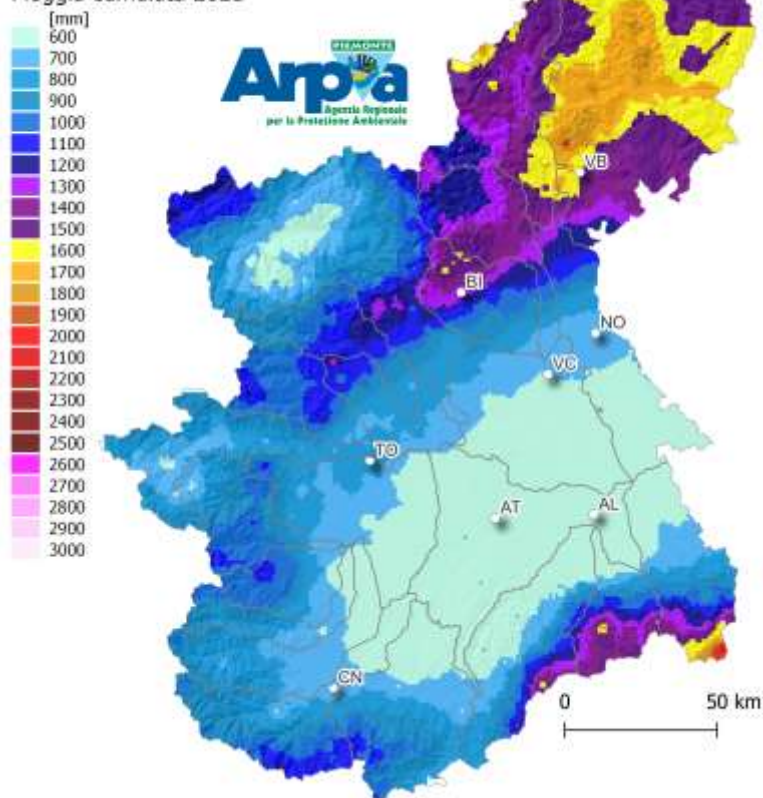


Pioggia cumulata 2021



L'idrologia in Piemonte

2021

Il 2021 è stato un anno al di sotto della norma come piovosità in Piemonte, con un deficit complessivo di circa il 20%. 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 950 mm.

Ad incidere maggiormente sul deficit osservato sono stati i quasi 60 giorni senza piogge significative registrati tra la prima decade di febbraio e la prima decade di aprile e un mese di ottobre molto secco fatto salvo il circoscritto episodio alluvionale sul bacino dell'Orba.

Il 2021 può essere considerato un anno sotto la media anche per quanto riguarda i deflussi; si sono, infatti, registrati scostamenti negativi rispetto ai valori storici di riferimento, poiché sono mancati eventi significativi nei mesi storicamente più piovosi, ad eccezione di novembre, e sono stati diversi i periodi asciutti sia in primavera che in autunno. Per tutti i corsi d'acqua analizzati la portata media annua risulta inferiore a quella storica di riferimento; nella sezione del Po in chiusura del bacino piemontese la portata media annua è stata il 33% più bassa del valore medio storico.

Arpa Piemonte
 Dipartimento Rischi Naturali e
 Ambientali

Torino, maggio 2022

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

Autori:

Mariella Graziadei, Alessio Salandin

Struttura Semplice Idrologia e Qualità delle Acque

Christian Ronchi

Struttura Semplice Meteorologia, Clima e Qualità dell'Aria

Mattia Faletto, Erika Solero

Struttura Semplice Monitoraggio e Studi Geologici

Coordinamento e revisione:

Secondo Barbero

Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	PRECIPITAZIONI.....	4
	2.1 Piogge osservate.....	4
	2.2 Indice meteorologico di siccità.....	10
	2.3 Confronto climatologico	14
	2. 4 Neve.....	16
3	PORTATE	20
	3.1 Deflussi superficiali osservati	20
	3.2 Bilanci idrologici.....	24
	3.3 Asta di Po.....	26
4	CONSIDERAZIONI FINALI	29
5	APPROFONDIMENTI.....	30

1 INTRODUZIONE

Il presente rapporto contiene il quadro complessivo della situazione idrica relativa all'anno 2021 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.

2 PRECIPITAZIONI

2.1 Piogge osservate

Il 2021 in Piemonte è risultato un anno con piogge totali leggermente sotto la media; la distribuzione sui 12 mesi è risultata disomogenea, con mesi molto asciutti (febbraio, marzo e dicembre) e altri molto piovosi (luglio e novembre). Le precipitazioni cadute nel corso dell'anno sull'intero bacino del fiume Po, chiuso a valle della confluenza con il Ticino, sono state pari a circa 865 mm: tale dato è inferiore del 11% rispetto al valore storico di riferimento.

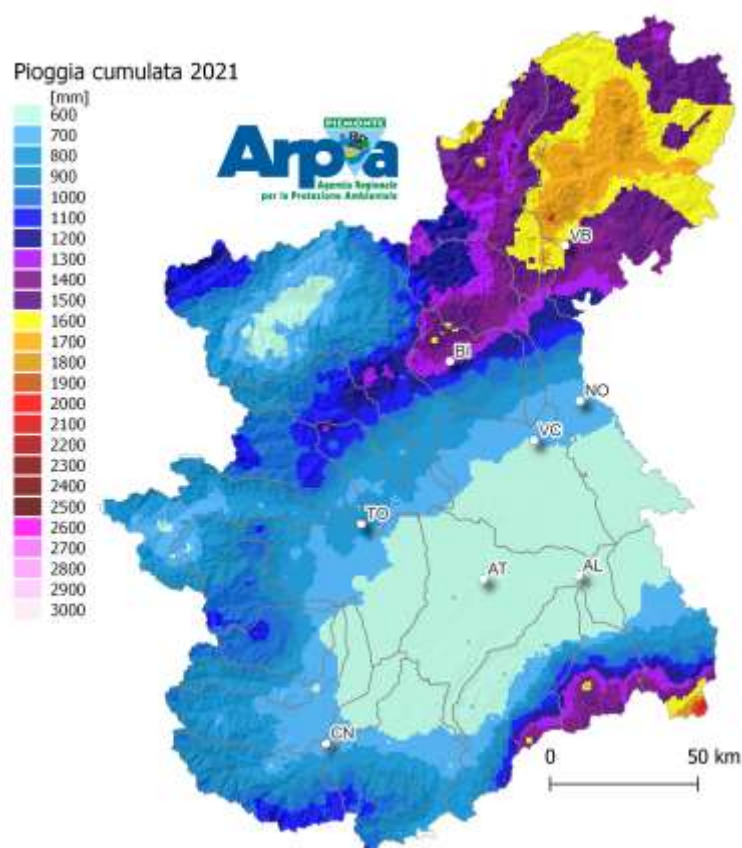


Figura 1. Pioggia cumulata nell'anno 2021

Le precipitazioni medie mensili osservate in Piemonte sono state confrontate con quelle relative al periodo 1961-1990, 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

Il 2021 è cominciato con un mese di gennaio piovoso in cui sono state registrate precipitazioni sopra la media di circa il 50%, soprattutto grazie ai contributi nella parte settentrionale e meridionale della regione: i bacini di Toce, Sesia, Orba e Scrivia han totalizzato più di 120 mm ciascuno.

I successivi 2 mesi, febbraio e marzo, sono risultati tra i più secchi dell'anno: è stato infatti registrato un prolungato periodo di scarsità di precipitazioni a partire dall'8 febbraio; in questo mese complessivamente sono stati registrati solamente 32 mm di pioggia su tutto il bacino del Po piemontese, mentre a marzo gli afflussi sono stati di circa 8 mm. Il deficit è stato rispettivamente del 56% e 91% rendendo il mese di marzo 2021 il quarto più secco dal 1950; la pioggia cumulata media dall'inizio dell'anno è risultata tuttavia in linea con la norma, grazie alle precipitazioni abbondanti osservate a gennaio.

Il mese di aprile è stato caratterizzato da precipitazioni ancora sotto la media di circa il 40%, con circa 60 mm medi sul bacino piemontese del Po; i contributi maggiori sono stati registrati sui bacini meridionali della regione al confine con la Liguria.

Dopo 3 mesi con precipitazioni sotto le medie nei mesi di maggio e giugno si sono verificate condizioni più piovose, con valori di precipitazioni sostanzialmente nella media: a maggio sono stati registrati circa 115 mm mentre a giugno circa 70 mm.

Nel mese di luglio si sono verificate condizioni di piovosità complessivamente ben sopra la media (circa 130 mm medi), risultando il secondo mese più piovoso dell'anno dopo novembre; il surplus idrico mensile è stato superiore al 100% grazie soprattutto alle precipitazioni abbondanti che si sono concentrate nel nord Piemonte: nel solo bacino del Toce sono stati registrati oltre 280 mm di pioggia. Nei bacini meridionali invece gli afflussi sono stati più esigui, infatti gli indici di siccità, in particolare l'SPI a 6 mesi (da febbraio a luglio), ha evidenziato valori di siccità più che moderata.

Nel mese di agosto gli afflussi sono stati piuttosto contenuti con un deficit medio sull'intero bacino del Po chiuso alla confluenza con Ticino di circa il 50%; le precipitazioni sono state molto scarse nei bacini meridionali, la cui condizione di siccità sul medio-lungo periodo è andata ad accentuarsi in modo più consistente.

I successivi mesi di settembre e ottobre hanno registrato afflussi sostanzialmente in media: con circa 60 e 90 mm rispettivamente sono stati registrati deficit contenuti, nell'ordine di circa il 10-15%. Da segnalare le importanti precipitazioni registrate nel bacino dell'Orba durante le giornate del 3-5 ottobre: l'intensità e la persistenza del fenomeno, alimentato da una forte umidità proveniente sia dal mare sia dalle correnti di libeccio in quota, ha originato quantitativi di piogge cumulate eccezionali su differenti scale temporali tra 3 e 24 ore determinando una piena fluviale da record sul torrente Orba.

Nel mese di novembre, il più piovoso del 2021, sono state registrati valori di pioggia di circa il 50% in più rispetto la norma; le precipitazioni che hanno interessato prevalentemente i bacini idrografici del cuneese hanno superato i 200 mm. Gli afflussi abbondanti hanno determinato un ritorno a condizioni idrologiche di normalità, evidente dall'analisi degli indici di siccità SPI sia sul breve che lungo periodo (3, 6, 12 mesi).

L'anno 2021 si è poi concluso con il mese di dicembre con afflussi medi piuttosto scarsi, pari a circa 22 mm, concentrati prevalentemente nei settori occidentali della regione, segnando un deficit complessivo di circa il 65%. La giornata più piovosa è risultata essere l'8 dicembre in cui sono state registrate sulle Alpi piemontesi le prime nevicate significative della stagione.

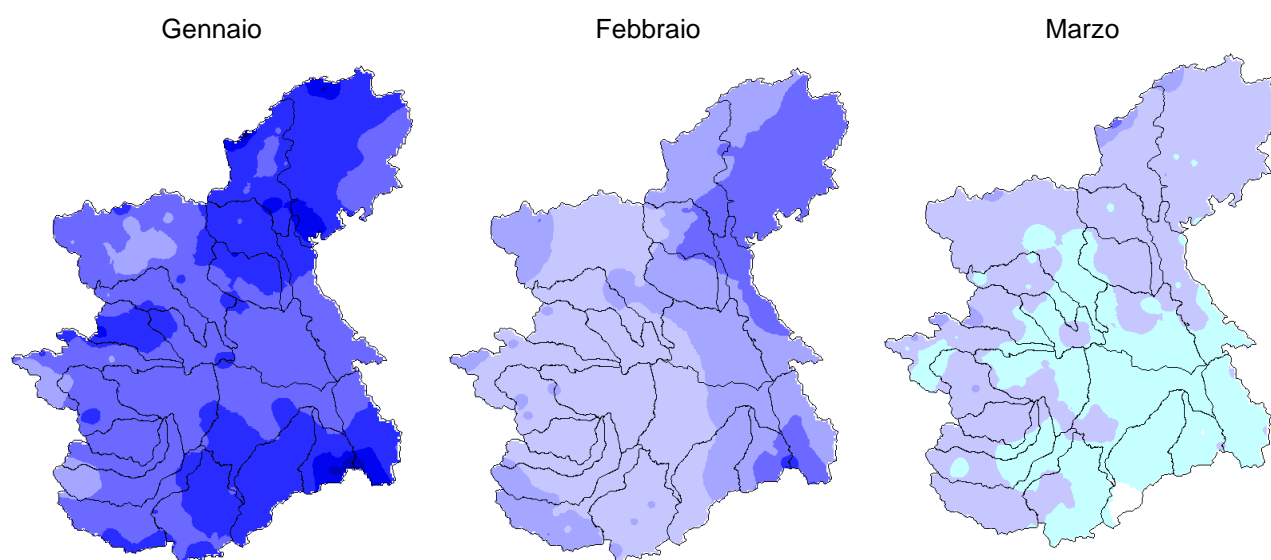
In tabella 1 vengono riportati i dati e le statistiche della pioggia media mensile espressa in mm e relativa ai principali bacini idrografici regionali (figura 2).

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: 1960 – 1990.

Bacino	Area [Km ²]	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOTALE
ALTO PO	717	74,0	18,8	11,9	71,8	110,5	99,1	59,5	37,2	42,8	40,2	229,7	9,5	805,0
		67%	-68%	-85%	-33%	-11%	-1%	18%	-52%	-37%	-57%	241%	-78%	-12%
PELLICE	975	82,4	20,4	12,4	80,4	96,4	79,1	71,3	28,2	45,0	80,1	209,7	16,5	822,0
		61%	-65%	-84%	-27%	-25%	-13%	56%	-58%	-36%	-20%	205%	-63%	-10%
VARAITA	601	66,4	18,6	8,7	64,5	98,0	88,9	60,8	20,8	41,3	31,4	194,9	10,5	704,7
		53%	-65%	-88%	-33%	-9%	4%	35%	-68%	-33%	-62%	203%	-76%	-14%
MAIRA	1214	62,3	20,8	5,4	62,9	97,2	75,1	55,0	17,0	38,0	29,1	171,3	14,6	648,6
		25%	-65%	-93%	-37%	-10%	-9%	30%	-73%	-39%	-67%	135%	-71%	-16%
RESIDUO PO CONFLUENZA DORA RIPARIA	1778	82,3	14,8	4,1	49,5	70,6	74,5	91,7	16,2	28,3	41,0	135,5	8,8	617,3
		108%	-71%	-94%	-45%	-33%	-8%	117%	-74%	-49%	-49%	120%	-77%	-20%
DORA RIPARIA	1337	67,7	18,1	9,4	54,1	94,8	75,6	69,2	25,0	57,7	71,8	126,0	32,2	701,5
		31%	-67%	-85%	-39%	-7%	1%	47%	-60%	-9%	-18%	88%	-33%	-14%
STURA DI LANZO	886	106,1	19,7	11,9	83,8	130,0	129,2	79,8	29,3	55,5	103,3	158,2	24,1	930,9
		122%	-69%	-86%	-34%	-11%	25%	22%	-65%	-31%	-10%	114%	-50%	-10%

Bacino	Area [Km ²]	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOTALE
ORCO	913	75,1	19,2	5,7	52,4	168,4	111,3	122,5	39,0	55,1	107,4	128,5	26,1	910,7
		64%	-69%	-93%	-56%	19%	7%	79%	-55%	-31%	-3%	66%	-40%	-11%
RESIDUO PO CONFLUENZA DORA BALTEA	781	92,0	19,6	4,9	56,6	105,4	102,6	104,5	26,1	60,8	67,2	126,2	12,9	778,6
		125%	-64%	-93%	-46%	-12%	13%	89%	-63%	-7%	-25%	87%	-67%	-10%
DORA BALTEA	3939	67,0	21,4	11,3	33,9	135,9	79,4	131,6	48,6	60,3	66,4	70,0	56,8	782,5
		38%	-61%	-83%	-60%	42%	11%	129%	-30%	4%	-23%	-3%	17%	-4%
CERVO	1019	109,8	35,4	7,0	50,5	139,3	104,4	202,1	36,4	99,3	120,5	138,2	12,3	1055,1
		98%	-51%	-93%	-63%	-14%	-20%	129%	-66%	0%	-3%	39%	-75%	-14%
SESIA	1132	121,4	42,1	10,7	47,2	191,1	101,9	182,7	46,4	95,2	144,1	158,1	17,0	1157,9
		107%	-46%	-89%	-68%	8%	-24%	99%	-59%	-5%	12%	55%	-67%	-10%
RESIDUO PO CONFLUENZA TANARO	2021	89,5	28,6	3,4	40,4	56,9	35,5	91,3	12,9	30,6	58,1	101,5	12,9	561,5
		99%	-52%	-95%	-50%	-39%	-48%	101%	-80%	-47%	-29%	38%	-68%	-28%
STURA DEMONTE	1472	86,1	28,6	8,6	88,0	123,8	60,9	53,6	19,1	50,9	34,9	200,1	25,9	780,4
		37%	-61%	-91%	-24%	3%	-29%	11%	-73%	-31%	-68%	109%	-59%	-23%
TANARO	1812	108,8	17,9	3,6	73,9	85,1	46,8	40,5	15,2	37,0	31,5	211,3	18,5	689,9
		87%	-76%	-96%	-29%	-27%	-50%	-29%	-81%	-47%	-69%	129%	-70%	-31%
BORMIDA	1733	116,5	23,7	0,6	67,1	58,4	14,7	50,3	4,9	28,3	164,0	157,7	15,3	701,3
		117%	-66%	-99%	-17%	-30%	-72%	42%	-92%	-49%	67%	86%	-71%	-13%
ORBA	776	144,4	49,3	0,8	95,8	70,1	4,4	75,2	7,3	50,7	328,3	143,4	31,7	1001,3
		104%	-42%	-99%	12%	-12%	-90%	160%	-87%	-26%	177%	34%	-54%	9%
ASTA TANARO	2403	97,7	20,1	2,2	42,5	42,2	34,3	62,8	8,1	23,9	41,8	99,9	13,6	489,1
		106%	-66%	-97%	-42%	-47%	-37%	84%	-85%	-51%	-48%	42%	-69%	-32%
SCRIVIA - CURONE	1364	125,9	51,8	1,7	82,4	76,2	24,3	59,9	8,8	78,5	113,9	150,1	33,3	806,8
		57%	-34%	-98%	1%	-1%	-54%	58%	-87%	9%	-1%	31%	-57%	-15%
AGOGNA - TERDOPPIO	1598	97,0	51,0	7,4	49,6	71,8	31,8	91,0	19,8	54,5	85,3	119,3	14,6	692,9
		86%	-23%	-91%	-52%	-39%	-65%	44%	-76%	-31%	-16%	31%	-68%	-29%
TOCE	1784	121,2	41,1	16,6	49,9	235,8	146,1	285,4	49,3	83,5	167,7	123,7	25,2	1345,4
		95%	-47%	-82%	-64%	44%	22%	219%	-55%	-14%	27%	19%	-55%	8%
Po a Ponte Becca (PV)	37874	96,9	32,7	7,3	58,6	115,7	70,6	130,3	36,3	63,2	94,4	137,0	22,1	865,2
		52%	-54%	-91%	-40%	12%	-10%	129%	-52%	-13%	-14%	45%	-66%	-11%

Dall'analisi dei dati in tabella 1 si evince come su tutti i bacini si siano registrati surplus di precipitazione. Nella figura 3 vengono mostrate le mappe di precipitazione mensile.



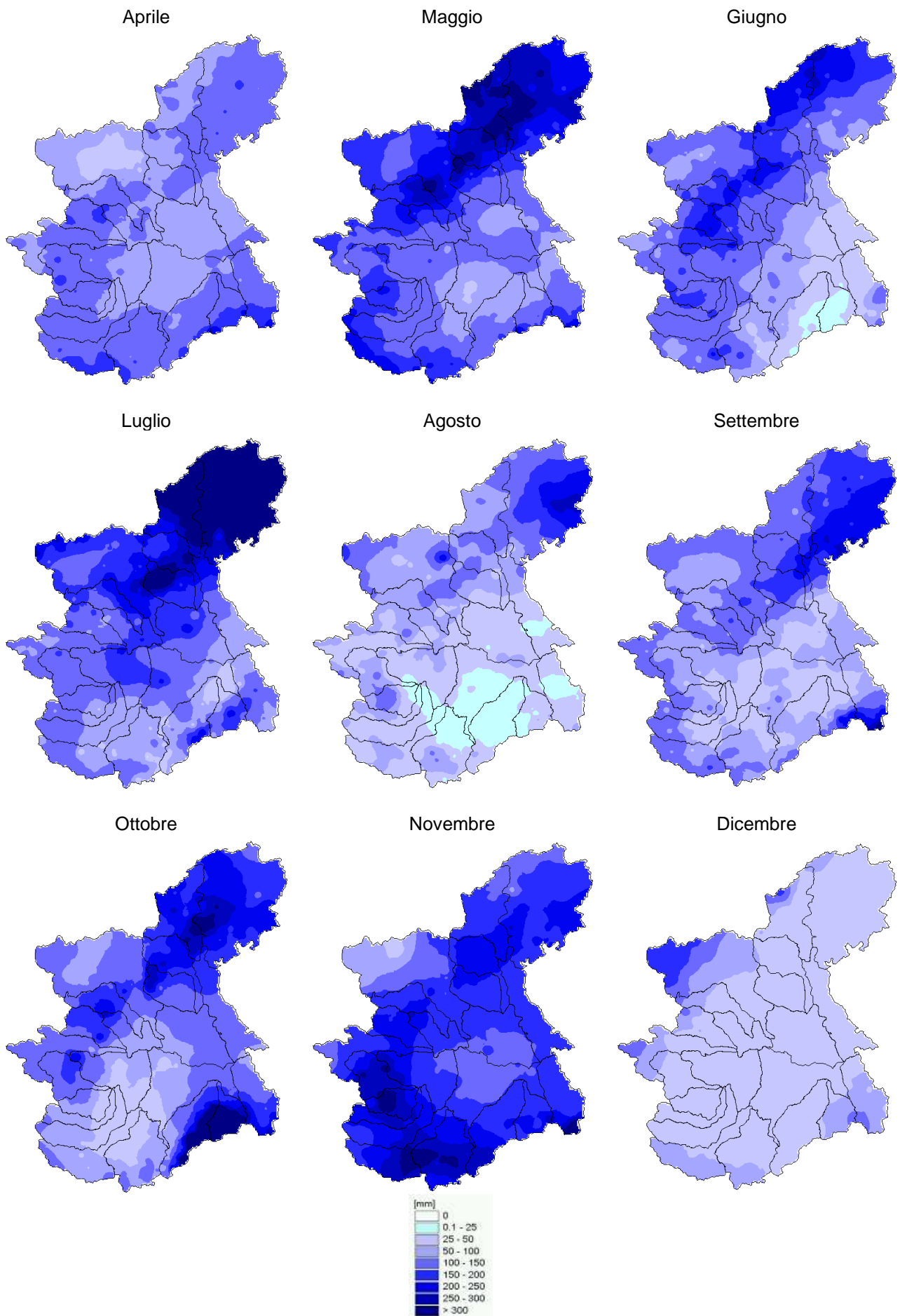


Figura 3. Precipitazioni mensili registrate nel 2021

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 [%].

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 [Km2]	Precipitazione gennaio-dicembre 2021 [mm]	Scostamento rispetto al valore medio storico [%]
MAIRA	Chiusura	Racconigi	1214	649	-16%
PELLICE	Chiusura	Villafranca	975	822	-10%
DORA RIPARIA	Chiusura	Torino	1337	701	-14%
STURA DI LANZO	Chiusura	Torino	886	931	-10%
DORA BALTEA	Chiusura	Verolengo	3939	783	-4%
CERVO	Chiusura	Quinto Vercellese	1019	1055	-14%
SEZIA	Confluenza Cervo	Palestro	2151	844	-18%
TOCE	Chiusura	Candoglia	1784	1345	8%
STURA DI DEMONTE	Chiusura	Fossano	1472	780	-23%
ORBA	Chiusura	Casalcermelli	776	1001	9%
BORMIDA	Monte Confluenza Orba	Cassine	1733	701	-13%
	Confluenza Tanaro	Alessandria	2509	794	-6%
TANARO	Confluenza Stura	Alba	3284	731	-27%
	Chiusura	Montecastello	8196	679	-22%
PO	Confluenza Maira	Carignano	3507	738	-16%
	Monte confluenza Dora Riparia	Torino	5285	698	-17%
	Confluenza Tanaro	Isola S. Antonio	25509	779	-13%
	Confluenza Ticino	Ponte Becca	37874	865	-11%
SCRIVIA	Chiusura	Serravalle	1364	807	-15%

Nella figura 4 si riporta la precipitazione media ragguagliata sul bacino del fiume Po chiuso a Ponte Becca (Pavia), nel periodo gennaio - dicembre dal 1913 al 2021.

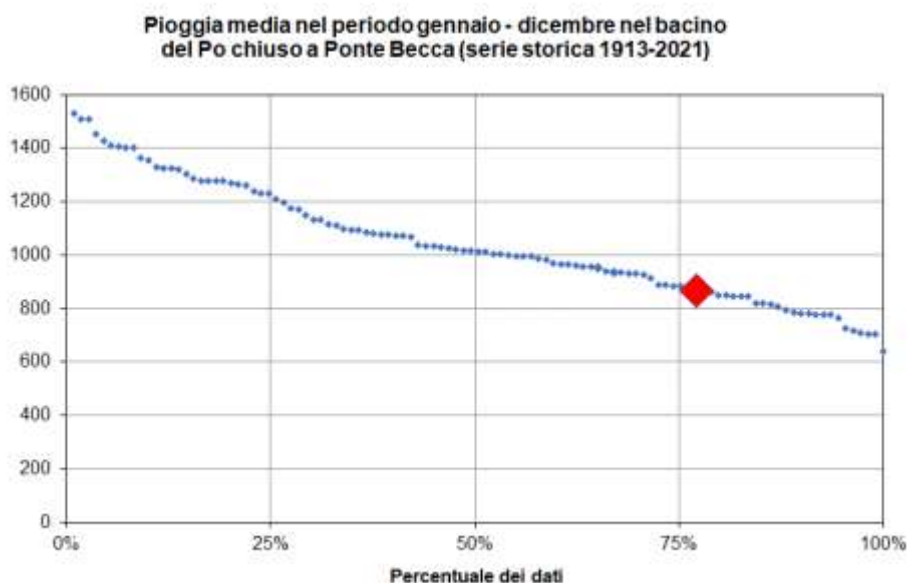


Figura 4. Precipitazione media annuale registrata da gennaio a dicembre con evidenziato in rosso il 2021

Nella figura 5 si riportano le precipitazioni giornaliere misurate sulla regione confrontate con il 90esimo e il 95esimo percentile e con il massimo giornaliero per il periodo 1958-2020. Si nota come dopo la prima settimana di febbraio, la pioggia cumulata media in regione si è sempre trovata al di sotto della norma climatica, fino a raggiungere un deficit di circa il 20% a fine anno.

Non ha aiutato in questo senso i 60 giorni consecutivi senza pioggia osservati tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera e i quasi 30 di ottobre che, dopo l'evento alluvionale nel sud del Piemonte ad inizio mese, ha prodotto giornate molto secche.

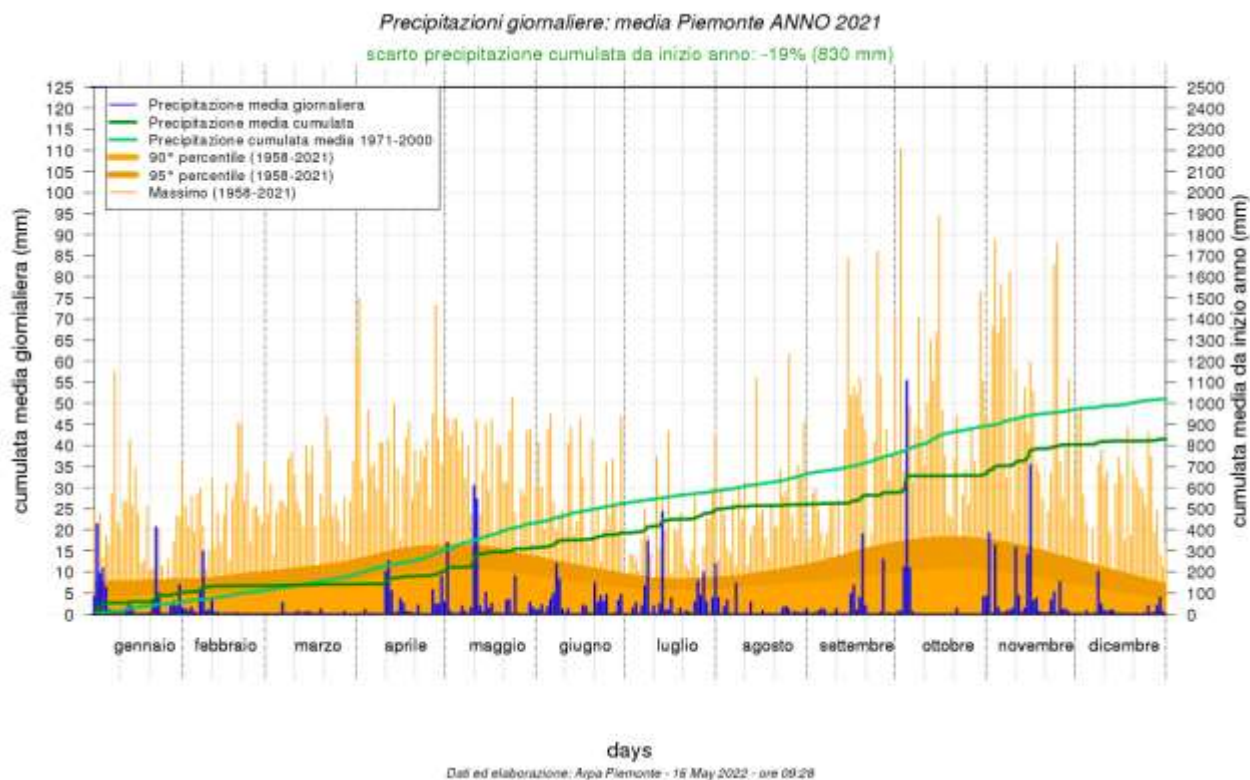


Figura 5. Precipitazione giornaliera registrata da gennaio a dicembre 2021 e confronto con i dati storici dell'ultimo trentennio (clima:1991-2020).

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 (1961-1990), 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.

In figura 6 vengono mostrate le mappe di SPI a 3 mesi per tutti i dodici mesi del 2021.

Dopo un inizio di anno in condizioni generali di normalità, si è sentito chiaramente l'effetto dei due mesi siccitosi tra la seconda decade di febbraio e la seconda decade di aprile che ha spinto l'intera regione in condizione di siccità severa con punte estreme.

Praticamente tutti i bacini mostravano ad aprile un indice SPI a 3 mesi con valori superiori a 1.5, ovvero una disponibilità idrica di 1,5 deviazioni standard superiore rispetto alla norma del periodo.

Fortunatamente una seconda metà di aprile e, soprattutto, un mese di maggio al di sopra della norma in termini di pioggia, hanno lentamente riportato la situazione, a partire dai bacini settentrionali, in condizioni di normalità seppur tendente al secco.

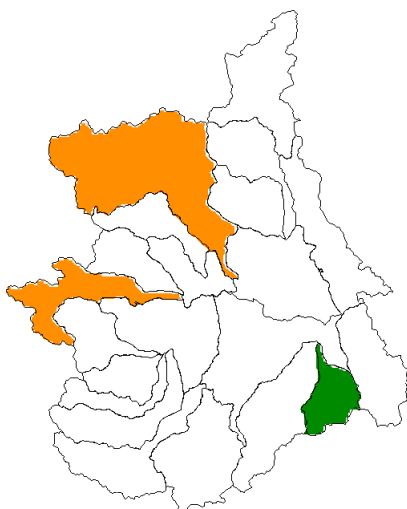
A luglio, un periodo particolarmente umido sulle zone settentrionali del Piemonte ha spinto il Verbano in condizioni addirittura di piovosità severa, mentre nel resto della regione persisteva la normalità.

Nel corso dell'estate, tuttavia, le scarse precipitazioni nel sud della regione, hanno spinto i bacini che si affacciano sulla provincia di Cuneo in condizioni di siccità moderata che a ottobre si è tramutata in siccità severa sul Tanaro.

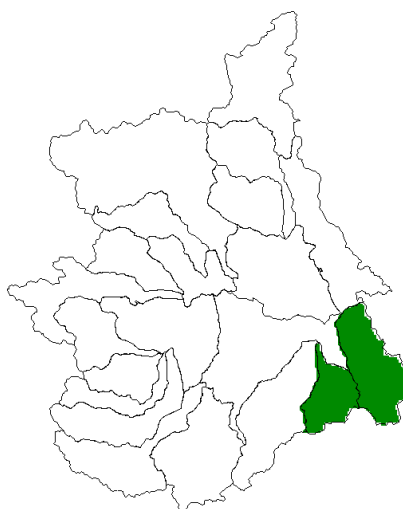
Tra il 3-5 ottobre l'evento alluvionale molto ristretto osservato sul bacino del Bormida ha fatto sì che quest'ultima fosse l'unica zona della parte meridionale del Piemonte in condizioni di normalità.

Questa condizione di sofferenza nelle zone meridionali farà da precursore a condizioni siccitose più estese e prolungate sul Piemonte tanto che l'ultimo episodio di pioggia significativa sulla regione accadrà l'8 dicembre 2021 seguito da 111 giorni consecutivi di non piovosi.

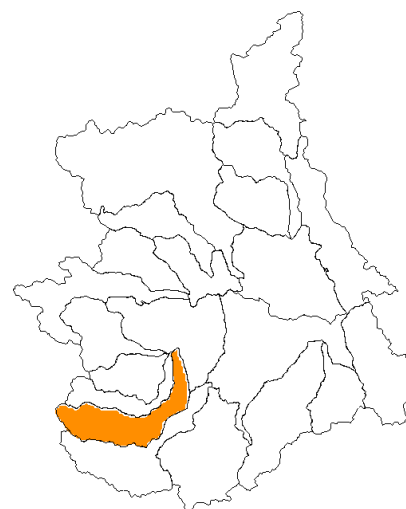
SPI a 3 mesi: GENNAIO



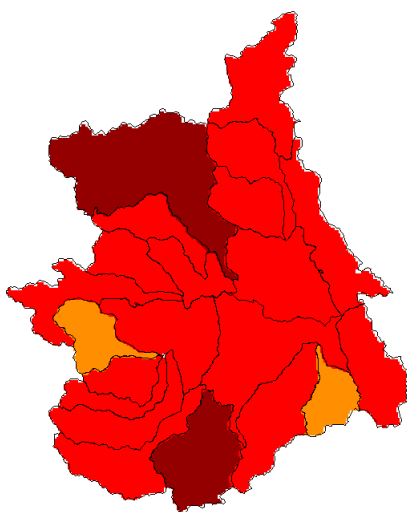
SPI a 3 mesi: FEBBRAIO



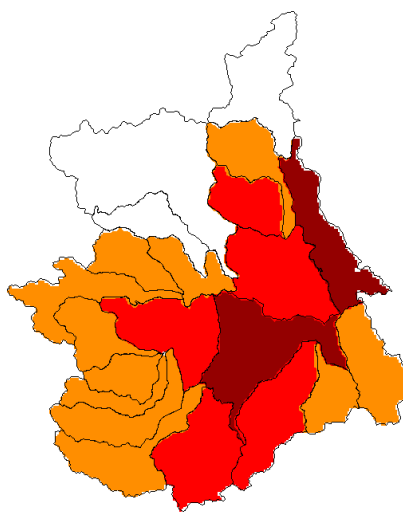
SPI a 3 mesi: MARZO



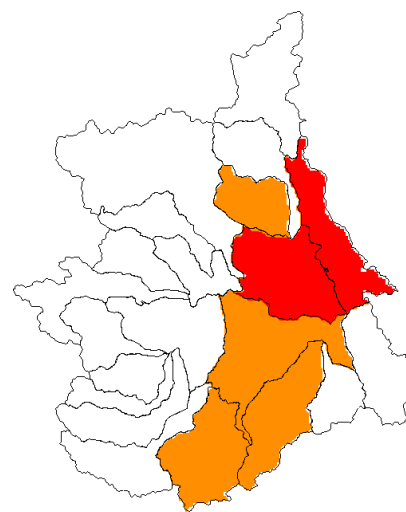
SPI a 3 mesi: APRILE



SPI a 3 mesi: MAGGIO



SPI a 3 mesi: GIUGNO



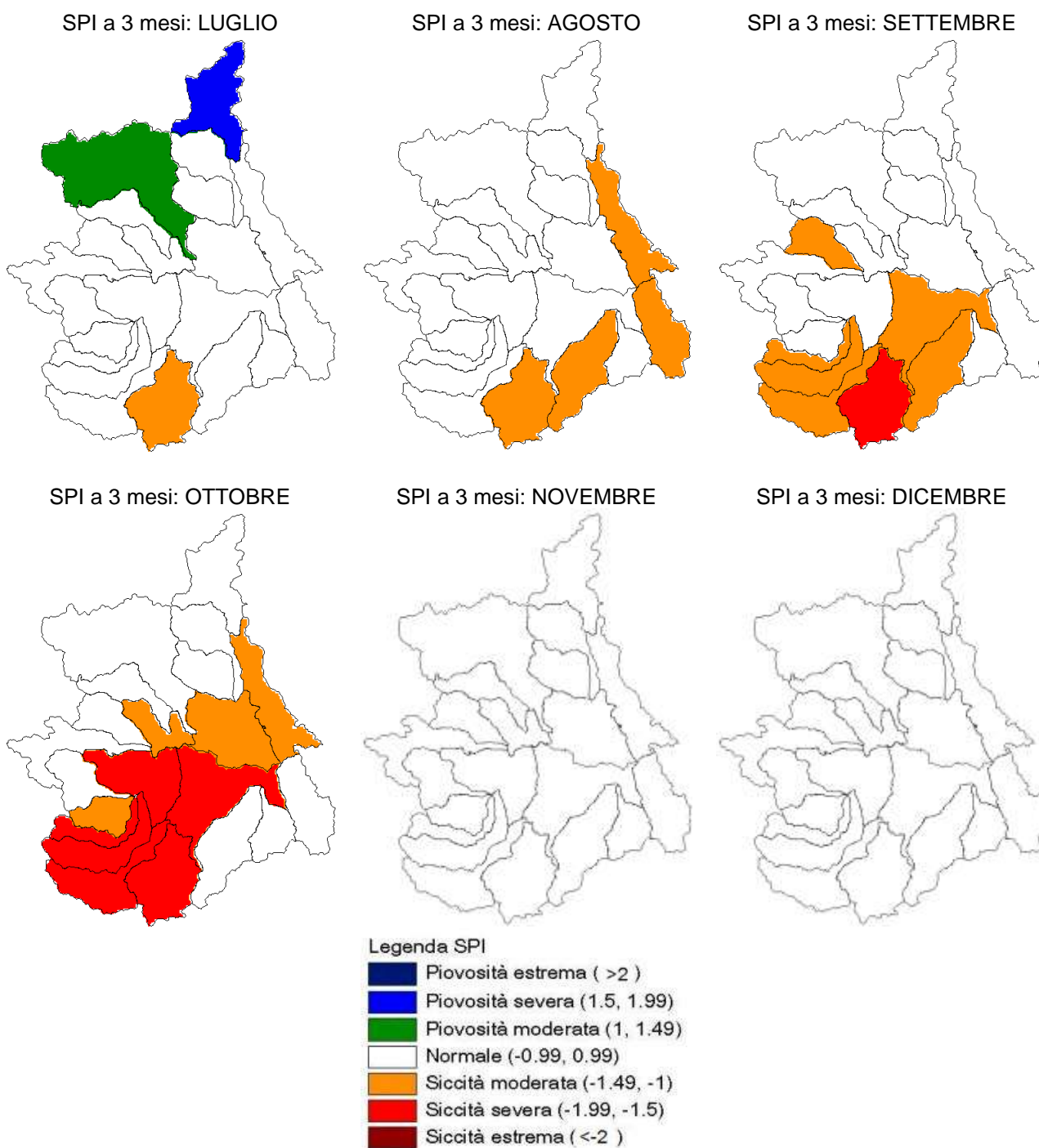


Figura 6. Severità della siccità meteorologica registrata sui bacini idrografici.

Per quanto riguarda la riserva idrica cumulata su scale temporali più lunghe, nella tabella 3 sono stati quantificati i valori di SPI a 6 e a 12 mesi.

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

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

Analizzando i valori dell'indice sulle scale di accumulazione più lunghe, si evince come già a metà primavera la maggior parte dei bacini piemontesi si siano venuti a trovare in condizioni di siccità moderata sul medio termine (SPI6M) questo a causa di una fine inverno/inizio primavera

particolarmente secchi. Sui 12 mese invece, la riserva di acqua meteorica parzialmente cumulata nella primavera/estate 2020, è ancora sufficiente a garantire condizioni generali di normalità seppur tendente al secco.

Tuttavia gli apporti di pioggia scarsi durante l'estate 2021 hanno progressivamente condotto la quasi totalità della regione in siccità moderata, con punte severe a fine estate nei bacini meridionali in particolare del cuneese, questo sia sulla scala dei 6 mesi sia su quella dei 12.

Ad ottobre si è quindi raggiunto l'acme del deficit meteorico per il 2021, con i bacini di Stura Demonte e Tanaro che, sui 12 mesi, si sono portati verso condizioni di siccità estrema.

Le intense, seppur localizzate, precipitazioni dei primi giorni di ottobre sono state sufficienti per riportare il Piemonte in normalità (sempre tendente al secco) nel mese di novembre ma infine l'anno 2021 si è chiuso con una serie consecutiva di giorni senza pioggia terminata solo a primavera dell'annata successiva, una situazione che ha inciso sulla disponibilità idrica a medio termine non solo dei bacini meridionali, già provati del periodo secco estivo/autunnale, ma che ha iniziato ad incidere anche su alcuni bacini settentrionali come il Sesia.

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 1950-2019.

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.

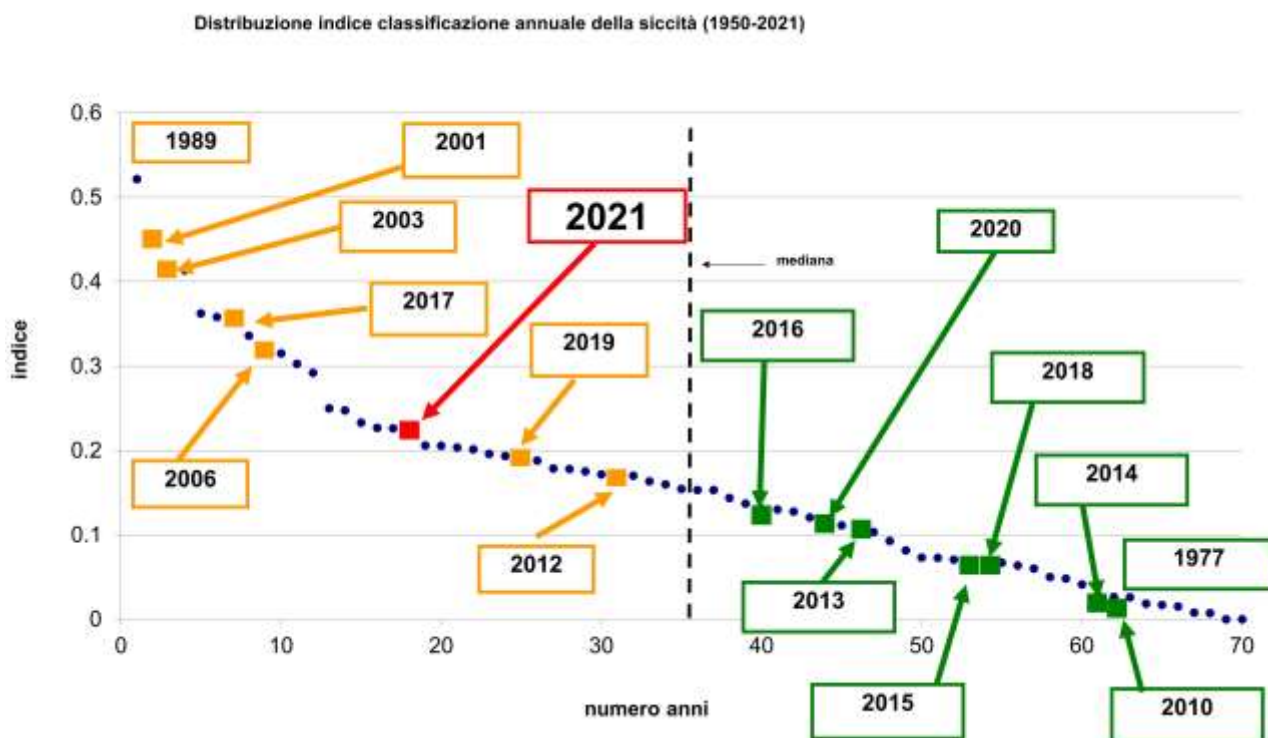


Figura 7. Indice di classificazione sintetico della siccità in Piemonte calcolato annualmente dal 1950 al 2020

Il grafico riassuntivo di figura 7 mostra come, nel 2021, il Piemonte si sia trovato globalmente in condizioni siccitose, non così intense come quelle sperimentate nel 2017 ma peggiori del 2019 (per restare agli anni più recenti).

Da notare come siano stata la mancanza di pioggia primaverile e nel mese di ottobre (periodi climaticamente generosi dal punto di vista delle precipitazioni) a guidare l'annata in condizioni siccitose.

2. 4 Neve

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 giornalieri 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, ovvero con il 1° ed il 9° decile della distribuzione dei valori storici per il periodo 1999-2019 (figura 8).

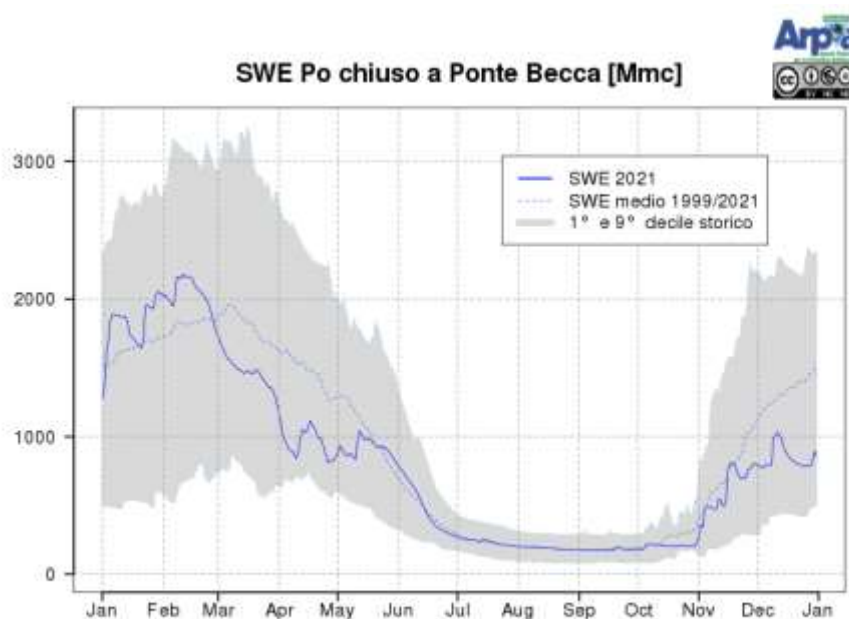


Figura 8. Andamento giornaliero dello SWE nel corso del 2021 e confronto con i dati storici.

Nel 2021 le precipitazioni nevose sono state complessivamente inferiori alla media, a causa delle poche precipitazioni primaverili a conclusione della stagione 2020-21 e della carenza di nevicate autunnali con l'avvio della stagione invernale 2021-2022.

La stagione invernale 2020-2021 (Figura 9) è iniziata con nevicate praticamente assenti ovunque nel mese di novembre ed è poi proseguita con nevicate nei mesi di dicembre e gennaio, abbondanti sui settori settentrionali e meridionali della regione.

Il 2021 inizia quindi con un innevamento sulle montagne della nostra regione che risulta generalmente in linea con i valori del periodo: leggermente superiori sui settori settentrionali e meridionali della regione, leggermente inferiori in quelli occidentali.

Ciò nonostante, la carenza di nevicate abbondanti, in particolare nei mesi primaverili ha determinato un deficit stagionale, rispetto alla media degli ultimi 40 anni che, nei settori settentrionali così come in quelli meridionali risulta più contenuto (-5%/-10% circa), mentre in quelli occidentali si fa marcatamente importante (da -20% fino a -50%) a causa degli episodi nevosi di minor rilevanza che si sono registrati nell'arco della stagione.

Come si può notare dai grafici (Figura 9) sui settori settentrionali, così come in quelli meridionali, i valori cumulati di neve fresca si sono mantenuti buoni e spesso sopra i valori del periodo fino a

marzo/aprile. Tuttavia, a causa dell'assenza di precipitazioni autunnali e della carenza di quelle primaverili, le cumulate a fine stagione sono risultate inferiori alla media stagionale.

Diverso è l'andamento dello spessore della neve al suolo che presenta caratteristiche differenti nei diversi settori: in quelli settentrionali (Formazza – Diga Vannino) da inizio anno si è mantenuto con valori anche oltre la media del periodo fino al termine della stagione, nei settori occidentali (Bardonecchia – Diga Rochemolles) si è presentato sempre scarso con valori inferiori alla media e fusione anticipata del manto nevoso, mentre nei settori meridionali (Entracque – Diga Chiotas), dopo un ottimo inizio d'anno, a partire dal mese di febbraio si è attestato su valori inferiori alla media del periodo fino a fine aprile con la completa fusione del manto nevoso anticipata di circa un mese.

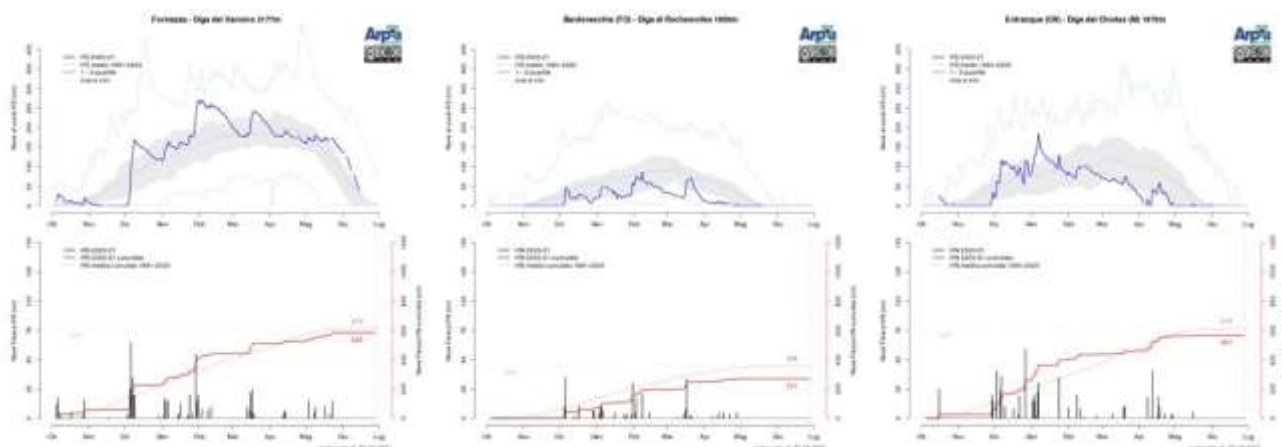


Figura 9: in ordine da sinistra a destra le stazioni manuali di Lago Vannino – Formazza (VB), Lago di Rochemolles – Bardonecchia (TO), Lago del Chiotas – Entracque (CN) per la stagione 2020-2021. In alto l'andamento giornaliero della neve al suolo -HS- dove la linea blu spessa indica l'HS della stagione, 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).

A differenza dell'inverno 2020-21, la stagione 2021-22 (Figura 10) ha visto apporti nevosi registrati in diversi episodi nel periodo autunnale pressoché in tutti i settori, anche se con tempistiche differenti e con quota delle nevicate prossima o di poco inferiore ai 2000m.

A metà novembre si è registrata una perturbazione che ha interessato diffusamente tutto l'arco alpino piemontese apportando i quantitativi maggiori sui settori del cuneese; la stagione è quindi proseguita con precipitazioni nevose deboli o al più moderate nel periodo dell'immacolata e delle festività natalizie. Nonostante le nevicate di inizio inverno, il 2021 si chiude con un innevamento generalmente scarso soprattutto alle quote inferiori i 2000m di quota.

In generale i valori cumulati di neve fresca, così come l'andamento dello spessore della neve al suolo, a inizio stagione risultano al di sotto della media stagionale sui settori settentrionali ed occidentali della regione mentre valori in media, o leggermente inferiori si registrano sui settori meridionali (Figura 10). L'inverno è quindi proseguito con apporti nevosi perlopiù deboli/scarsi e lunghi periodi con assenza di nevicate che hanno aggravato in tutti i settori il deficit di innevamento.

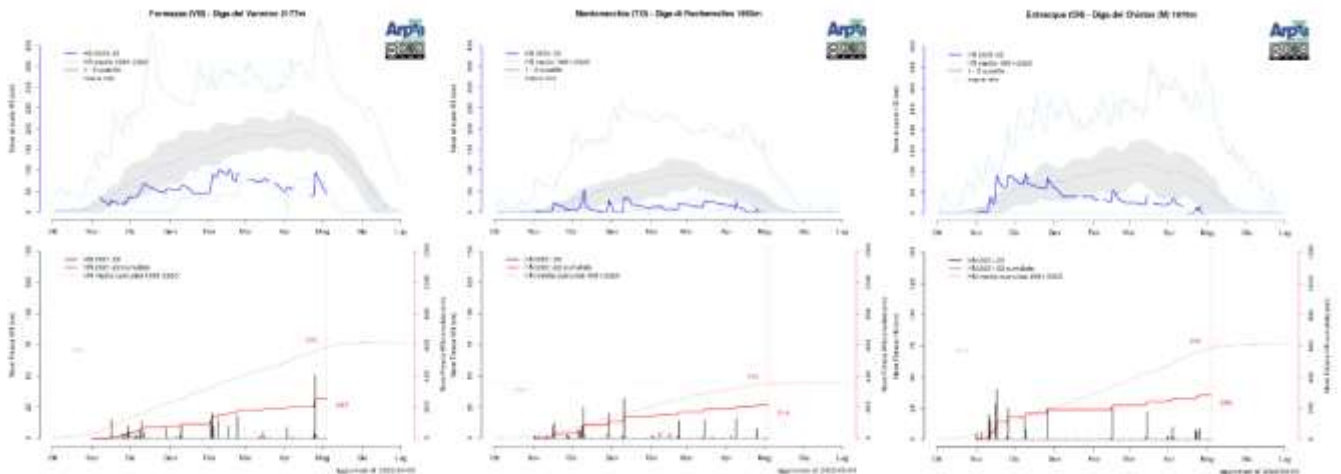


Figura 10: in ordine da sinistra a destra le stazioni manuali di Lago Vannino – Formazza (VB), Lago di Rochemolles – Bardonecchia (TO), Lago del Chiotas – Entracque (CN) per la stagione 2021-2022. In alto l'andamento giornaliero della neve al suolo -HS- dove la linea blu spessa indica l'HS della stagione, 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).

Esaminando i grafici delle due stagioni messe a confronto si osservano andamenti differenti: un inizio di stagione molto tardivo per l'inverno 2020-21 che tuttavia è proseguito per buona parte dell'anno con quantitativi di neve al suolo e accumuli di neve fresca in linea, o addirittura superiori, ai valori stagionali (ad eccezione dei settori occidentali) (Figura 10); contrariamente l'inverno 2021-22 è iniziato con moderate nevicate autunnali che hanno determinato valori di neve al suolo e accumuli di neve fresca generalmente inferiori alla media. Si nota inoltre come durante la stagione 2021-22 i valori di neve al suolo si sono mantenuti per quasi tutto l'inverno sotto i valori stagionali in tutta la regione e gli accumuli di neve fresca a fine stagione hanno raggiunto deficit che, sui settori settentrionali, hanno superato il -50% (Figura 10).

Prendendo in considerazione l'anno solare 2021 gli apporti di neve fresca sono stati ovunque sotto la media del periodo (Figura 11). Nei settori settentrionali a risentire maggiormente sono state le stazioni a quote medio-basse (-46% Alpe Cavalli), la stessa cosa è accaduta nei settori meridionali dove si è registrato il deficit maggiore in assoluto a Vinadio Rio Freddo (-53%). Nei settori occidentali della regione, al contrario, i deficit maggiori si riscontrano nelle stazioni più in quota con valori che si aggirano intorno al -40%, mentre nelle stazioni a quote inferiori il deficit è stato decisamente più contenuto: Malciaussia si è rivelata la stazione che ha registrato il deficit minore del 2021 con un -6% della neve fresca cumulata.

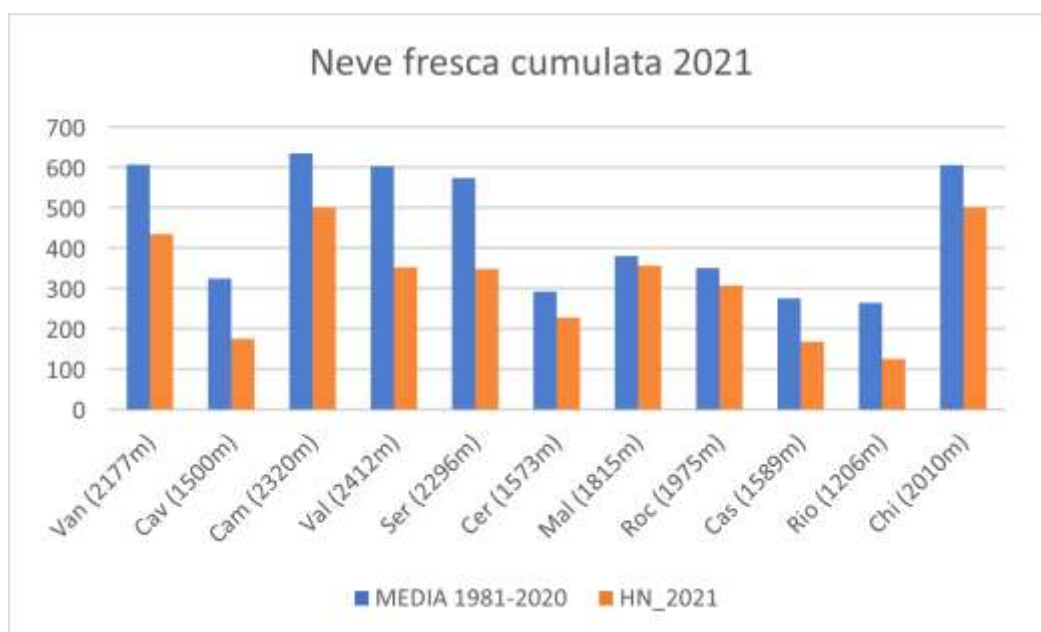


Figura 11. Valori di neve fresca cumulata media dal 1° gennaio al 31 dicembre per il periodo 1981-2020 in blu, in arancione il valore del 2021.

Come evidenziato anche in mappa (Figura 12) solo nei settori occidentali e settentrionali in modo leggermente più diffuso i valori cumulati di neve fresca in quota hanno superato i 400-500cm, mentre in quelli occidentali esclusivamente in modo puntuale.

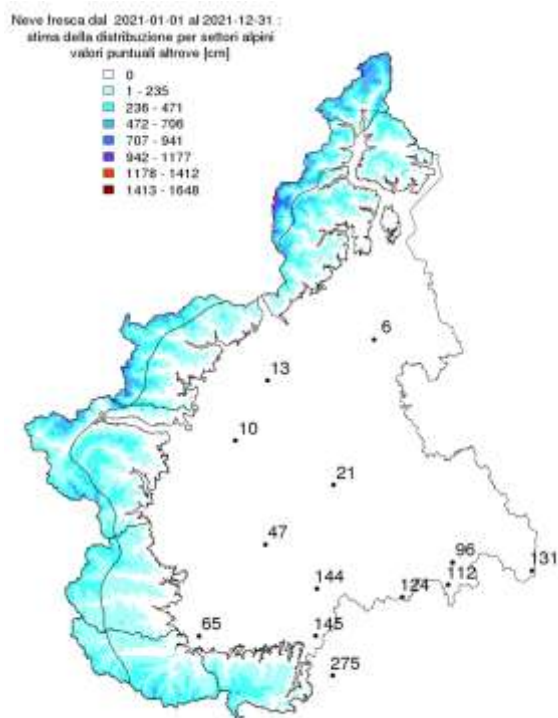


Figura 12. Valori di neve fresca cumulata dal 1° gennaio al 31 dicembre 2021 rappresentati in modo distribuito in funzione della quota sui settori alpini, in valori puntuali sul territorio di pianura e collina.

3 PORTATE

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 2021. 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 2021 per le stazioni idrometriche selezionate.

Tabella 4. Portata media mensile e annua per il 2021 e scostamento rispetto al periodo di riferimento storico per le principali stazioni idrometriche regionali

Stazione Idrometrica Bacino	Q MED 2021 [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	ND	ND	ND	4,53	16,20	10,06	1,60	1,35	1,26	1,72	7,26	1,66	ND	18
	ND	ND	ND	-80%	-64%	-70%	-69%	-27%	-79%	-72%	-61%	-82%	ND	
CHISONE A SAN MARTINO	3,40	4,44	3,27	5,97	17,13	17,30	6,44	3,27	2,25	4,05	8,71	3,94	6,68	18
	-37%	-8%	-59%	-69%	-54%	-50%	-46%	-44%	-67%	-43%	-43%	-53%	-51%	
SANGONE A TRANA	1,07	1,21	0,99	1,45	3,06	1,94	1,54	1,13	1,04	3,34	4,82	1,49	1,92	19
	-42%	-27%	-63%	-74%	-54%	-58%	-22%	-14%	-57%	40%	-2%	-47%	-42%	
DORA RIPARIA A SUSA	5,45	6,75	7,99	10,41	20,69	29,61	14,71	9,03	6,99	7,66	7,15	6,25	11,06	14
	-9%	25%	3%	-39%	-34%	-10%	-6%	3%	1%	11%	-14%	-16%	-14%	
DORA RIPARIA A TORINO	14,61	14,78	14,28	15,55	24,30	35,13	16,78	12,36	6,83	10,59	12,19	9,48	15,57	19
	-17%	-19%	-29%	-47%	-49%	-27%	-25%	-3%	-52%	-31%	-47%	-48%	-35%	
STURA DI LANZO A LANZO	5,86	8,05	7,16	9,55	20,04	22,03	14,45	10,38	7,89	12,38	12,15	7,39	11,44	19
	-20%	23%	-36%	-60%	-51%	-47%	-32%	-32%	-51%	-7%	-44%	-28%	-40%	
STURA DI LANZO A TORINO	8,27	9,10	5,67	8,55	27,78	24,33	10,44	6,63	5,45	16,86	17,71	6,88	12,31	19
	-11%	-3%	-64%	-71%	-44%	-45%	-37%	-48%	-68%	-7%	-49%	-57%	-47%	
MALONE A FRONT	ND	ND	ND	ND	ND	1,74	1,05	0,66	0,33	1,14	1,69	0,63	ND	20
	ND	ND	ND	ND	ND	-52%	-38%	-61%	-88%	-50%	-69%	-80%	ND	
SOANA A PONT	1,51	1,99	1,91	2,84	7,53	9,37	5,94	3,24	1,85	3,54	2,28	1,59	3,63	18
	-42%	-8%	-48%	-69%	-49%	-39%	-30%	-51%	-73%	-40%	-63%	-58%	-48%	
ORCO A SAN BENIGNO	6,38	6,89	4,79	3,52	23,78	15,15	7,01	2,49	3,38	10,83	7,79	3,98	8,00	18
	-20%	-23%	-62%	-88%	-47%	-64%	-46%	-73%	-71%	-27%	-73%	-70%	-59%	
CHIUSELLA A PARELLA	2,22	2,88	2,20	2,57	9,11	4,97	4,08	3,58	3,84	4,75	4,20	2,53	3,91	19
	-15%	21%	-43%	-68%	-24%	-46%	6%	-7%	-19%	-14%	-53%	-39%	-32%	
DORA BALTEA A TAVAGNASCO	34,62	35,62	36,55	39,62	93,01	218,07	168,35	118,90	76,93	55,22	41,49	32,04	79,20	19
	-2%	12%	4%	-44%	-45%	-8%	1%	-2%	-10%	-15%	-39%	-24%	-16%	
CERVO A QUINTO VERCELLESE	37,81	29,73	18,11	14,03	32,44	15,12	24,92	18,06	20,38	26,15	24,97	12,38	22,84	18
	90%	41%	-24%	-60%	-25%	-41%	44%	-24%	-33%	-8%	-45%	-61%	-21%	
SESIA A	8,02	14,51	10,56	12,28	51,12	22,73	18,36	8,45	7,51	22,43	17,90	6,51	16,70	15

Stazione Idrometrica Bacino	Q MED 2021 [m³/s] e scostamento [%]													N. anni serie storica
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Q Media annua	
BORGOSIESIA	-31%	58%	-51%	-74%	-11%	-49%	-18%	-53%	-44%	-28%	-64%	-55%	-45%	
SESIA A PALESTRO	54,51	46,87	29,70	30,72	103,45	40,50	61,07	48,98	49,48	70,47	64,99	25,83	52,21	25
	21%	-5%	-57%	-70%	-28%	-47%	29%	-22%	-34%	-9%	-56%	-65%	-37%	
AGOGNA A MOMO	6,49	5,71	1,71	0,24	2,08	0,37	1,52	0,90	1,52	2,97	3,14	2,00	2,39	18
	2%	-16%	-76%	-96%	-80%	-92%	-25%	-73%	-75%	-53%	-76%	-82%	-66%	
TOCE A CANDOGLIA	34,11	41,18	38,88	41,71	91,05	93,94	114,11	59,44	36,66	50,50	37,48	30,42	55,79	21
	-5%	28%	1%	-38%	-22%	-20%	50%	1%	-32%	-32%	-57%	-33%	-17%	
VARAITA A POLONGHERA	2,81	2,76	2,54	2,65	3,42	6,43	1,81	1,36	0,96	0,84	1,84	0,87	2,36	17
	-10%	-20%	-56%	-71%	-75%	-49%	-50%	-22%	-59%	-69%	-71%	-82%	-59%	
MAIRA A RACCONIGI	21,99	17,81	15,80	12,64	24,92	13,79	0,91	ND	ND	ND	ND	ND	ND	19
	148%	72%	3%	-33%	-14%	-36%	-80%	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
BANNA A SANTENA	3,26	1,42	0,57	0,49	0,54	0,49	0,81	0,39	0,20	0,31	0,79	0,33	0,80	20
	243%	-43%	-82%	-77%	-80%	-62%	38%	-22%	-58%	-63%	-74%	-87%	-54%	
STURA DI DEMONTE A GAIOLA	6,40	7,66	7,98	11,19	26,13	19,03	9,02	6,28	5,82	6,02	7,88	5,63	9,92	18
	-25%	-3%	-29%	-51%	-34%	-44%	-45%	-38%	-40%	-45%	-49%	-48%	-41%	
BELBO A CASTELNUOVO	3,62	5,07	1,51	1,37	1,09	0,67	0,45	0,25	0,28	0,41	0,81	0,60	1,34	18
	82%	37%	-77%	-70%	-73%	-53%	-39%	-65%	-62%	-53%	-79%	-84%	-51%	
BORMIDA DI MILLESIMO A CAMERANA	4,04	6,03	1,75	1,95	1,78	1,47	0,91	0,56	0,52	0,75	1,96	0,84	1,88	26
	43%	133%	-64%	-56%	-51%	-10%	-3%	-16%	-51%	-62%	-71%	-79%	-36%	
BORMIDA DI SPIGNO A MOMBALDONE	18,93	19,80	4,24	5,71	5,70	1,36	0,73	0,34	0,31	10,71	13,69	3,14	7,05	26
	94%	84%	-72%	-58%	-50%	-60%	-26%	-48%	-84%	117%	-18%	-76%	-22%	
BORMIDA A CASSINE	40,07	48,41	11,72	11,70	9,88	4,73	4,31	2,20	1,68	30,80	18,44	6,80	15,90	26
	57%	67%	-70%	-65%	-65%	-51%	21%	-10%	-65%	185%	-57%	-78%	-24%	
ORBA A BASALUZZO	43,48	40,50	7,85	16,33	16,27	3,51	4,12	2,25	3,53	38,73	21,21	10,38	17,35	19
	152%	55%	-76%	-10%	1%	-38%	38%	-26%	-36%	135%	-50%	-60%	-2%	
TANARO A FARIGLIANO	34,14	50,47	27,61	33,77	44,55	23,15	7,50	5,45	5,99	7,87	27,75	12,00	23,36	18
	22%	65%	-50%	-53%	-34%	-37%	-39%	-42%	-58%	-67%	-58%	-72%	-39%	
TANARO AD ALBA	51,03	63,67	45,36	49,47	64,50	41,05	9,16	8,39	8,70	17,53	40,35	27,09	35,52	26
	1%	23%	-46%	-57%	-52%	-52%	-69%	-60%	-74%	-66%	-59%	-60%	-48%	
TANARO A MONTECASTELLO	163,74	192,38	81,42	94,50	117,26	60,12	23,07	16,35	19,79	106,94	106,87	58,77	86,77	26
	41%	60%	-50%	-46%	-40%	-43%	-42%	-46%	-58%	10%	-50%	-60%	-31%	
SCRIVIA A SERRAVALLE	33,43	29,76	6,70	10,82	9,78	2,98	1,97	0,80	2,29	6,86	12,37	8,70	10,54	19
	89%	72%	-63%	-9%	3%	-28%	-5%	-67%	-12%	-15%	-49%	-55%	-5%	
SCRIVIA A GUAZZORA	54,25	35,77	8,06	10,59	8,24	2,08	0,95	0,76	1,31	5,11	6,75	4,14	11,50	20
	144%	85%	-64%	-31%	-31%	-59%	-57%	-65%	-42%	-45%	-79%	-84%	-22%	
PO A VILLAFRANCA PIEMONTE	13,60	12,40	10,60	12,51	16,59	20,25	10,27	8,17	7,22	8,54	13,37	4,52	11,50	11
	14%	-3%	-37%	-36%	-39%	-8%	-15%	-20%	-41%	-36%	-55%	-71%	-34%	
PO A TORINO MURAZZI	61,57	49,88	41,90	42,80	69,24	62,99	27,95	20,51	21,22	25,79	50,26	33,41	42,29	26
	6%	-17%	-45%	-57%	-54%	-47%	-39%	-46%	-55%	-63%	-48%	-55%	-46%	
PO A SAN SEBASTIANO	100,11	100,16	82,43	37,96	102,22	75,79	34,53	23,14	52,31	66,47	89,73	34,85	66,64	14
	27%	0%	-35%	-77%	-63%	-71%	-50%	-51%	-29%	-25%	-57%	-71%	-53%	
PO A CASALE MONFERRATO	152,03	156,21	120,22	55,13	159,40	161,15	64,26	36,54	67,67	122,93	126,92	76,79	108,27	12
	32%	13%	-31%	-76%	-59%	-58%	-52%	-56%	-41%	-18%	-55%	-50%	-45%	
PO A VALENZA	244,45	226,59	181,88	142,12	278,30	215,90	193,55	152,10	174,45	220,04	246,13	156,44	202,66	16
	25%	7%	-28%	-60%	-51%	-57%	-3%	-20%	-37%	-16%	-43%	-42%	-35%	

Stazione Idrometrica Bacino	Q MED 2021 [m ³ /s] e scostamento [%]													N. anni serie storica
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Q Media annua	
PO A ISOLA SANT'ANTONIO	434,48	439,05	257,26	220,74	419,79	300,27	218,70	164,43	206,87	330,15	356,80	208,76	296,44	23
	40%	31%	-39%	-56%	-49%	-49%	-12%	-31%	-40%	-22%	-45%	-52%	-33%	

Il 2021 può essere considerato un anno sotto la media per quanto riguarda i deflussi in Piemonte; si sono, infatti, registrati scostamenti negativi rispetto ai valori storici di riferimento, poiché sono mancati eventi significativi nei mesi storicamente più piovosi, ad eccezione di novembre, e sono stati diversi i periodi asciutti sia in primavera che in autunno.

L'anno è iniziato con un mese di gennaio caratterizzato da deflussi sopra la media praticamente ovunque, ma poi febbraio e marzo sono stati particolarmente asciutti con deflussi sotto la media e scostamenti negativi anche oltre il -60% su Orco e Stura di Lanzo a nord del Po, e -70% a sud su Bormida e Belbo. Anche nel mese di aprile la situazione è rimasta sostanzialmente invariata e quindi sotto la media.

Nonostante maggio e giugno siano stati sostanzialmente in media come precipitazioni, queste non sono state sufficienti a colmare lo scostamento negativo accumulato dall'inizio dell'anno in termini di deflussi, per cui in entrambi i mesi si registrano scostamenti negativi, particolarmente significativi nel bacino dell'Agogna con -80%. Lungo le aste del Po e del Tanaro gli scostamenti di maggio e giugno sono stati mediamente del -50% e -40% rispettivamente.

A luglio, grazie alle precipitazioni ben al di sopra della media, gli scostamenti sono diminuiti ma i deflussi sono rimasti sotto la media praticamente ovunque, in particolare nei bacini meridionali dove si registra il -45% sulla Stura di Demonte e -40% in media sul Tanaro. Particolarmente significativo il valore dello scostamento sul Pellice a Villafranca, -69%.

Bisogna arrivare ad ottobre per registrare un evento significativo di pioggia che però è stato molto localizzato ed ha alimentato esclusivamente il bacino dell'Orba dove si è registrato il colmo di piena più alto di sempre. Negli altri bacini, invece, i deflussi sono rimasti al di sotto della media anche in modo significativo con il -66% sul Tanaro ad Alba e il -63% sul Po a Torino.

Gli ultimi due mesi dell'anno hanno continuato a registrare scostamenti negativi rispetto al periodo storico di riferimento nonostante un novembre piovoso oltre la media, che però non è riuscito a colmare il deficit accumulato da inizio anno anzi, con dicembre, che è stato molto secco, il deficit si è incrementato. Si registrano infatti, nei due corsi d'acqua più grandi, Po e Tanaro, scostamenti superiori a -50% a fine 2021.

Nel bilancio di un anno così caratterizzato, per tutti i corsi d'acqua analizzati la portata media annua risulta inferiore a quella storica di riferimento; nella sezione di Isola S. Antonio, chiusura del bacino del Po piemontese, la portata media annua è stata il 33% più bassa del valore medio storico.

Il confronto tra le portate medie annue calcolate dal 1998 al 2021 per il Po a Isola S. Antonio è riportato nella figura 13.

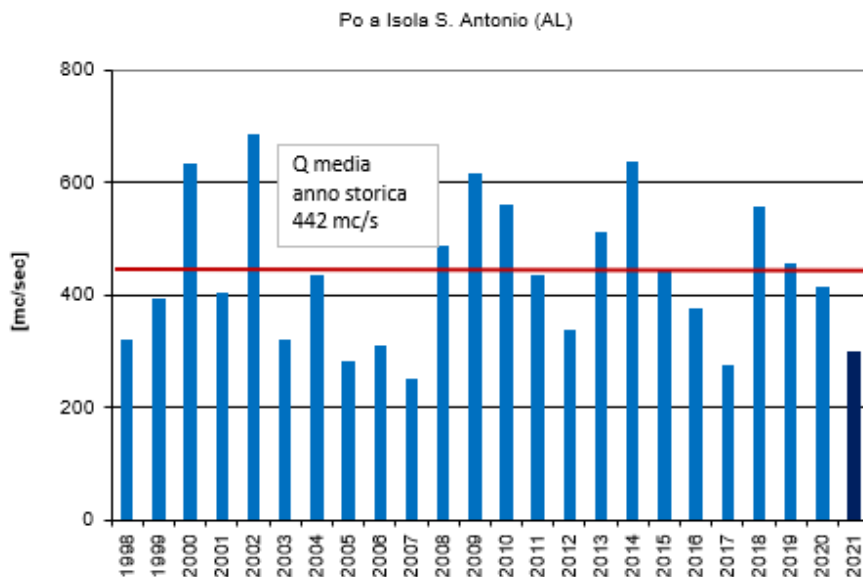
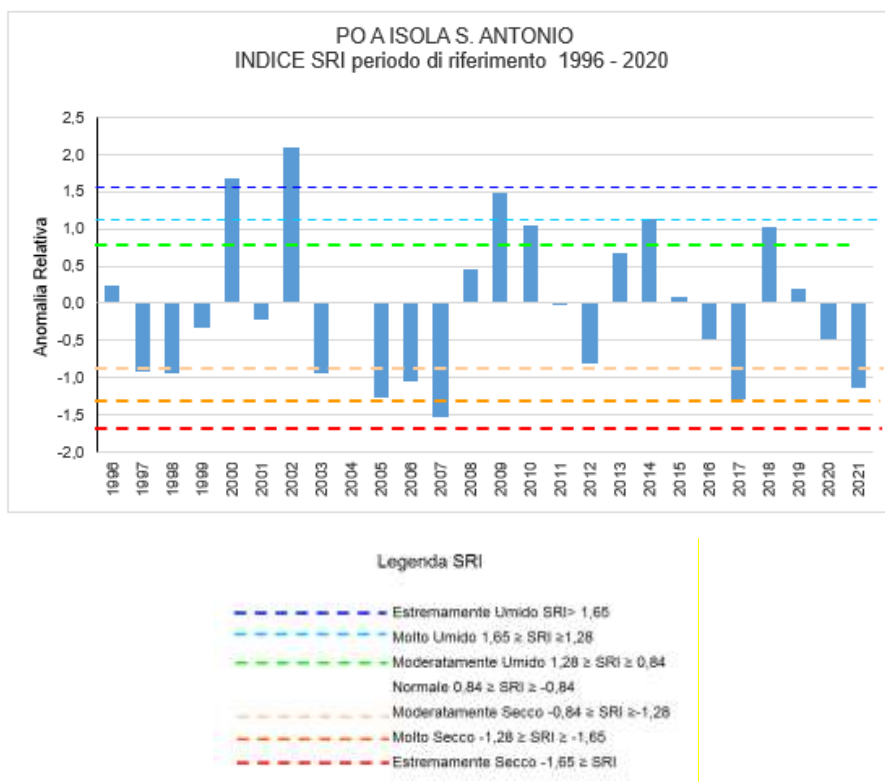


Figura 13. Portate medie annue per la sezione del Po a Isola Sant'Antonio (AL).

Come si evince dal grafico di figura 13, la portata media annua del 2021, pari a circa 297 mc/sec è decisamente inferiore al riferimento storico (442 mc/sec).

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.



Legenda SRI

- Estremamente Umido $SRI > 1,65$
- Molto Umido $1,65 \geq SRI \geq 1,28$
- Moderatamente Umido $1,28 \geq SRI \geq 0,84$
- Normale $0,84 \geq SRI \geq -0,84$
- Moderatamente Secco $-0,84 \geq SRI \geq -1,28$
- Molto Secco $-1,28 \geq SRI \geq -1,65$
- Estremamente Secco $-1,65 \geq SRI$

Figura 14. Indice SRI annuale dal 1996 al 2021 calcolato a Isola S. Antonio (AL) e valori di riferimento del SRI.

In termini di anomalia di portata per il Po a Isola S. Antonio (AL), il 2021 è risultato un anno moderatamente secco.

3.2 Bilanci idrologici

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

Bacini alpini settentrionali. In questo settore le precipitazioni sono risultate prevalentemente concentrate nei pochi episodi intensi dei periodi primaverile e autunnale mentre gli apporti invernali ed estivi sono risultati scarsi. I dati generali del bilancio idrologico riflettono una condizione di disponibilità idrologica medio bassa, con contributi specifici annuali dell'ordine di 20-30 l/skmq, coefficienti di deflusso dell'ordine di 0,6-0,8 ed eventi di piena di entità trascurabile.

Bacini alpini occidentali. Anche in questo settore le precipitazioni annuali sono risultate inferiori alla media e con una distribuzione prevalentemente concentrata nei periodi primaverile e autunnale. I bilanci idrologici in condizioni naturali hanno presentato contributi medi annuali di entità medio bassa (15-20 l/skmq), non si sono verificati eventi di piena significativi sull'intera area

Bacini pedemontani settentrionali. L'andamento idrologico su questi bacini ha presentato aspetti di criticità meno accentuati rispetto agli altri settori idrografici regionali, in ragione del minor deficit di precipitazioni su base annuale. Si è pertanto osservata una disponibilità idrologica media annuale ordinaria o poco inferiore alla media (dell'ordine di 20 l/skmq), deflussi di base non critici e nessun evento di piena significativo.

Bacini pedemontani occidentali. Le caratteristiche dei deflussi in questo settore sono del tutto confrontabili, in termini di tendenza, con quelle del corrispondente settore alpino di maggiore altitudine. Si è trattato pertanto di un regime naturale scarso, a seguito di un deficit di precipitazione, con contributi specifici medi annuali dell'ordine di 10-15 l/skmq, coefficienti di deflusso 0,4-0,5, contributi di magra dell'ordine di 4-6 l/skmq.

Anche in questo settore non si sono verificati eventi di piena significativi

Alto Tanaro. Si tratta di un settore particolarmente colpito dalla scarsità di apporti pluviometrici e di conseguenza caratterizzato da un regime di deflussi piuttosto povero, con contributi specifici medi annuali dell'ordine di 15 l/skmq e contributi di esaurimento intorno a 3 l/smq.

Gli eventi di piena osservati sono risultati di entità secondaria.

Bacini appenninici meridionali. Questi bacini hanno risentito, come l'intero contesto idrografico regionale, del deficit pluviometrico rispetto alla media storica, infatti la distribuzione delle precipitazioni è risultata notevolmente concentrata nei mesi invernali, con conseguente forte limitazione dei deflussi della fase di esaurimento estiva, protrattasi fino alla fine del mese di settembre (contributi specifici medi annuali 10-15 l/skmq, contributi specifici in magra 0,5 l/skmq).

Gli eventi di piena sono risultati di scarsa entità e concentrati nel periodo invernale.

Bacini collinari. L'andamento idrologico del 2021 ha presentato il tipico regime idrologico pluviale molto impulsivo e particolarmente scarso, con portate di esaurimento estremamente basse, al limite del completo annullamento nei mesi estivi, e con pochi episodi di piena di entità secondaria nel periodo invernale.

La tabella 5 riporta i dati generali del bilancio idrologico 2021 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 2021 e confronto con l'anno medio nelle principali stazioni idrometriche regionali; la variazione percentuale $\Delta CDef$ [%] è calcolata come (coeff defl 2021 – coeff defl medio storico) / coeff defl medio storico.

Stazione Idrometrica Bacino	Storico			Anni di riferimento	Valori anno 2019			$\Delta CDef$ [%]
	Afflusso medio annuo [mm]	Deflusso medio annuo [mm]	Coeff. di deflusso medio		Afflusso tot [mm]	Deflusso tot [mm]	Coeff. di deflusso	
PELLICE A VILLAFRANCA	1049	471	0,44	19	814	ND	ND	ND
CHISONE A SAN MARTINO	968	752	0,78	18	796	364	0,46	-41%
SANGONE A TRANA	1184	682	0,60	19	930	418	0,45	-25%
DORA RIPARIA A SUSÀ	584	570	0,75	15	754	507	0,67	ND
DORA RIPARIA A TORINO	845	570	0,69	19	744	370	0,50	-28%
STURA DI LANZO A LANZO	1242	1047	0,86	19	940	622	0,66	-23%
STURA DI LANZO A TORINO	1236	840	0,67	19	929	440	0,47	-29%
MALONE A FRONT	1397	768	0,57	20	1067	ND	ND	ND
SOANA A PONT	1295	1044	0,81	18	1000	537	0,54	-34%
ORCO A SAN BENIGNO	1252	766	0,59	18	980	299	0,30	-48%
CHIUSELLA A PARELLA	1528	1171	0,76	19	1220	813	0,67	-12%
DORA BALTEA A TAVAGNASCO	894	907	1,00	19	765	755	0,99	-1%
CERVO A QUINTO VERCELLESE	1191	900	0,77	17	1025	707	0,69	-10%
SEZIA A BORGOSIESA	1600	1395	0,83	15	1202	759	0,63	-24%
SEZIA A PALESTRO	1306	1029	0,75	25	1037	638	0,62	-18%
AGOGNA A MOMO	1380	540	0,36	18	1162	345	0,30	-18%
TOCE A CANDOGLIA	1523	1397	0,91	21	1375	1152	0,84	-8%
VARAITA A POLONGHERA	874	330	0,36	17	659	131	0,20	-45%
MAIRA A RACCONIGI	881	355	0,39	19	652	ND	ND	ND
BANNA A SANTENA	735	141	0,18	20	541	70	0,13	-28%
STURA DI DEMONTE A GAIOLA	1069	954	0,88	18	843	560	0,66	-24%
BELBO A CASTELNUOVO	718	212	0,28	18	483	100	0,21	-26%
BORMIDA DI MILLESIMO A CAMERANA	1029	353	0,34	26	744	213	0,29	-16%
BORMIDA DI SPIGNO A MOMBALDONE	996	713	0,70	26	953	556	0,58	-17%
BORMIDA A CASSINE	916	451	0,48	27	778	325	0,42	-13%
ORBA A BASALUZZO	1280	757	0,59	19	1186	747	0,63	7%
TANARO A FARIGLIANO	1048	785	0,75	18	715	474	0,66	-12%
TANARO AD ALBA	1019	639	0,62	26	729	329	0,45	-27%
TANARO A MONTECASTELLO	930	502	0,51	26	718	340	0,47	-7%
SCRIVIA A SERRAVALLE	1300	570	0,43	19	1201	534	0,44	3%
SCRIVIA A GUAZZORA	1055	471	0,44	19	921	376	0,41	-7%
PO A VILLAFRANCA PIEMONTE	1059	713	0,70	11	849	587	0,69	-1%
PO A TORINO MURAZZI	940	492	0,52	26	690	248	0,36	-31%
PO A SAN SEBASTIANO	1007	494	0,48	14	756	232	0,31	-36%
PO A CASALE MONFERRATO	985	460	0,46	11	759	253	0,33	-28%
PO A VALENZA	987	570	0,57	16	792	368	0,46	-19%
PO A ISOLA SANT'ANTONIO	966	542	0,56	23	761	360	0,47	-16%

Come si può notare dalla tabella, i coefficienti di deflusso nel 2021 sono, in generale più bassi dei valori storici di riferimento. Diminuzioni superiori al 40% si sono avute in alcuni bacini occidentali, quali ad esempio l'Orco e il Chisone e, più a sud, il Varaita. In quelli meridionali, invece, i coefficienti di deflusso risultano di qualche punto percentuale inferiori ai valori medi storici fatta eccezione per la Stura di Demonte e il Belbo dove la variazione è negativa di circa il 30%.

Lungo l'asta del Po si sono calcolati coefficienti di deflusso più bassi rispetto ai valori storici di riferimento, con percentuali decrescenti dalla sezione di Torino verso valle.

3.3 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, tranne per il mese di gennaio, con differenze più marcate da giugno a fine anno. Il coefficiente di deflusso risulta il 31% più basso di quello medio storico: 0,36 del 2021 contro 0,52 storico (come si legge in tabella 5).

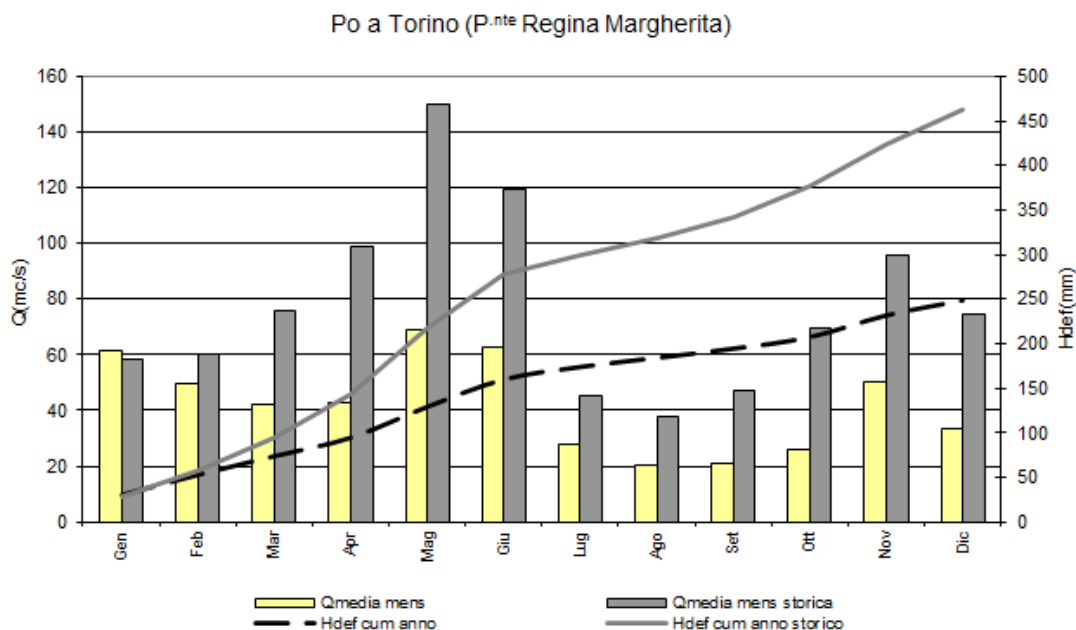


Figura 15. Confronto tra i valori di portata media mensile e deflusso annuo cumulato del 2021 rispetto al periodo storico di riferimento (anni di funzionamento della stazione) per l'idrometro sul Po a Torino.

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 inferiori per tutto l'anno tranne i primi due mesi, in maniera via via più decisa per gli ultimi. Anche in questo caso il coefficiente di deflusso è risultato più basso di oltre il 30% rispetto al valore medio storico: 0,31 del 2021 contro 0,48 storico (vedi tabella 5).

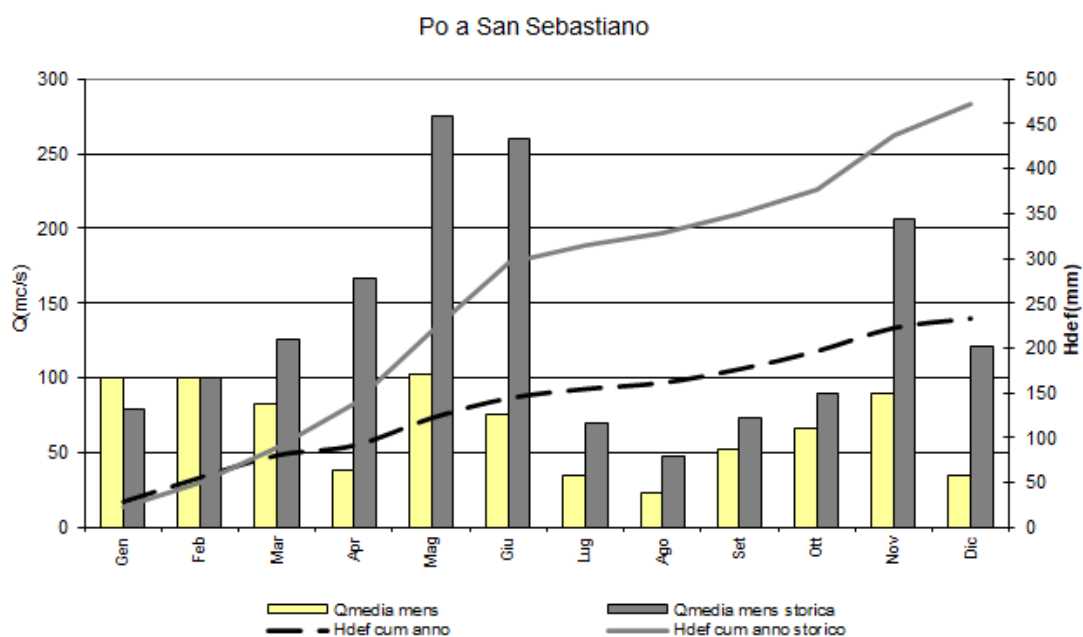


Figura 16. Confronto tra i valori di portata media mensile e deflusso annuo cumulato del 2021 rispetto al periodo storico di riferimento (anni di funzionamento della stazione) per l'idrometro sul Po a San Sebastiano.

Anche per il Po a Valenza (valle confluenza Sesia) l'andamento idrologico rilevato nel 2021 è sostanzialmente lo stesso delle sezioni più a monte ma con differenze tra deflussi osservati e storici leggermente inferiori rispetto alle altre sezioni, infatti il coefficiente di deflusso annuale, pari a 0,46, risulta poco meno del 20% più basso del valore medio storico pari a 0,57 (vedi tabella 5).

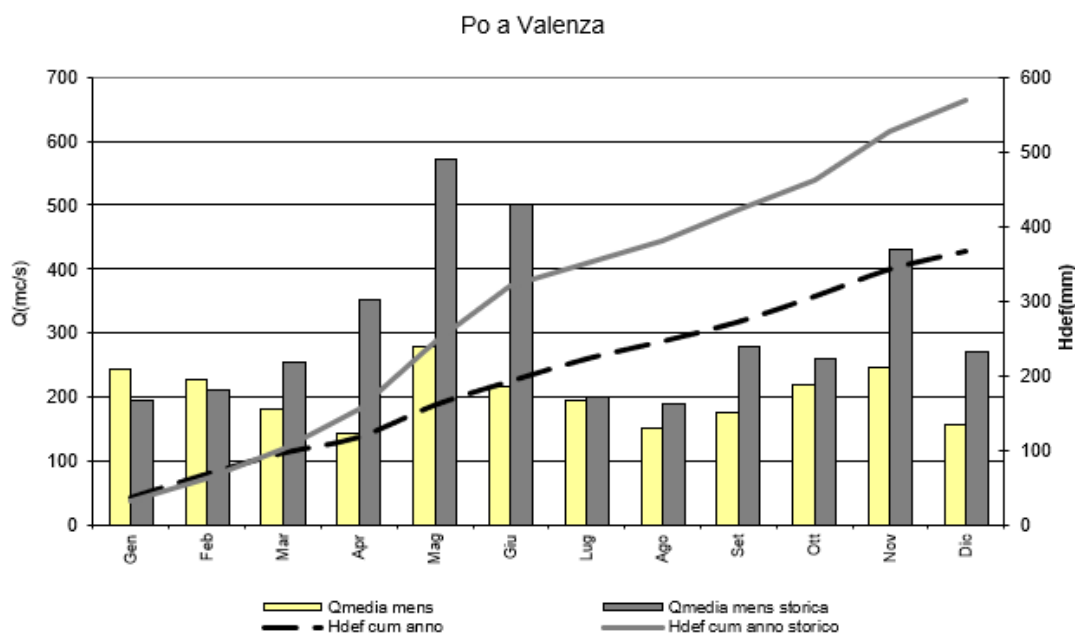


Figura 17. Confronto tra i valori di portata media mensile e deflusso annuo cumulato del 2021 rispetto al periodo storico di riferimento (anni di funzionamento della stazione) per l'idrometro sul Po a Valenza.

Nella sezione di chiusura regionale a Isola Sant' Antonio, si evidenzia un andamento del deflusso su base annuale analogo alle sezioni di monte, con una differenza tra le curve di deflusso, annuale e storico, che cambia di segno nel mese di marzo e rimane marcata negli ultimi due mesi dell'anno. Il

valore del coefficiente di deflusso annuale risulta poco più del 15% inferiore a quello medio storico: 0,47 del 2021 contro 0,56 storico (come si legge in tabella 5).

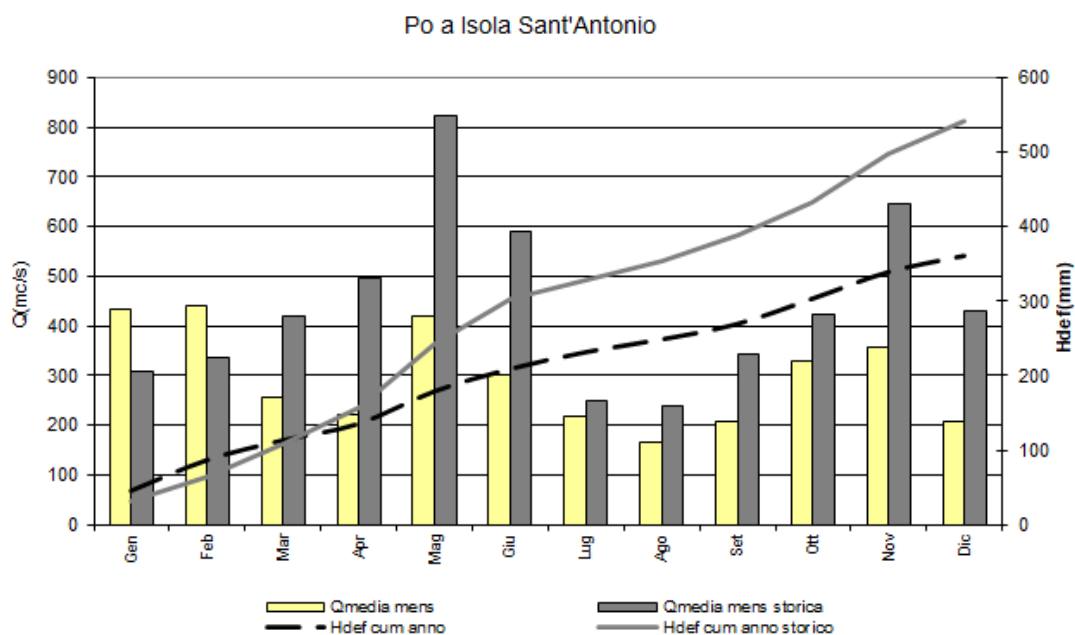


Figura 18. Confronto tra i valori di portata media mensile e deflusso annuo cumulato del 2021 rispetto al periodo storico di riferimento (anni di funzionamento della stazione) per l'idrometro sul Po a Isola Sant'Antonio.

Questo andamento differente tra monte e valle è piuttosto evidente anche se consideriamo alcuni valori caratteristici di portata. Nello specifico vengono riportate, nella tabella 6, le portate giornaliere media, minima e massima annuale e della curva di durata delle portate per il 2021 e i valori medi, minimi e massimi delle stesse relativamente al periodo di funzionamento delle stazioni.

Come si può notare, i valori caratteristici di portata sulle stazioni del Po analizzate, sono vicini ai valori minimi di riferimento calcolati nel periodo di funzionamento per le sezioni più a monte (Torino e San Sebastiano), mentre per le due più a valle sono simili ai valori medi.

Tabella 6. Valori caratteristici delle portate giornaliere e delle curve di durata relativi all'anno 2021 e al periodo di riferimento storico per le sezioni dell'asta di Po più significative.

Stazione Idrometrica	Periodo di riferimento	Q _{MAX} [m³/s]	Q _{MED} [m³/s]	Q _{MIN} [m³/s]	Q ₁₀ [m³/s]	Q ₉₁ [m³/s]	Q ₁₈₂ [m³/s]	Q ₂₇₄ [m³/s]	Q ₃₅₅ [m³/s]
PO A TORINO	2021	247	42	16	107	50	39	25	19
	Media 1995-2020	794	78	25	246	87	57	43	29
	Min 1995-2020	171	43	14	96	40	30	26	17
	Max 1995-2020	2093	121	39	495	153	101	75	52
PO A SAN SEBASTIANO	2021	565	67	14	179	86	54	35	18
	Media 2008-2020	1956	140	14	537	159	89	51	22
	Min 2008-2020	377	70	2	221	82	48	30	5
	Max 2008-2020	3880	189	35	773	255	146	94	53
PO A VALENZA	2021	1579	203	91	429	213	176	151	119
	Media 2005-2020	3141	310	71	1092	342	212	152	90
	Min 2005-2020	765	195	12	496	187	142	89	30
	Max 2005-2020	4797	437	133	1680	577	366	274	164
PO A ISOLA SANT'ANTONIO	2021	2099	296	115	700	333	244	195	123
	Media 1998-2020	4410	442	99	1504	497	308	215	124
	Min 1998-2020	943	250	43	615	225	183	150	55
	Max 1998-2020	9780	687	155	2888	781	520	375	179

4 CONSIDERAZIONI FINALI

Il 2021 in Piemonte è risultato un anno con piogge totali leggermente sotto la media; le precipitazioni cadute nel corso dell'anno sull'intero bacino del fiume Po, chiuso a valle della confluenza con il Ticino, sono state pari a circa 865 mm: tale dato è inferiore del 11% rispetto al valore storico di riferimento. La distribuzione sui 12 mesi è risultata disomogenea, con mesi molto asciutti (febbraio, marzo e dicembre) e altri molto piovosi (luglio e novembre).

Per quanto riguarda la neve fresca il deficit del 2021 risulta significativo sull'arco alpino piemontese rispetto alla media storica (periodo 1981-2020). Questo deficit è molto accentuato e tra la stagione invernale 2020-21 e quella 2021-22 si compensa come distribuzione: dapprima concentrato nei settori occidentali e poi in quelli meridionali e settentrionali. La risorsa nivale tuttavia non ha dato evidenti segni di deficit se analizzata dal punto di vista della neve al suolo grazie alle precipitazioni della primavera 2021, mentre sarà considerevole alla fine del 2021 per la stagione invernale 2021-2022.

Dal punto di vista della siccità meteorologica, l'annata 2021 si è aperta in condizioni generali di normalità grazie alle precipitazioni sopra la norma registrate nel dicembre 2020 e nel gennaio 2021. Tuttavia, i quasi due mesi consecutivi senza apporti pluviometrici significativi osservati tra la fine dell'inverno 20/21 e l'inizio della primavera, ha portato la gran parte della regione in condizioni di siccità moderata tra aprile e maggio, una situazione che si è ulteriormente inasprita a fine estate ed inizio autunno, quando, soprattutto nei bacini meridionali del Cuneese, si sono raggiunti picchi di siccità meteorologica severa, localmente, estrema.

La rapida alluvione dell'Orba a ottobre e, in generale, un mese di Novembre 2021 molto piovoso nelle zone meridionali della regione e non troppo secco a nord, ha dato al Piemonte una breve finestra di normalità. Tuttavia, l'8 dicembre 2021 è stato registrato l'ultimo episodio significativo di precipitazioni diffuse sulla regione, prima che iniziasse una serie consecutiva di 111 giorni senza pioggia che si è protratta fino a primavera 2022 inoltrata.

Questo nuovo periodo secco, da un lato ha contribuito a far raggiungere al deficit pluviometrico medio annuo 2021 valori percentuali attorno al 16% e, dall'altro, ha innescato un periodo di scarsità idrica diffusa e da record di cui si pagano le conseguenze anche nel 2022.

Relativamente alle portate dei corsi d'acqua regionali, il 2021 può essere considerato un anno sotto la media, infatti, nel bilancio complessivo dell'anno, si sono registrati scostamenti negativi rispetto ai valori storici di riferimento praticamente ovunque poiché sono mancati eventi significativi nei mesi storicamente più piovosi, ad eccezione di novembre, e sono stati diversi i periodi asciutti sia in primavera che in autunno. Nella sezione di Isola S. Antonio, chiusura del bacino del Po piemontese, la portata media annua è stata il 33% più bassa del valore medio storico.

5 APPROFONDIMENTI

Il clima in Piemonte 2021

Rendiconto nivometrico 2020-2021

Rapporto eventi temporaleschi 7-8 luglio 2021

Rapporto evento 13 luglio 2021

Rapporto evento 3-5 ottobre 2021