCA	999	421	0,40	20	1052	339	0,32	-20%
CHISONE A SAN MARTINO	1350	735	0,55	20	1019	648	0,64	-12%
SANGONE A TRANA	1145	647	0,58	21	1088	463	0,43	-29%
DORA RIPARIA A SUSÀ	777	565	0,74	16	982	588	0,60	4%
DORA RIPARIA A TORINO	825	546	0,67	21	965	443	0,46	-19%
STURA DI LANZO A LANZO	1200	997	0,84	21	1086	733	0,68	-26%
STURA DI LANZO A TORINO	1193	786	0,64	21	1074	531	0,49	-33%
MALONE A FRONT	1149	619	0,53	22	1304	411	0,32	-34%
SOANA A PONT	1251	972	0,78	20	1110	811	0,73	-17%
ORCO A SAN BENIGNO	1210	709	0,56	20	1100	353	0,32	-50%
CHIUSELLA A PARELLA	1481	1101	0,73	21	1264	479	0,38	-56%
DORA BALTEA A TAVAGNASCO	874	883	1,01	21	904	784	0,87	-11%
CERVO A QUINTO VERCELLESE	1156	862	0,75	20	1034	554	0,54	-36%
SEZIA A BORGOSERIA	1588	1344	0,83	17	1338	962	0,72	-28%
SEZIA A PALESTRO	1276	972	0,73	27	1104	509	0,46	-48%
AGOGNA A MOMO	1336	506	0,34	20	1270	233	0,18	-54%
TOCE A CANDOGLIA	1490	1345	0,89	23	1367	832	0,61	-38%
VARAITA A POLONGHERA	846	305	0,34	19	884	194	0,22	-36%
MAIRA A RACCONIGI	853	355	0,40	21	897	ND	ND	ND
BANNA A SANTENA	713	132	0,17	22	652	17	0,03	-87%
STURA DI DEMONTE A GAIOLA	1040	901	0,85	20	1169	664	0,57	-26%
BELBO A CASTELNUOVO	690	197	0,27	20	461	36	0,08	-82%
BORMIDA DI MILLESIMO A CAMERANA	1012	340	0,35	28	645	98	0,15	-71%
BORMIDA DI SPIGNO A MOMBALDONE	975	682	0,67	28	590	82	0,14	-88%
BORMIDA A CASSINE	941	478	0,48	28	567	57	0,10	-88%
ORBA A BASALUZZO	1246	725	0,57	21	877	ND	ND	ND
TANARO A FARIGLIANO	1009	738	0,72	20	936	377	0,40	-49%
TANARO AD ALBA	1033	627	0,59	28	950	312	0,33	-50%
TANARO A MONTECASTELLO	907	481	0,50	28	726	233	0,32	-52%
SCRIVIA A SERRAVALLE	1344	587	0,42	21	1256	526	0,42	-10%
SCRIVIA A GUAZZORA	1027	447	0,42	22	964	240	0,25	-46%
PO A VILLAFRANCA PIEMONTE	1041	787	0,80	13	1111	710	0,64	-10%
PO A TORINO MURAZZI	898	455	0,50	28	902	293	0,32	-36%
PO A SAN SEBASTIANO	962	451	0,45	16	950	278	0,29	-38%
PO A CASALE MONFERRATO	938	421	0,44	14	927	234	0,25	-44%
PO A VALENZA	955	539	0,56	19	939	350	0,37	-35%
PO A ISOLA SANT'ANTONIO	943	520	0,54	25	860	311	0,36	-40%

Come si può notare dalla tabella, i coefficienti di deflusso nel 2023 sono, in generale, molto più bassi dei valori storici di riferimento. Diminuzioni superiori al 80% sono state registrate al sud nei bacini di Bormida, Belbo, mentre in alcuni bacini occidentali, quali Orco e Chiusella, il deficit di deflusso è pari a circa -60%. Al nord la variazione negativa è stata in media di circa -40%. Si evidenzia il deficit fortemente negativo del bacino del Banna e della Bormida pari a -87% e -88%.

Lungo l'asta del Po si sono calcolati coefficienti di deflusso più bassi rispetto ai valori storici di riferimento, con percentuali mediamente costanti dalla sezione di Torino verso valle (circa -40%).

3.1.2 Asta di Po

Per le stazioni dell'asta di Po dotate di un numero significativo di anni recenti di osservazione, si riporta, nei grafici seguenti, una descrizione di maggior dettaglio dell'andamento idrologico in particolare in termini di confronto tra le portate medie mensili e i deflussi cumulati.

A Torino si osservano caratteristiche idrologiche rappresentative di condizioni di deflusso inferiori alla media storica per tutto l'anno, ad eccezione dei mesi di maggio e giugno, con differenze più marcate nei primi quattro mesi dell'anno. Il coefficiente di deflusso risulta il 68% più basso di quello medio storico: 0,32 del 2023 contro 0,50 storico (come si legge Tabella 5).

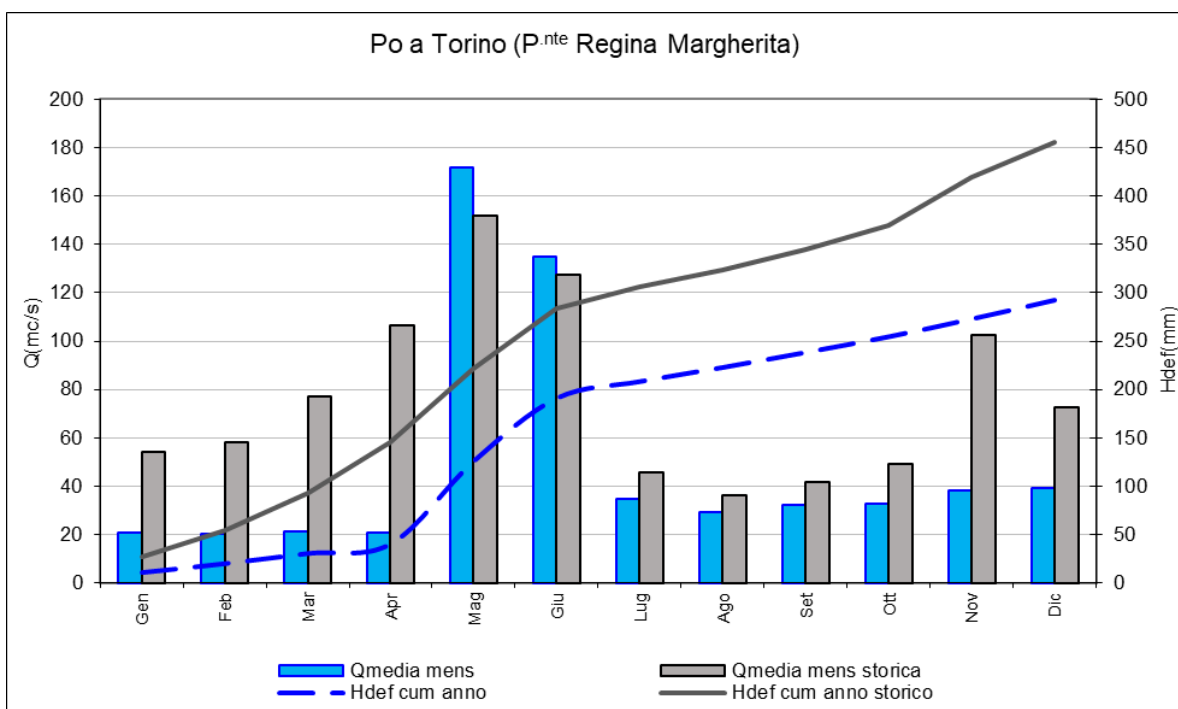


Figura 18. Confronto tra i valori di portata media mensile e deflusso annuo cumulato del 2023 rispetto al periodo storico di riferimento (anni di funzionamento della stazione) per l'idrometro sul Po a Torino.

A San Sebastiano, sezione che chiude il Po a monte della confluenza con la Dora Baltea, si ritrova un andamento idrologico molto simile rispetto al Po a Torino, con deflussi decisamente inferiori per i mesi primaverili ed invernali. Nei mesi di maggio e giugno i deflussi sono stati superiori alla portata media mensile storica, come per la sezione di Torino, mentre nei mesi di agosto e settembre i valori sono stati in linea con il riferimento storico. Anche in questo caso il coefficiente di deflusso è risultato più basso di circa il 38% rispetto al valore medio storico: 0,29 del 2022 contro 0,45 storico (vedi Tabella 5).

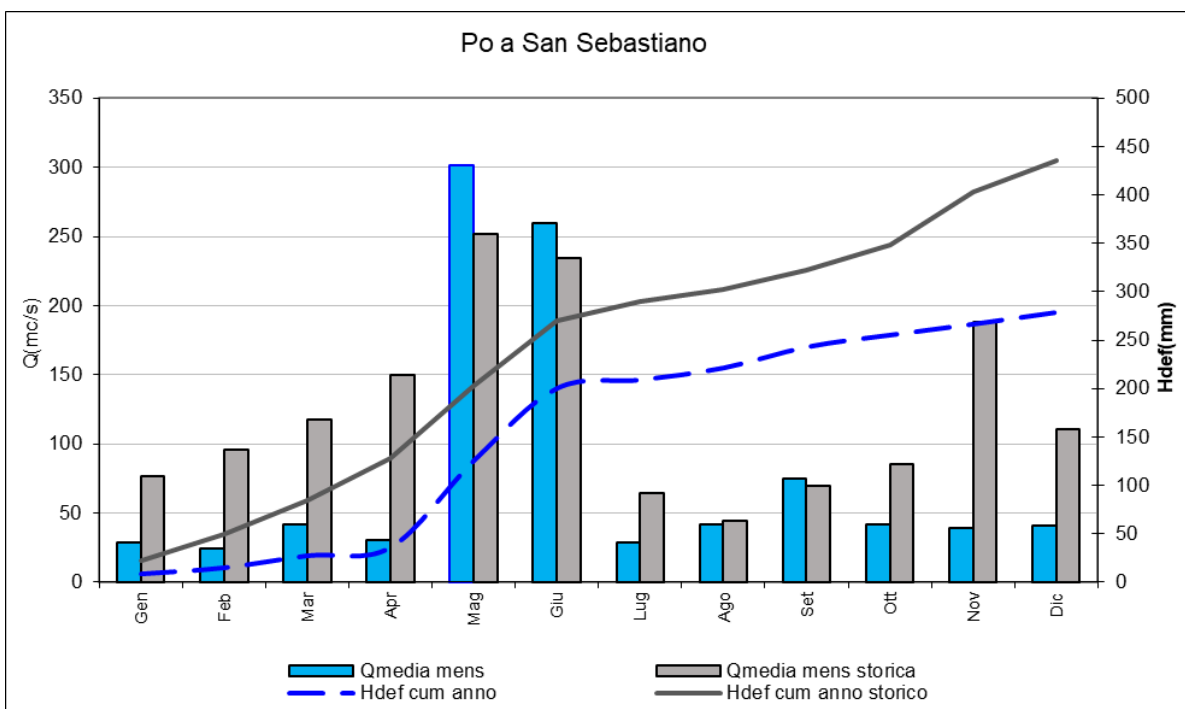


Figura 19. Confronto tra i valori di portata media mensile e deflusso annuo cumulato del 2023 rispetto al periodo storico di riferimento (anni di funzionamento della stazione) per l'idrometro sul Po a San Sebastiano.

Per il Po a Valenza (valle confluenza Sesia) l'andamento idrologico rilevato nel 2023 ha evidenziato deflussi inferiori alla media storica per tutto l'anno, ma con differenze tra deflussi osservati e storici leggermente inferiori rispetto alle altre sezioni. Infatti, il coefficiente di deflusso annuale, pari a 0,37, risulta più basso di circa -35% rispetto al valore medio storico pari a 0,56 (vedi Tabella 5).

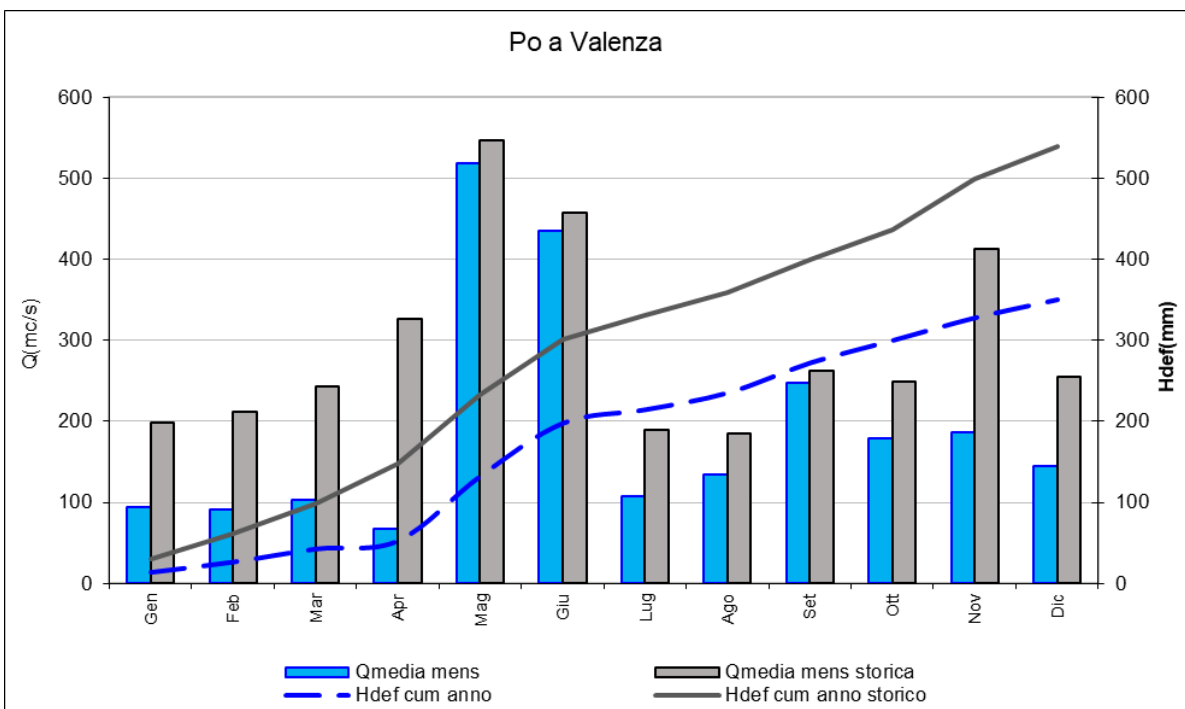


Figura 20. Confronto tra i valori di portata media mensile e deflusso annuo cumulato del 2023 rispetto al periodo storico di riferimento (anni di funzionamento della stazione) per l'idrometro sul Po a Valenza.

Nella sezione di chiusura regionale a Isola Sant' Antonio, si evidenzia un andamento del deflusso su base annuale analogo alla sezione di monte di Valenza, quindi con condizioni di deflusso inferiori alla media storica per tutto l'anno, con differenze maggiori nei primi quattro mesi e a fine anno. Il valore del coefficiente di deflusso annuale risulta più basso di circa -40% rispetto al valore medio storico: 0,36 del 2023 contro 0,54 storico (vedi Tabella 5).

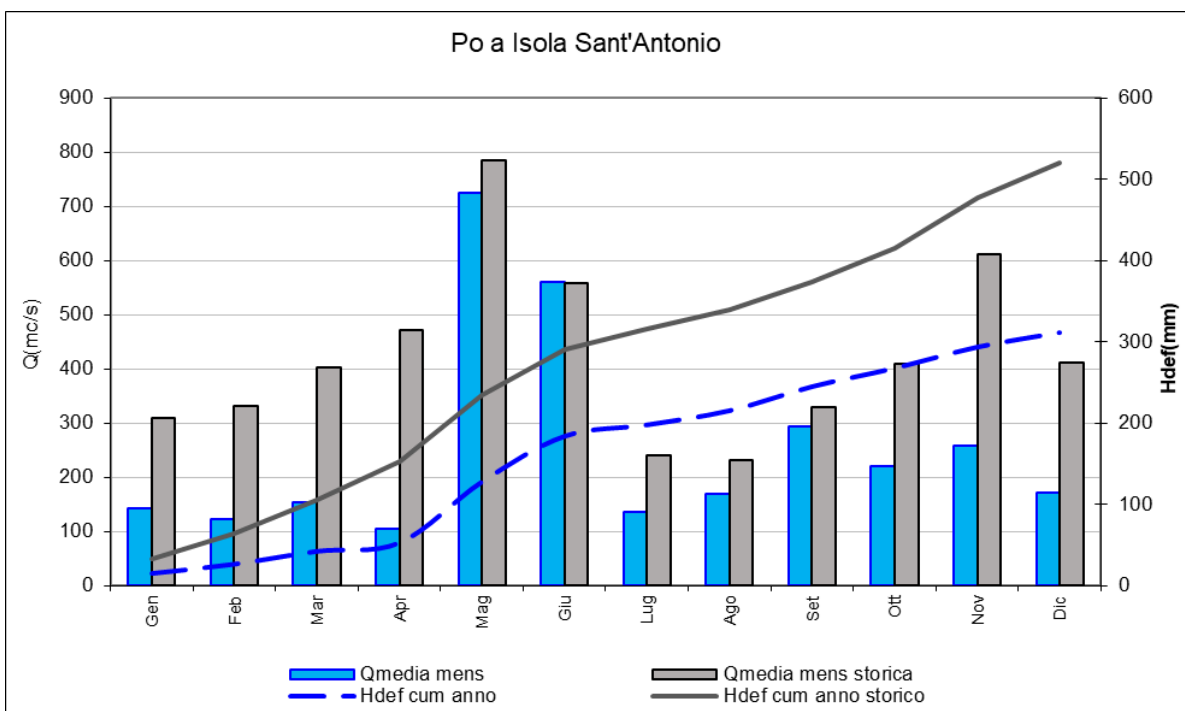


Figura 21. Confronto tra i valori di portata media mensile e deflusso annuo cumulato del 2023 rispetto al periodo storico di riferimento (anni di funzionamento della stazione) per l'idrometro sul Po a Isola Sant'Antonio.

Come ulteriore approfondimento del quadro delle portate più nello specifico del fiume Po, vengono riportate, nella Tabella 6, le portate giornaliere media, minima e massima annuale e i valori della curva di durata delle portate per il 2023 e i valori medi, minimi e massimi delle stesse relativamente al periodo di funzionamento delle stazioni.

Tabella 6 Valori caratteristici delle portate giornaliere e delle curve di durata relativi all'anno 2023 e al periodo di riferimento storico per le sezioni dell'asta di Po più significative.

Stazione Idrometrica	Periodo di riferimento	Q _{MAX} [m ³ /s]	Q _{MED} [m ³ /s]	Q _{MIN} [m ³ /s]	Q ₁₀ [m ³ /s]	Q ₉₁ [m ³ /s]	Q ₁₈₂ [m ³ /s]	Q ₂₇₄ [m ³ /s]	Q ₃₅₅ [m ³ /s]
PO A TORINO	2023	851	50	18	227	40	30	21	19
	Media 1995-2022	746	75	24	234	83	55	41	28
	Min 1995-2022	72	26	12	57	30	24	20	15
	Max 1995-2022	2093	121	39	495	153	101	75	52
PO A SAN SEBASTIANO	2023	1555	79	8	427	58	37	27	12
	Media 2008-2022	1744	128	13	484	146	82	48	21
	Min 2008-2022	165	33	2	93	38	28	23	5
	Max 2008-2022	3880	189	35	773	255	146	94	53
PO A VALENZA	2023	2155	193	43	786	197	136	91	50
	Media 2005-2022	2894	292	71	1005	323	204	148	89
	Min 2005-2022	249	103	12	187	117	103	84	30
	Max 2005-2022	4797	437	133	1680	577	366	274	164
PO A ISOLA SANT'ANTONIO	2023	2771	254	43	998	267	158	124	62
	Media 1998-2022	4160	424	98	1423	477	299	210	121
	Min 1998-2022	473	143	43	286	162	146	110	51
	Max 1998-2022	9780	687	155	2888	781	520	375	179

Risulta quindi evidente come i valori caratteristici di portata sulle stazioni del Po analizzate siano inferiori ai valori medi di riferimento calcolati nel periodo di funzionamento sia per le sezioni più a monte (Torino e San Sebastiano) che per le due più a valle.

3.2 Volumi idrici disponibili

Nel presente paragrafo si effettua un'analisi dei volumi idrici disponibili nel 2023 nel bacino del Po, chiuso alla confluenza con il Ticino a Ponte Becca (PV), stoccati negli invasi artificiali, negli invasi naturali (Lago Maggiore) e come risorsa nevosa (SWE). La conoscenza di tali riserve idriche costituisce un elemento di grande rilevanza ai fini dell'attivazione di eventuali misure di prevenzione, laddove si manifestino andamenti stagionali anomali tali da fare presumere la possibilità dell'insorgere di gravi crisi idriche estive.

La quantificazione della risorsa idrica immagazzinata nel manto nevoso è di fondamentale importanza per la corretta definizione dei processi di formazione delle portate idriche nei corsi d'acqua di origine alpina. Con il termine "Snow Water Equivalent (SWE)" si indica il volume di acqua immagazzinata nel bacino sotto forma di neve e viene espressa in milioni di metri cubi. Per poter stimare i volumi idrici effettivamente immagazzinati sotto forma di neve è stata simulata la dinamica della componente nivale utilizzando il modello idrologico fisico spazialmente distribuito, FEST (Flash flood Event based Spatially distributed rainfall runoff Transformation) operativo presso il Centro Funzionale di Arpa Piemonte. La modellazione considera: l'accumulo della componente nivale, la neve al suolo, la fase di fusione e la propagazione dell'acqua generata all'interno del manto nevoso. I dati dello SWE calcolati sul bacino del Po chiuso a Ponte Becca (PV) a valle della confluenza con il Ticino, sono stati confrontati con i dati storici per il periodo 1999-2022 (Figura 22).

Il volume di acqua immagazzinata sotto forma di neve (Snow Water Equivalent, SWE) nel 2023 è sempre stato inferiore al valore medio storico di riferimento (2007-2022), ad eccezione dei mesi di agosto e ottobre. Nei primi quattro mesi dell'anno l'SWE è risultato mediamente in deficit del -45% rispetto al valore storico. Tale scostamento negativo si è ridotto nel mese di maggio grazie alle abbondanti precipitazioni e alle temperature sotto la media che hanno riportato in alta quota valori di neve al suolo sostanzialmente vicini alla media del periodo, come indicato nel Paragrafo. Le scarse nevicate occorse gli ultimi due mesi dell'anno sono state di scarso rilievo, motivo per cui si osserva un deficit negativo di circa -35%.

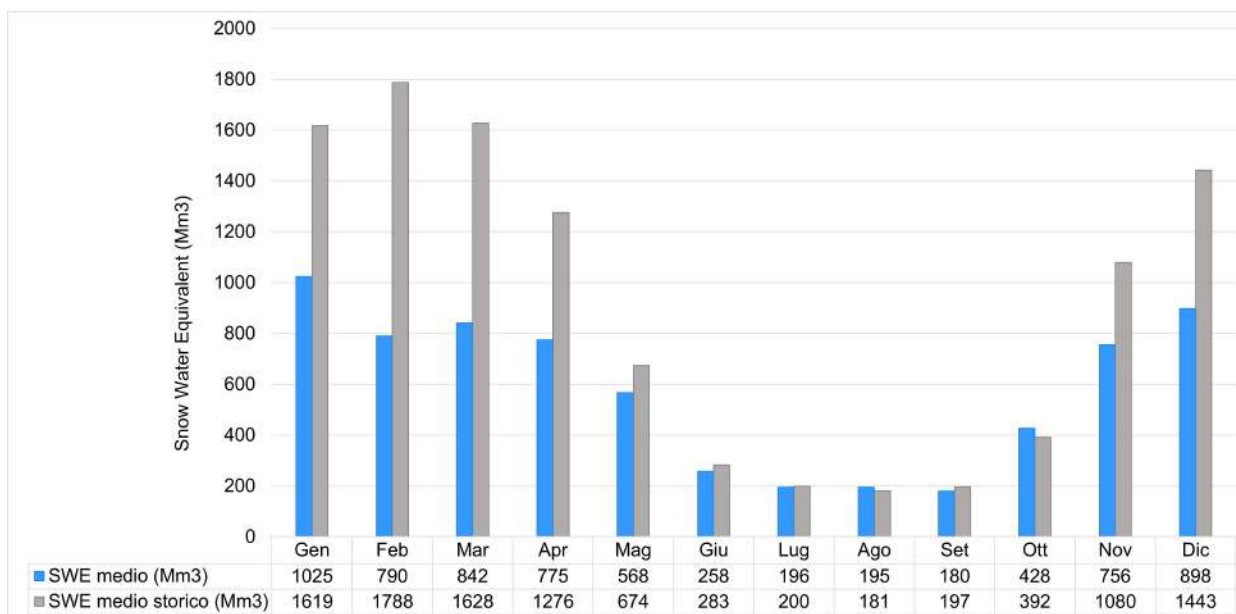


Figura 22. Confronto tra i valori di SWE mensili del 2023 (azzurro) e lo SWE storico 2007-2022 (grigio) per il bacino del Po chiuso alla confluenza con il Ticino a Ponte Becca (PV).

Gli invasi artificiali con capacità massima superiore a 1 milione di metri cubi e gravitanti sul bacino del Po chiuso alla confluenza con il Ticino a Ponte Becca, permettono di accumulare circa 626 milioni di metri cubi massimi, di cui il 70% sono ubicati sul territorio piemontese (principalmente Ossola e Torinese), il 28% in Valle D'Aosta e solamente il 2% in Liguria. La maggior parte dei volumi invasati sono destinati alla produzione di energia, ad eccezione degli invasi della Baraggia vercellese utilizzati per usi potabili e agricoli e quelli ubicati in Liguria destinati prevalentemente all'utilizzo idropotabile della città di Genova.

Nella figura sottostante è riportata l'ubicazione degli invasi presi in considerazione per le analisi successive.

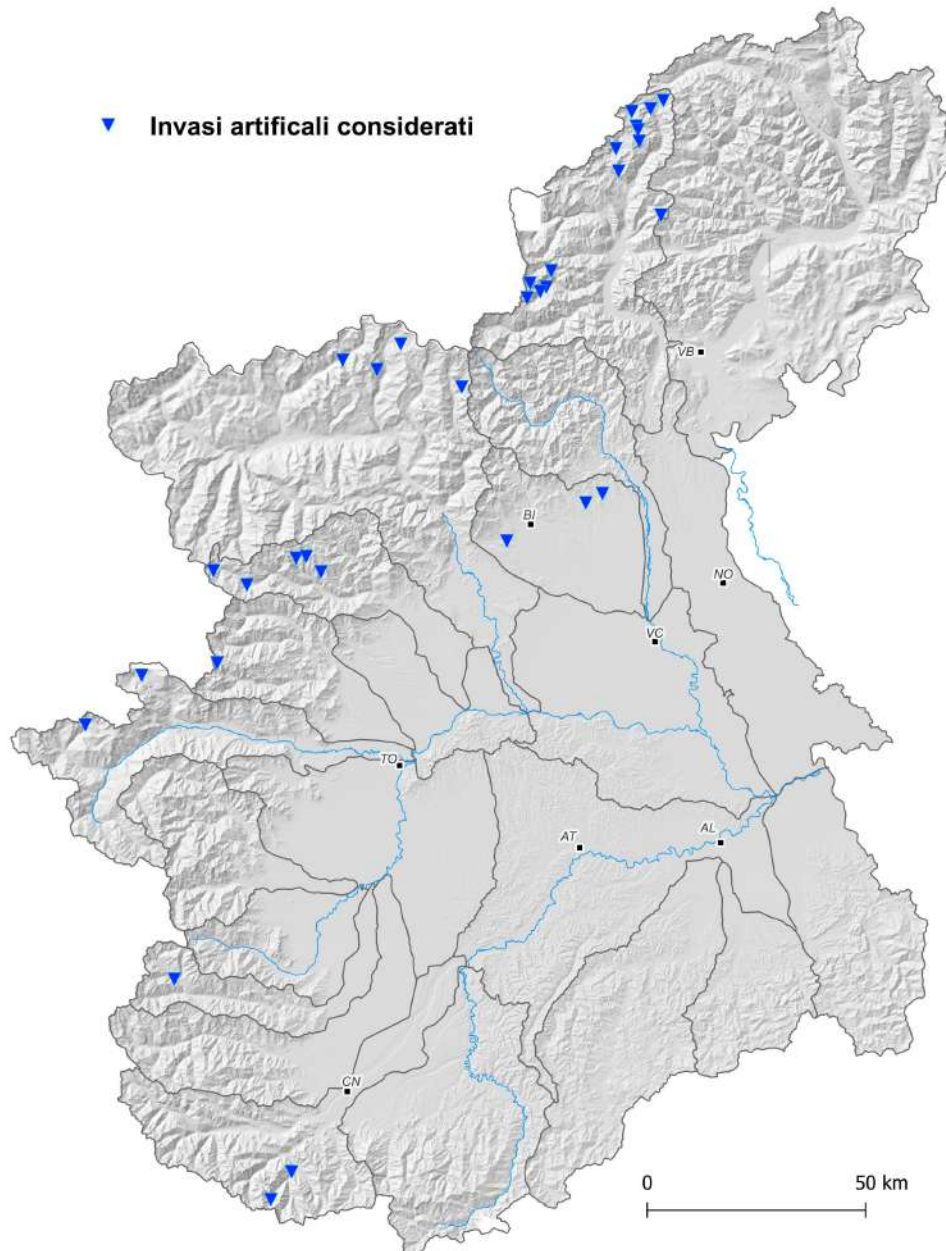


Figura 23. Ubicazione degli invasi artificiali considerati per le analisi sulle risorse idriche disponibili.

Come si può osservare dal grafico successivo, la percentuale di riempimento degli invasi artificiali nei primi quattro mesi dell'anno è risultata inferiore al 30% con conseguenti scarti negativi rispetto al riferimento storico di volume medio invasato. A seguito delle abbondanti precipitazioni occorse nei mesi di maggio e giugno, si osserva un aumento significativo del grado di riempimento degli invasi superiore al 70% comportando un volume invasato superiore al valore medio storico. Nella seconda

metà dell'anno il grado di riempimento si è mantenuto circa costante e intorno al 65-75% con volumi medi invasati inferiori al valore medio storico, ad eccezione dei mesi di novembre e dicembre.

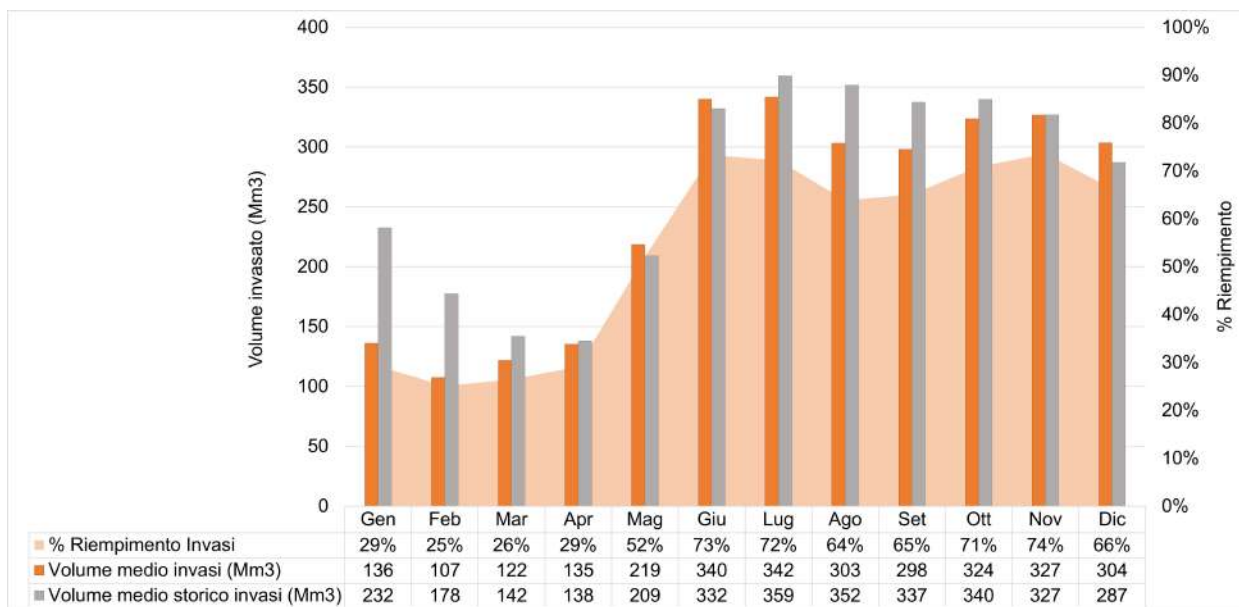


Figura 24. Confronto tra i volumi medi invasati nel 2023 (arancione), i volumi medi invasati tra il 2007 e il 2022 (grigio) e il grado di riempimento degli invasi artificiali considerati.

L'unico invaso naturale che viene considerato nell'analisi dei volumi idrici disponibili è il Lago Maggiore, che, con un'estensione pari a 210 km² e una possibilità massima di invaso pari a 420 milioni di metri cubi, rappresenta un'importante riserva, regolata tramite la traversa della Miorina a Sesto Calende (VA), che viene utilizzata per integrare le portate naturali soddisfacendo le richieste delle utenze.

Come evidenziato per gli invasi artificiali, anche per il Lago Maggiore i primi tre mesi dell'anno hanno registrato volumi d'invaso inferiori al valore medio storico di riferimento, con un grado di riempimento inferiore al 45%. Le precipitazioni di maggio hanno determinato un incremento del volume immagazzinato (superiore al valore medio storico) raggiungendo un riempimento di circa il 90%. Nel mese di giugno e luglio il volume è diminuito fino al 20% a seguito delle scarse precipitazioni e dello sfruttamento della risorsa idrica a scopo irriguo. Le precipitazioni occorse alla fine del mese di agosto hanno comportato un nuovo aumento della risorsa idrica disponibile con valori superiori al valore storico di riferimento e con un grado di riempimento superiore al 75%, valore che si è mantenuto tale fino alla fine dell'anno.

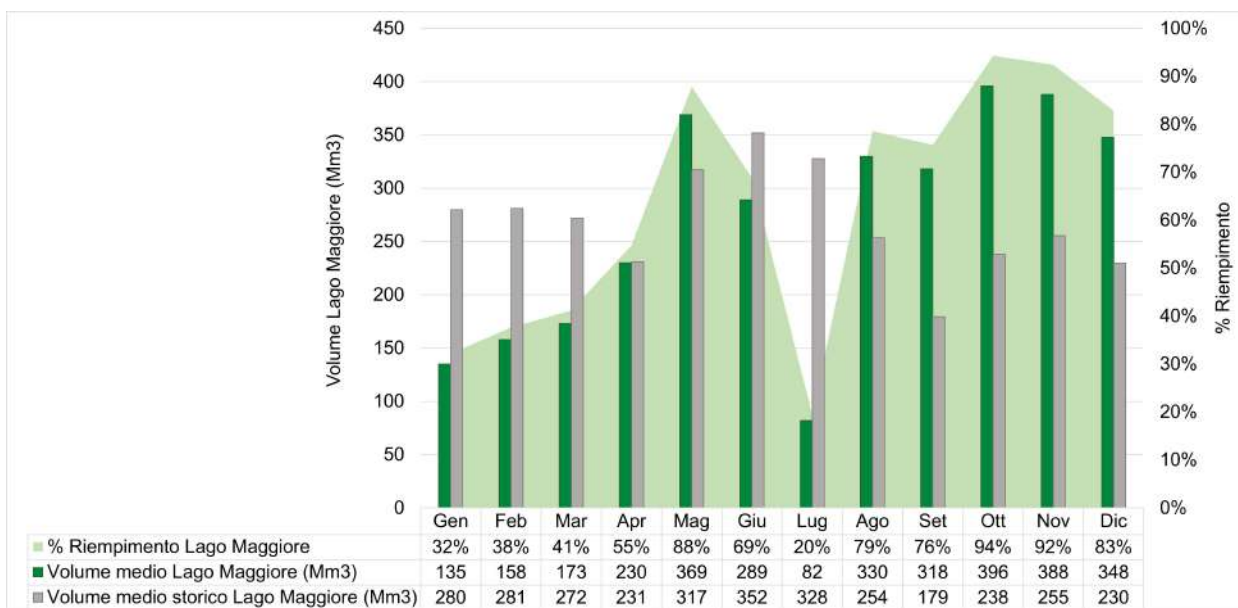


Figura 25. Confronto tra i volumi medi invasati nel 2023 (verde), i volumi medi invasati tra il 2007 e il 2022 (grigio) e il grado di riempimento del Lago Maggiore.

Confrontando complessivamente i volumi idrici disponibili (SWE, invasi artificiali, Lago Maggiore) nel 2023 con il volume complessivo medio storico, come riportato nel grafico sottostante, si osserva che solo nel trimestre agosto-ottobre si sono registrati scarti positivi, ovvero alla fine del mese di riferimento era disponibile un volume superiore a quello che mediamente è disponibile durante il periodo storico assunto. Tale surplus è dovuto agli elevati volumi immagazzinati nel Lago Maggiore. Negli altri mesi dell'anno la risorsa idrica disponibile risulta inferiore al valore medio storico, a causa principalmente dello scarso apporto nevoso (importante deficit di SWE).

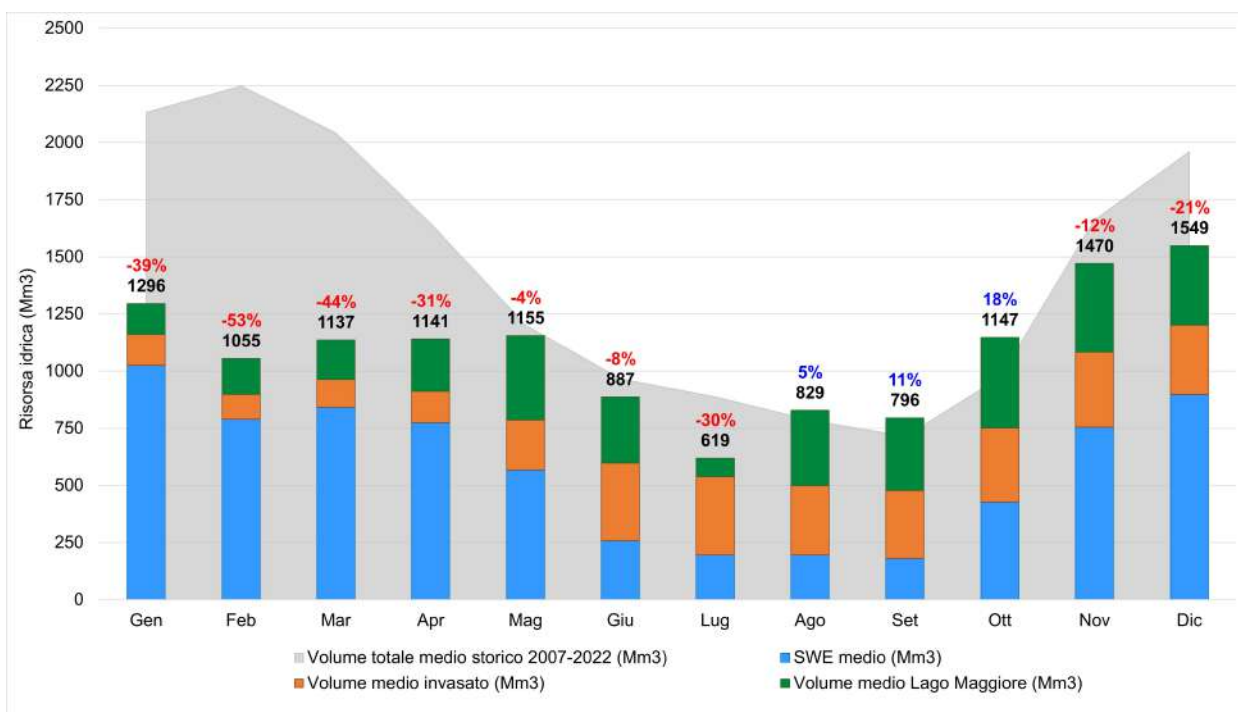


Figura 26. Confronto tra i volumi complessivi immagazzinati nel 2023 (SWE, invasi artificiali e Lago Maggiore) e volume complessivo medio storico (2007-2022).

4 SOGGIACENZA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE

Il livello della falda freatica rappresenta la sommatoria dei fenomeni di ricarica naturale ed eventualmente artificiale (apporti diretti dalle precipitazioni, dalla fusione della neve, alimentazione dalle aree di ricarica, dai corsi d'acqua o dai canali, dall'allagamento delle risaie) e dei prelievi antropici per i diversi usi.

In periodi di siccità, quando anche i corsi d'acqua superficiali sono in condizioni di magra o secca, i prelievi da falda - l'unica risorsa idrica ancora disponibile - tendono ad aumentare, così anche gli effetti negativi sulla falda stessa si amplificano (maggiori prelievi e minore ricarica).

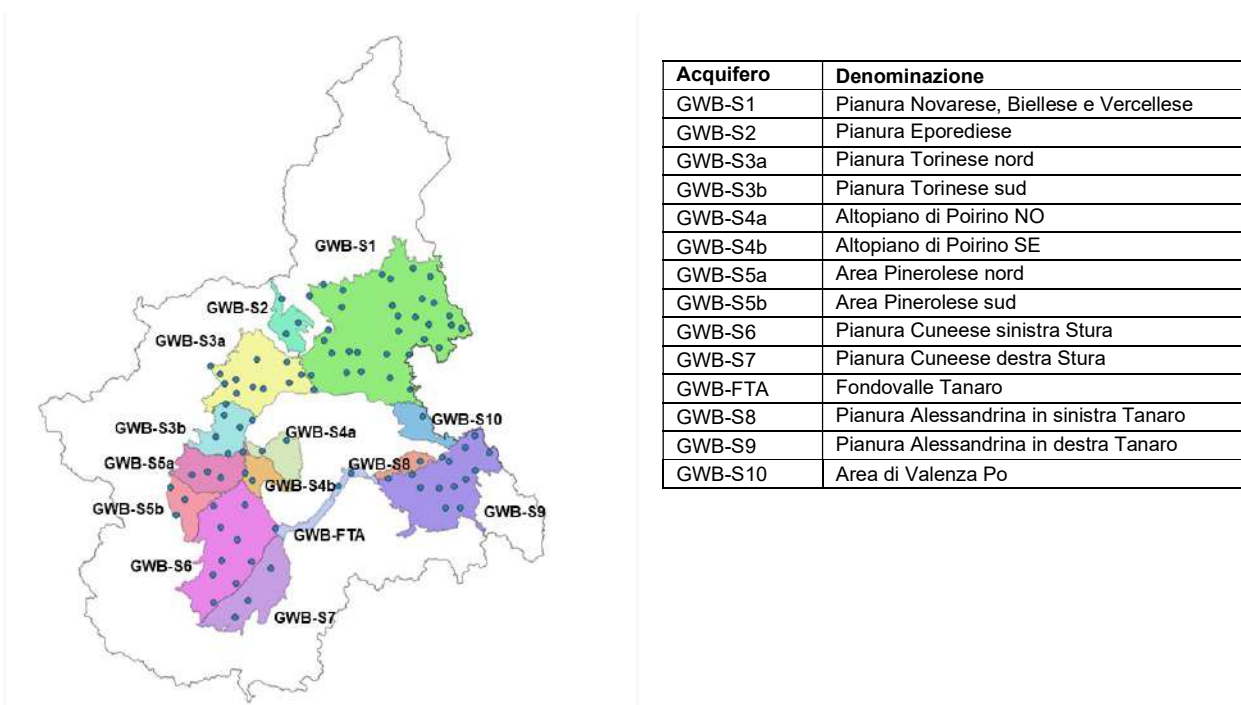


Figura 27. Distribuzione sul territorio regionale dei piezometri con dati disponibili, in relazione con i corpi idrici sotterranei (Ground Water Body - GWB).

4.1 Soggiacenza media mensile e annuale aggregata per GWB

Ogni area idrogeologica è caratterizzata oltre che da peculiari condizioni idrogeologiche, anche da specifiche ricarica e tipologia di sfruttamento della risorsa.

I piezometri ricadenti in un medesimo acquifero che mostrano risposte simili della soggiacenze al variare di precipitazioni e portate dei corsi d'acqua sono stati utilizzati per elaborazioni aggregate a partire dai dati medi mensili e annuali di soggiacenza. L'aggregazione di dati di piezometri confrontabili fornisce un'indicazione sull'andamento della soggiacenza del GWB nel suo insieme.

La seguente analisi mostra l'andamento medio dei valori di soggiacenza misurati dai piezometri della rete di monitoraggio (Figura 28) aggregati per corpo idrico di riferimento, per alcuni GWB. Nei grafici a sinistra viene rappresentato l'andamento medio annuale per il periodo 2005-2023, nei grafici a destra i dati medi mensili del 2023 vengono messi a confronto con la condizione di riferimento corrispondente alla serie storica 2005-2021 (si è scelto di riferirsi alla serie 2005-2021 per escludere il 2022 che è stato fortemente anomalo, in modo da evidenziare le variazioni recenti della soggiacenza dell'acquifero superficiale).

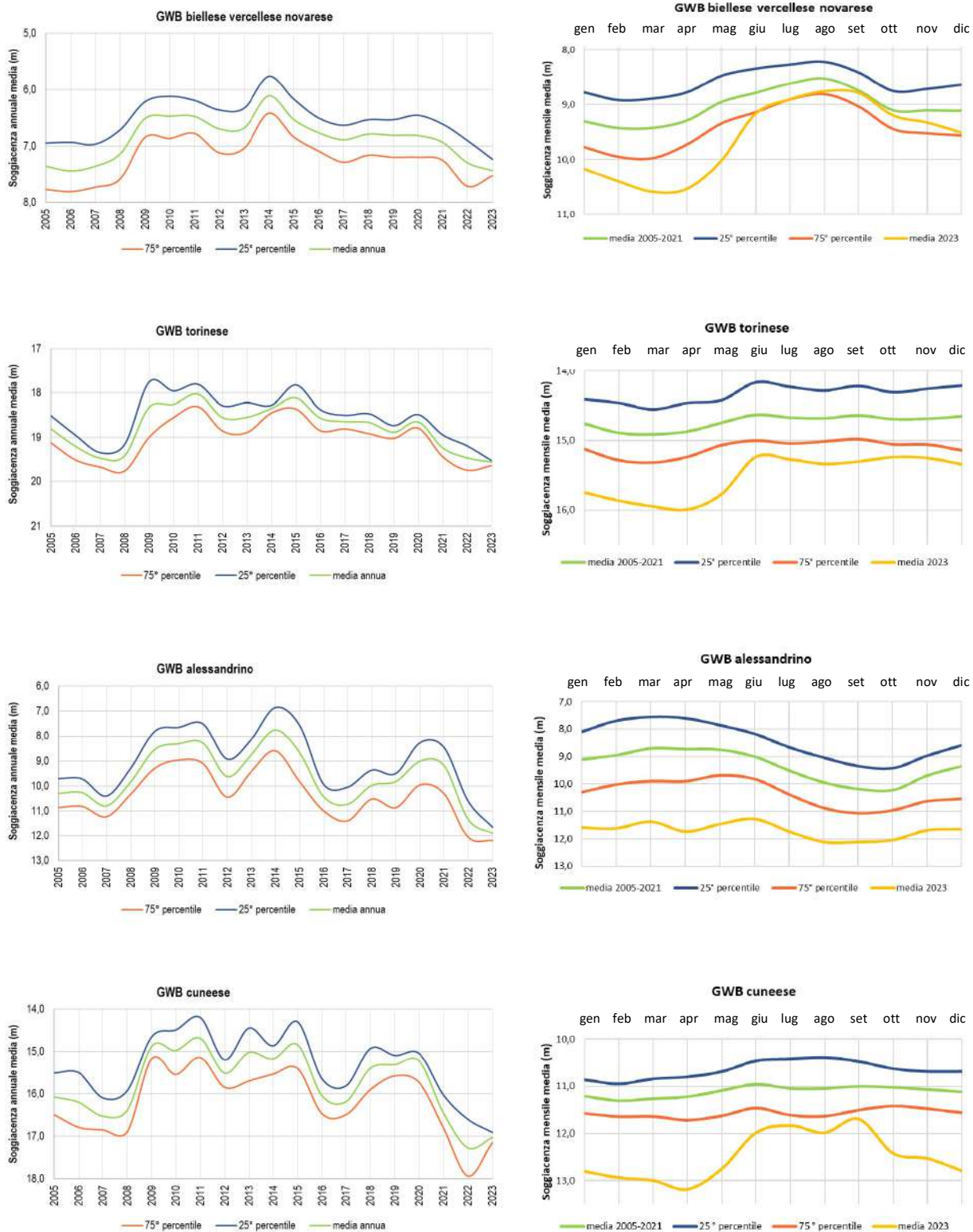


Figura 28 Andamento aggregato per GWB della soggiacenza media annua 2005-2023 (grafici a sinistra) e andamento aggregato per GWB della soggiacenza media mensile del 2023 rapportata a quella della serie 2005-2021 (grafici a destra).

Pianura biellese, vercellese, novarese. Il grafico riferito ai dati mensili evidenzia come nella seconda parte del 2023 i valori medi di soggiacenza siano rientrati nell'intervallo di variabilità della serie di riferimento. Quest'ultima mostra un innalzamento del livello medio della falda superficiale nei periodi tardo primaverile ed estivo a causa degli apporti provenienti dal reticolo superficiale e dai canali irrigui

attraverso l'allagamento delle risaie. Le precipitazioni tardo primaverili-estive del 2023 unitamente all'apporto dell'irrigazione, sono evidentemente state sufficienti a riportare i valori di soggiacenza tra il 75° percentile e la media della serie di riferimento.

Pianura Torinese sud. Le medie mensili della soggiacenza del 2023 risultano sempre maggiore sia della media che del 75° percentile della serie di riferimento 2005-2021.

Pianura alessandrina in destra Tanaro. L'andamento medio mensile del 2023 si è mantenuto ampiamente fuori dall'intervallo di oscillazione della serie di riferimento in tutti i mesi dell'anno, con valori superiori al 75° percentile.

Pianura cuneese. Le medie mensili 2023 sono state maggiori delle medie e del 75° percentile della serie di riferimento durante l'arco di tutto l'anno, ma il livello si è innalzato nei mesi estivi avvicinandosi all'intervallo di variabilità della serie di riferimento.

4.2 Livelli di criticità rispetto ai valori tipici della serie storica

Allo scopo di confrontare le condizioni idrodinamiche attuali con la condizione 'naturale' di riferimento per ciascun piezometro è stata calcolata la fluttuazione del livello della falda nell'anno medio sul lungo periodo.

Le curve, costruite interpolando i valori del 25° e il 75° percentile dei dati mensili di soggiacenza della serie storica di ciascun piezometro, definiscono una fascia di fluttuazione che può essere considerata la naturale oscillazione annua media dell'acquifero in quel dato punto della rete (Figura 30).

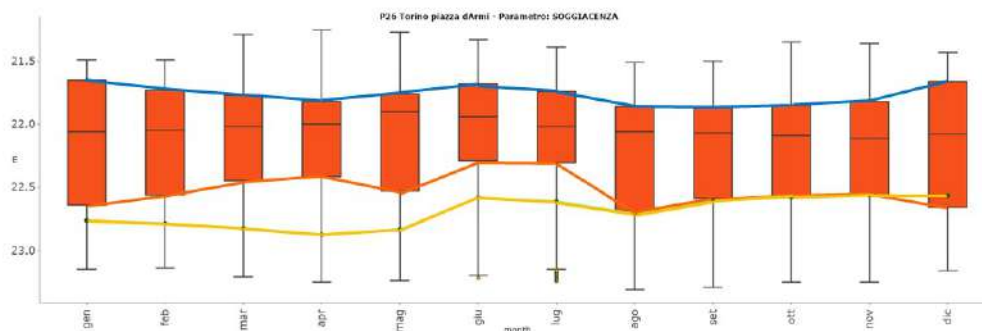


Figura 29 Boxplot della media mensile 2023 (linea gialla) in relazione alla serie storica. Le linee blu e rossa identificano la fascia di fluttuazione dell'acquifero.

Valori della soggiacenza attuale al di sotto della fascia di naturale oscillazione stagionale della falda (superiori al 75° percentile) definita dalla serie storica evidenziano per il corpo idrico sotterraneo una condizione di criticità dal punto di vista dello stato quantitativo come evidenziato nella tabella seguente (Tabella 7).

Tabella 7 Livelli di criticità del 2023 rispetto ai valori tipici della serie storica della soggiacenza, piezometri divisi per GWB.

GWB	Piezometro	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Pianura Novarese, Biellese e Verellese	PII13 Alice Castello												
	PII14 Cavaglià												
	PII21 Mongrando												
	PII23 Biella												
	PII24 Cossato												
	PII35 Novara												
	PII38 Romentino												
	PII51 Suno											nd	nd
	PII26 Gattinara	nd	nd	nd									
Pianura Eporediese	P42 Borgofranco d'Ivrea												
	P44 Strambino												
Pianura Torinese nord	P21 Rivarolo Canavese												
	P3 Chivasso												
	P34 Volpiano												
	P37 Rondissone												
	PZ-SL2 Villanova Canavese												
	PZ-SL6 Caselle Torinese												
Pianura Torinese sud	P26 Torino piazza d'Armi												
	SI2 Torino-Dora Riparia												
Altopiano di Poirino NO (*)	P39 Riva Presso Chieri												
	P40 Cambiano												
Altopiano di Poirino SE	P16 Carmagnola												
Area Pinerolese nord	P7 Virle Piemonte												
Area Pinerolese sud	P45 Bricherasio												
	P8 Barge												
Pianura Cuneese sinistra Stura	P11 Bra												
	P2 Tarantasca												
	P5 Vottignasco												
	P6 Savigliano												
	P9 Scarnafigi												
	T1 Cuneo												
Pianura Cuneese destra Stura	T2 Morozzo												nd
	T3 Beinette												
Fondovalle Tanaro	DEPAT Asti												
	T30 Antignano												
Pianura Alessandrina in sinistra Tanaro	T23 Alessandria (S. Michele)												
	T24 Alessandria (Lobbi)												
Pianura Alessandrina in destra Tanaro	T10 Isola S. Antonio												
	T11 Pontecurone												
	T13 Sale												
	T20 Bosco Marengo												
	T21 Frugarolo												
	T22 Alessandria (Villa del Foro)												

(*) attivi dal 2018-2019

	Maggiore del 75° percentile		Tra il 75° percentile e la mediana		Tra la mediana e il 25° percentile		Minore del 25° percentile
--	-----------------------------	--	------------------------------------	--	------------------------------------	--	---------------------------

4.3 Variazioni stagionali della soggiacenza nel 2023 rispetto alla serie storica, spazializzate per i GWB principali

Per alcune stazioni di monitoraggio più significative sia per la disponibilità di dati completi per il 2023 sia per la loro rappresentatività in relazione all'acquifero di riferimento, sono stati esaminati i dati secondo un'aggregazione trimestrale e spazializzati per ogni GWB per mettere in evidenza le variazioni stagionali del livello delle acque sotterranee.

La (Figura 30) mostra la variazione stagionale della soggiacenza del 2023 rispetto alla fascia di fluttuazione della serie 2005-2023, che mette in risalto i GWB dove il livello freatico ha subito un abbassamento. Nella primavera 2023 la soggiacenza di quasi tutti gli acquiferi freatici si trova al di sotto della fascia di fluttuazione (> 75° percentile), poiché la falda risente ancora della siccità del 2022. In estate, grazie alle precipitazioni primaverili, la soggiacenza diminuisce in molte aree ma restano ancora sofferenti l'alessandrino e la pianura cuneese in sinistra Stura di Demonte. In autunno, in seguito alle precipitazioni di fine agosto e settembre, il livello freatico si mantiene costante in molte aree ma aumenta di nuovo la criticità per l'area Torinese; l'inverno, a causa delle ridotte precipitazioni, mostra un'anomalia in tutti gli acquiferi, con soggiacenza superiore alla media o al 75° percentile.

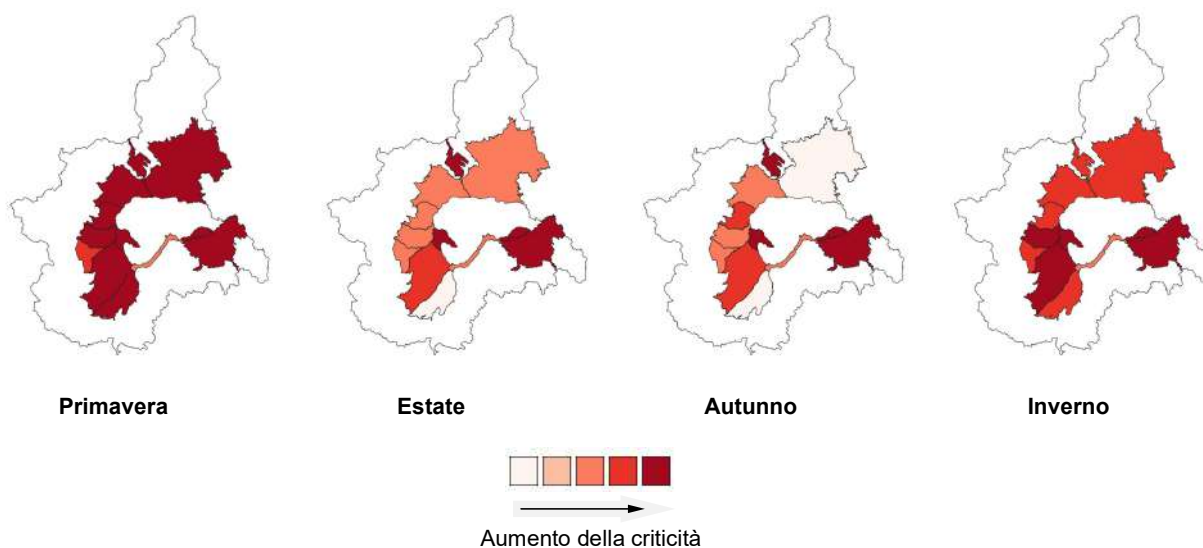


Figura 30 Variazione stagionale della soggiacenza 2023.

4.4 Variazione del livello della superficie piezometrica nel 2023 rispetto all'anno medio storico

Mediante la spazializzazione della differenza, espressa in percentuale, tra la soggiacenza media dell'anno 2023 e quella dell'anno medio ricavato dal periodo 2005-2021, normalizzata rispetto a quest'ultima, si rappresenta lo scostamento e la distribuzione della distanza della falda dal piano campagna nell'ultimo anno (Figura 31). Le aree con abbassamento più vistoso corrispondono alla pianura alessandrina e ad un'area a est di Pinerolo. Tuttavia, a eccezione della porzione settentrionale della regione, dove i valori di soggiacenza sono stazionari rispetto alla media storica, quasi tutte le restanti aree mostrano moderati abbassamenti del livello.

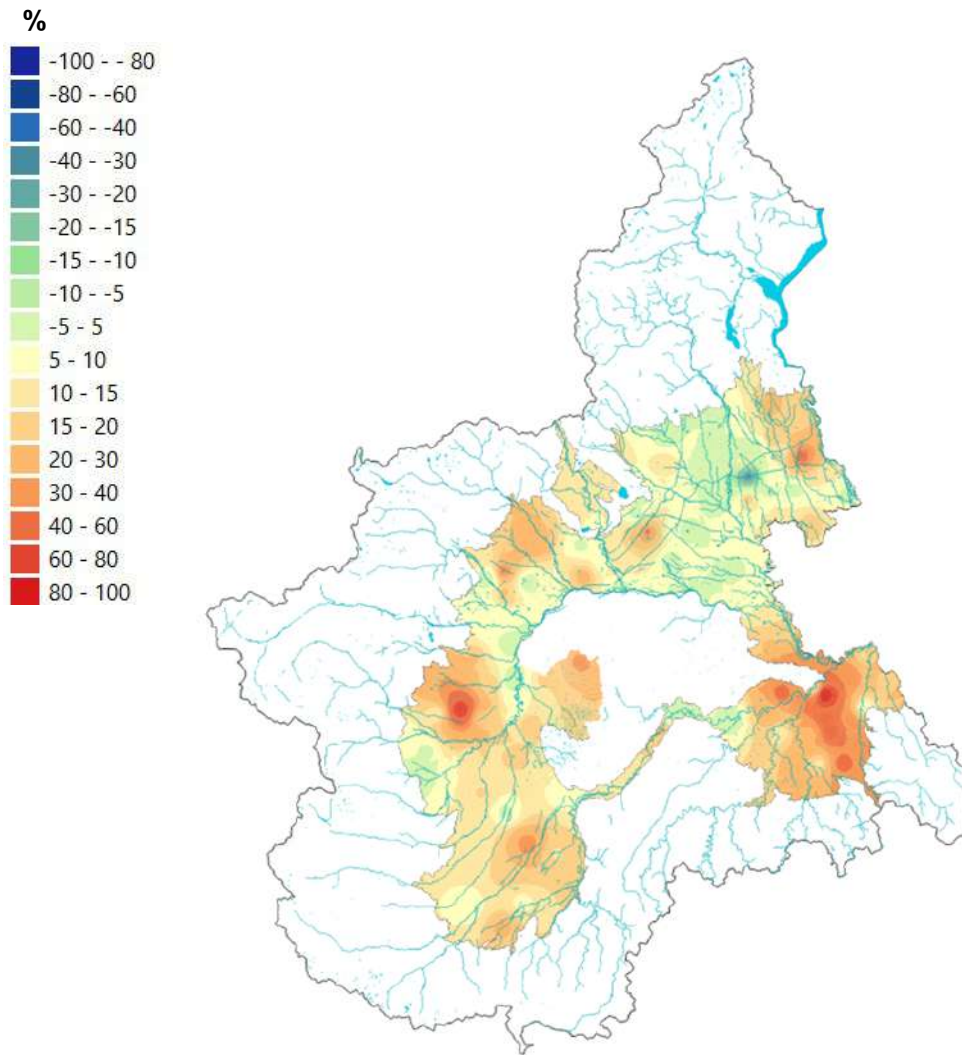


Figura 31 Carta della differenza percentuale tra la soggiacenza media del 2023 e quella dell'anno medio storico ricavato dal periodo 2005-2021

4.5 Trend della soggiacenza nel periodo 2020-2023

Le serie dei dati di soggiacenza disponibili a partire dal 2020 mostrano un trend in aumento. A partire dai dati puntuali di soggiacenza, limitatamente all'intervallo temporale 2020-2023, sono state pertanto calcolate le rette di regressione per ciascuna serie, per ottenere, attraverso la trasformazione della pendenza della retta, le variazioni verticali espresse in m/anno. In (Figura 32) la carta dei trend annui dei livelli piezometrici, mentre la carta (Figura 33) rappresenta la variazione della soggiacenza per GWB calcolata con l'interpolazione dei valori di variazione puntuali attraverso i poligoni di Voronoy e normalizzata rispetto all'area di ogni GWB.

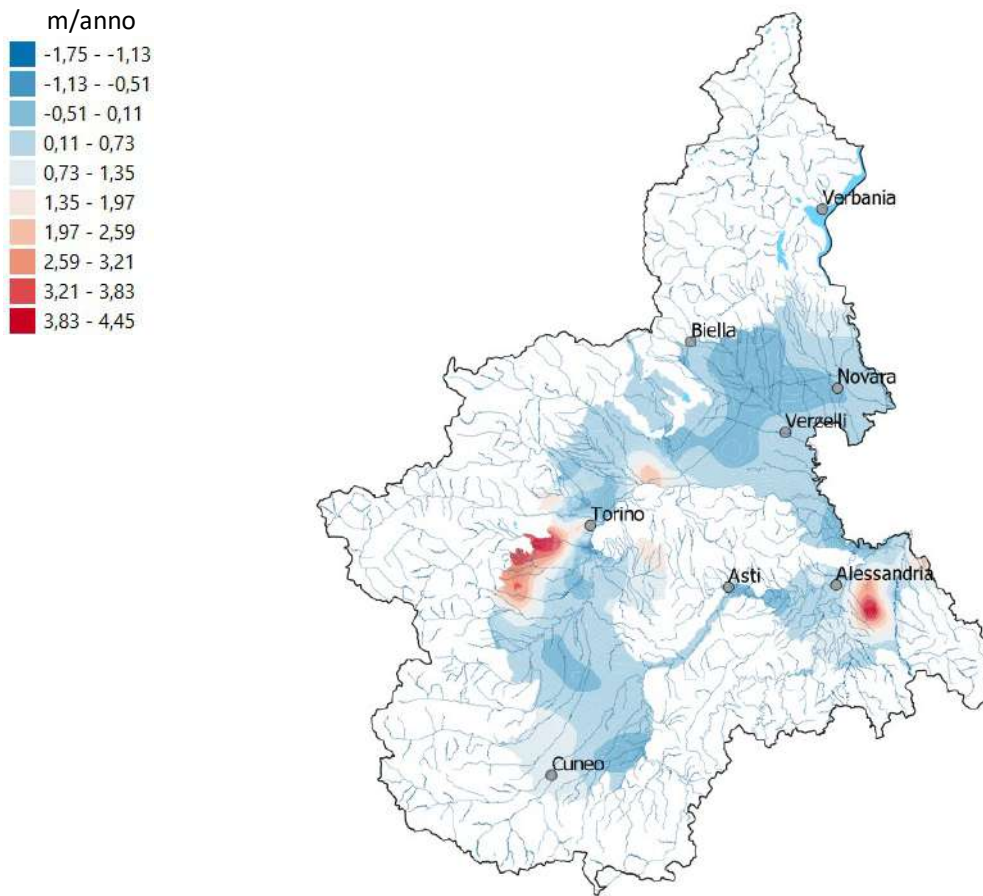


Figura 32 - Carta dei trend annui dei livelli piezometrici nel periodo 2020-2023

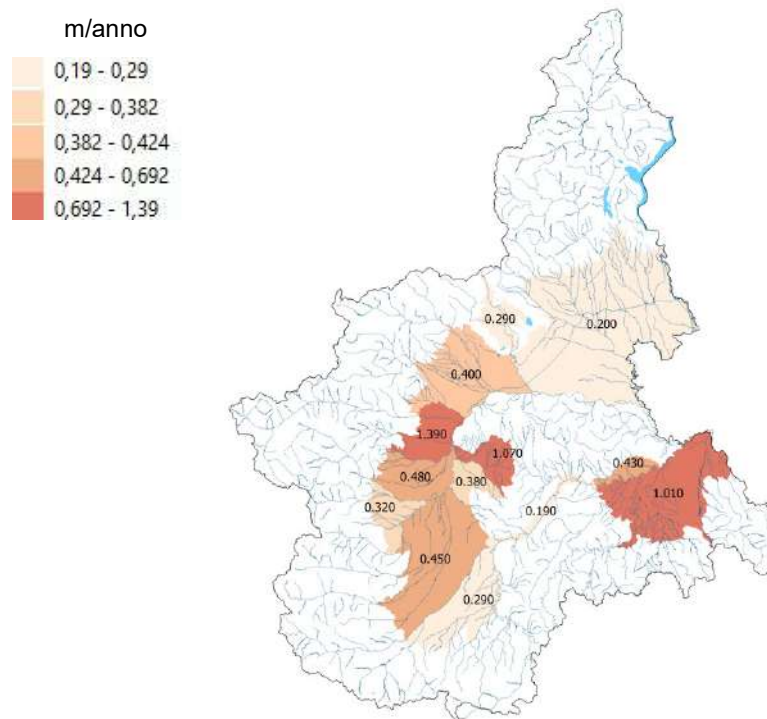


Figura 33 - Trend piezometrico medio normalizzata rispetto all'area dei GWB (m/anno)

5 CONSIDERAZIONI FINALI

Il 2023 è stato un anno leggermente al di sotto della norma come piovosità in Piemonte, con un deficit complessivo di circa il 9%. Le precipitazioni cadute nel corso dell'anno, sulla parte del bacino del fiume Po, chiuso a valle della confluenza con il Ticino, è stata pari a circa 970 mm. Tuttavia, le precipitazioni non sono risultate uniformemente distribuite sulla regione, infatti se da una parte i bacini occidentali chiudono l'anno in leggero surplus pluviometrico, nel settore meridionale si registra un deficit medio sull'anno anche del 40%, mentre le pianure e i settori settentrionali registrano deficit di minore entità.

In riferimento agli apporti nevosi dell'inverno 2022-2023 e l'inizio della stagione invernale 2023-2024, l'arco alpino piemontese ha subito un marcato deficit di risorsa nivale, sia in termini di neviccate cumulate che di spessori di neve al suolo, ad eccezione del mese di maggio che ha visto un deciso cambio di direzione alle quote più elevate (>2500m), dove gli accumuli nevosi hanno superato i valori di riferimento storico per il mese. L'abbondante risorsa nivale in quota a fine primavera ha garantito una data di fusione completa del manto nevoso in quota, sostanzialmente in media, posticipata di circa 30-45 giorni rispetto al 2022.

In termini di siccità meteorologica, l'anno 2023 si è presentato a due facce: se fino ad aprile le scarse precipitazioni hanno portato la regione a condizioni diffuse di siccità moderata e severa con punte estreme nel basso astigiano e cuneese, un mese di maggio molto piovoso ed uno di giugno sopra norma, hanno riportato la situazione ovunque oltre la normalità tanto che, sulla scala dei 3 mesi, il surplus di pioggia osservato a luglio è stato ben al di sopra della norma climatica su ampie porzioni del territorio piemontese (in particolare nel cuneese). La situazione generale di normalità tendente al piovoso, si protratta fino quasi alla fine della stagione autunnale. L'anno, tuttavia, si è chiuso con i mesi di novembre e di dicembre avari di precipitazioni, tanto che quasi tutta la parte più meridionale del Piemonte si è venuta a trovare nuovamente in condizioni di siccità meteorologica moderata su tutte le scale temporali (3, 6 e 12 mesi).

Nel complesso, tuttavia, si è trattato di una annata sostanzialmente nella norma seppur con una alternanza secco/umido disomogenea nel corso dei 12 mesi come testimonia l'alternanza positiva/negativa registrata dagli indici SPEI ed SPI.

Come riscontrato nell'anno precedente, nel 2023 si sono registrati scostamenti negativi di portata rispetto ai valori storici di riferimento, dovuti principalmente alla presenza di diversi periodi asciutti durante l'anno, ad eccezione delle abbondanti precipitazioni di maggio, ma anche derivanti dallo stato pregresso di siccità dei corsi d'acqua individuato nel 2022. Quest'ultimo aspetto è confermato dal fatto che per alcuni bacini del settore occidentale della regione, quali Dora Riparia, Pellice, Malone, Dora Baltea, Varaita e Stura di Demonte, nonostante siano stati registrati afflussi totali annui superiori alla media storica, i deflussi sono stati inferiori alla media di riferimento, determinando perciò scostamenti negativi di portata. Alla sezione di chiusura del bacino del Po piemontese, sezione di Isola S. Antonio (PV), la portata media annua è risultata il 40% più bassa del valore medio storico.

Relativamente ai volumi idrici disponibili (SWE, invasi artificiali, Lago Maggiore) nel 2023 si osservano scostamenti positivi, rispetto alla disponibilità media sul periodo storico assunto, solo nel trimestre agosto-ottobre, grazie agli elevati volumi immagazzinati nel Lago Maggiore. Negli altri mesi dell'anno la risorsa idrica disponibile risulta inferiore al valore medio storico, a causa principalmente dello scarso apporto nevoso (importante deficit di SWE).

Per quanto riguarda le acque sotterranee, nel 2023 il livello della falda superficiale, che a partire dal 2020 manifesta un trend in abbassamento quasi ubiquitario, non rientra nell'intervallo dei valori storici se non nel periodo tardo primaverile-estivo e solo in alcune aree ricadenti nelle pianure novarese, biellese e vercellese, torinese settentrionale e cuneese in destra Stura di Demonte, pertanto nel 2023 la situazione dal punto di vista della disponibilità della risorsa, è risultata ancora critica.

6 APPROFONDIMENTI

[Il clima in Piemonte 2023](#)

[Rendiconto Nivometrico in Piemonte. Stagione 2022-2023](#)

[Rapporto evento 19-21 Maggio 2023](#)

[Rapporto evento temporalesco 24-25 luglio 2023](#)

[Precipitazioni intense 24-28 agosto 2023](#)

[Precipitazioni intense 19-21 ottobre 2023](#)