



PIENE DI PROGETTO NEI BACINI ALPINI: ANALISI DI TREND IN ITALIA E AUSTRIA

Daniele Ganora^{1*}, Alessandro Apostolo ¹, Irene Brignolo¹, Irene Monforte¹, Alberto Viglione¹ & Pierluigi Claps¹

(1) Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, Territorio ed Infrastrutture, Politecnico di Torino

*email: daniele.ganora@polito.it

1 INTRODUZIONE

La compilazione di banche dati sempre più complete sulle portate di piena ha consentito di esaminare su scala europea le tendenze che il riscaldamento globale sembra aver causato su questi fenomeni (Blöschl et al., 2019). Studi mirati sulla scala regionale possono consentire di testare ipotesi su quali meccanismi possono essere considerati responsabili di queste variazioni. Considerando la regione alpina, una delle possibili direzioni è l'approfondimento dell'approccio proposto da Allamano et al. (2009) sui bacini montani ad un'area di dimensioni rilevanti.

La ricerca qui documentata parte dalla costruzione di un insieme esaustivo delle serie storiche delle piene massime annue dei bacini del nord Italia (Apostolo, 2019) ed un campione di bacini montani austriaci (Como, 2015) recentemente ampliato, e si inquadra nel tentativo di esaminare le evidenze empiriche di incremento temporale delle portate di piena in montagna. L'applicazione di metodi statistici di analisi dei trend è stata preceduta da un'accurata selezione dei casi da esaminare, tendente a raggruppare nel campione solo bacini per i quali sia da ritenersi significativo il ruolo dell'accumulo e scioglimenti della neve nella produzione del deflusso di piena.

2 AREA DI STUDIO E CARATTERISTICHE DEI DATASET DELLE PIENE ANNUE

La regione di studio ricomprende l'arco alpino italiano e le Alpi austriache e si estende per circa 750 km da ovest a est e per circa 400 km da sud a nord. La regione occupa un totale di quasi 80000 km² di superficie, di cui circa 45000 km² in Italia e 35000 in Austria (Fig.1). Sono state considerate stazioni di misura che sottendono bacini aventi quota media non inferiore a 1000 m s.l.m. Si è inoltre posto il limite minimo a 10 anni di osservazioni di portate al colmo e si è stabilita la condizione di non avere a monte della sezione di chiusura grandi laghi o rilevanti opere idrauliche di ritenuta.

Pur con le limitazioni sopra indicate si è potuto contare su un numero complessivo di 140 bacini in Italia e 119 bacini in Austria. Le caratteristiche macroscopiche di questi bacini sono riportate nelle tabelle 1 e 2. Il campione selezionato è composto da stazioni aventi in maggioranza tra i 10 e i 60 anni di dati, concentrati prevalentemente tra il 1951 e il 2007. Solo 27 stazioni hanno più di 60 osservazioni. Le caratteristiche principali dei bacini considerati sono riportate, usando i quantili dei valori, nelle Tabb 1 e 2.

Dati idualogiai a maufalogiai	Quantile	Quantile	Quantile	Quantile	
Dati idrologici e morfologici	0.25	0.50	0.75	0.95	
Area bacini (km²)	86	203	698	5797	
Quota media bacini (m s.l.m.)	1524	1858	2161	2633	
Dislivello bacini (m)	1916	2472	2973	4027	
N° anni di osservazione	16	32	44	74	

Tabella 1. Dati morfologici dei bacini italiani e dei rispettivi dataset considerati

Dati idrologici e morfologici	Quantile 0.25	Quantile 0.50	Quantile 0.75	Quantile 0.95
Area (km²)	105	273	932	5119
Quota media (m s.l.m.)	1294	1626	1909	2259
Dislivello massimo (m)	1579	2036	2391	3283
N° osservazioni massimi di portata	34	44	57	60

Tabella 2. Dati morfologici dei bacini austriaci e dei rispettivi dataset considerati

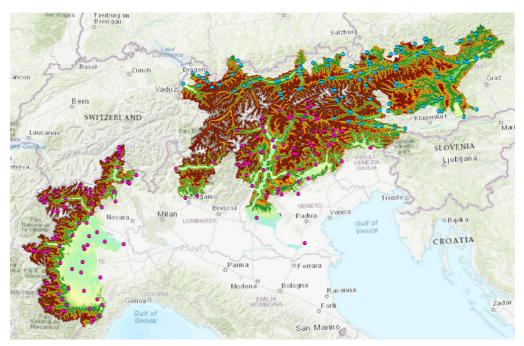


Figura 1. Rappresentazione del DTM dell'area di studio con la posizione delle 259 stazioni di misura considerate (Fonte: ESRI, OpenStreetMap, GIS User Community).

3 ANALISI STATISTICA ESPLORATIVA

Nel lavoro di Allamano et al. (2009) si sono esaminate alcune serie storiche di portate di piena di bacini svizzeri, considerando sia indicatori statistici di trend che l'applicazione di un modello geomorfoclimatico, il quale ha fornito risultati compatibili con le variazioni nel tempo riscontrate empiricamente. In questo lavoro, volendo esaminare gli andamenti delle portate di piena in un'area molto più grande, si sono intraprese analisi statistiche sistematiche considerando separatamente, in prima battuta, l'area italiana e quella austriaca.

In primo luogo, le analisi di trend hanno considerato singolarmente tutte le serie storiche disponibili. Per la ricerca dei trend è stata utilizzata la regressione lineare basata sul metodo dei minimi quadrati ordinari, mentre la significatività statistica è stata verificata attraverso il test di Student (al 5%) relativo al coefficiente angolare. In Tab.3 si riportano i risultati ottenuti per l'Italia e per l'Austria (in parte tratti da Apostolo, 2019 e Como, 2015). In Austria (dove le serie sono più lunghe) emerge una marcata tendenza di segno positivo.

Segno trend	(ITA) Test ok	(ITA) Test No	(A) Test ok	(A)Test No
Positivo	18	51	19	64
Negativo	10	61	2	34

Tabella 3. Risultati del test del trend sulle singole serie (Test No indica risultato non statisticamente significativo)



4 METODI DI REGRESSIONE PER QUANTILI

I risultati ottenuti con test sulle singole stazioni non consentono di ottenere, specie in Italia, una risposta univoca alla verifica di trend temporale. Metodi basati sul raggruppamento delle stazioni (come ad esempio quelli usati per le piogge estreme in Libertino et al., 2019) non risultano risolutivi quando le grandezze in esame sono relative ad aree (spesso annidate) e non a singoli punti. Coerentemente con quanto già suggerito in Allamano et al. (2009) si sono quindi utilizzate tecniche regionali di regressione relative ai quantili di piena calcolati sui valori complessivamente disponibili anno per anno.

La regressione per quantili permette di determinare uno specifico quantile della variabile dipendente condizionata ad una variabile indipendente (Koenker & Hallok, 2001). Nel caso specifico, il metodo analizza la relazione esistente tra il quantile τ della portata al colmo di piena Q_y (variabile dipendente) e il tempo x (variabile predittiva). Assumendo che la funzione di regressione sia lineare il modello può essere scritto:

$$Q_{\nu}(\tau|x) = \beta_0 + \beta x + F^{-1}(\tau) \tag{1}$$

dove $F^{-1}(\tau)$ è la funzione d'errore e β_0 e β sono i parametri della retta di regressione stimati mediante minimizzazione degli scarti assoluti.

Il metodo, essendo applicato a valori separatamente disponibili ogni anno in tutte i bacini appartenenti ad una regione, consente di utilizzare anche serie storiche non particolarmente lunghe, in quanto di queste vengono utilizzati i valori solo quando disponibili. Per ovviare alla obiezione di disomogeneità che i dati hanno in quanto provenienti da bacini di dimensioni diverse, la regressione è applicata a dati di portata adimensionalizzati in funzione dell'area del bacino (sono quindi espressi in $m^3/s/km^2$)

Il metodo di regressione per quantili è stato applicato separatamente ai due insiemi di dati provenienti dai bacini italiani ed austriaci. I grafici in Fig. 2 consentono di apprezzare in primo luogo la quantità di osservazioni contemporaneamente presenti in ogni anno. I dati italiani sono compresi tra il 1930 ed il 2010 mentre quelli austriaci vanno dal 1951 al 2007. Secondariamente, è possibile riscontrare che i dati italiani presentano valori che superano diverse volte il valore di $4 m^3/s/km^2$, cosa che non accade in Austria. Non sono invece visibili i quantili di ogni anno, che sono disposti intorno alle rispettive rette di regressione. Quella più alta corrisponde al quantile 0.95, mentre più in basso seguono le rette relative ai quantili 0.75, 0.50 e 0.25. Anche per queste relazioni è stato utilizzato il test di Student.

I risultati emersi segnalano tendenze significative all'incremento dei quantili di piena sia in Italia che in Austria (Tabb. 4 e 5). Questi risultati sono inediti per l'Italia e coerenti con quanto emerso in Blöschl et al. (2019) per l'Austria, mentre contraddicono altri risultati, come ad esempio quelli di Villarini et al. (2011) ottenuti però su un numero limitato di bacini e non necessariamente di alta quota.

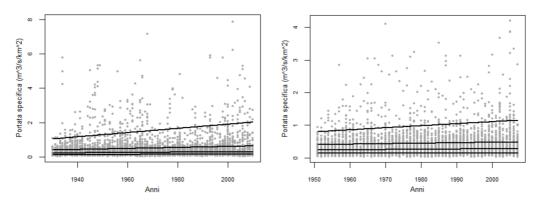


Figura 2. Rette di regressione per quantili relative ai bacini italiani (sin.) e austriaci (dx). Più in alto i quantili maggiori (Tabb. 4 e 5).

Uno dei problemi che sorge nell'applicazione di questa relazione riguarda la rappresentatività del campione complessivo analizzato. I periodi di osservazione considerati per i due blocchi di bacini rappresentano l'estensione massima ragionevole, potendo contare su almeno 60 bacini contemporaneamente attivi (in entrambi i casi). Per il solo caso italiano si è provato a valutare l'effetto di una riduzione dell'intervallo di



tempo analizzato sul risultato della regressione per quantili, considerando tutti i possibili periodi di 30 anni compresi tra il 1930 ed il 2010. In Fig. 3 si può notare che i coefficienti angolari dei primi trentenni sono positivi mentre i sotto-periodi centrali propongono trend decrescenti anche statisticamente significativi. Tuttavia è rilevante notare che tutti gli ultimi 15 trentenni sono a trend positivo e validato dal test T-Student.

Quantile	Coefficiente angolare $[\beta]$	Errore standard [e]	$T = \beta/e$	Test di Student
0,25	0.0306	0.00828	3.69	Superato
0,5	0.00756	0.0175	4.32	Superato
0,75	0.236	0.0413	5.72	Superato
0,95	0.993	0.225	4.42	Superato

Tabella 4. Risultati della regressione per quantili per i bacini italiani

Quantile	Coefficiente angolare $[\beta]$	Errore standard [e]	$T = \beta/e$	Test di Student
0,25	0.00534	0.00862	0.62	Non Superato
0,5	0.0449	0.0138	3.26	Superato
0,75	0.0818	0.0268	3.04	Superato
0,95	0.356	0.100	3.55	Superato

Tabella 5. Risultati della regressione per quantili per i bacini austriaci

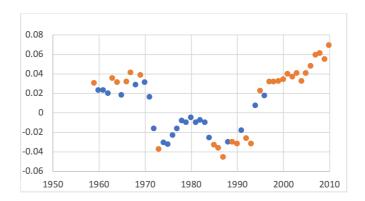


Figura 3. Coefficienti angolari delle regressioni sui bacini italiani per il quantile 0.95 relativi a periodi di 30 anni compresi tra il 1930 ed il 2010 (punti posti al termine dei 30 anni e colorati di rosso quando trend significativo).

In conclusione, le tendenze emerse da questo primo blocco di analisi statistiche incoraggiano da un lato ad approfondire l'analisi di omogeneità dei campioni per un ulteriore controllo dei risultati e, dall'altro, ad avviare analisi con modellistica idrologica per ricercare le motivazioni fenomenologiche dei trend positivi.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Allamano, P., P. Claps, and F. Laio, Global warming increases flood risk in mountainous areas, Geophys. Res. Lett., 36, L24404, doi:10.1029/2009GL041395, 2009

Apostolo, A, Studio sugli effetti del cambiamento climatico sulle piene dei bacini alpini, Tesi di laurea. Politecnico di Torino. 2019. Blöschl, G.; J. Hall, A. Viglione et al.,, Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature - ISSN 0028-0836, 2019

Como, A. Sensitività ai cambiamenti climatici delle portate di piena nei bacini alpini, Tesi di laurea. Politecnico di Torino. 2015. Koenker, R. and Hallock, F., Quantile regression, Journal of Economic Perspectives – V. 15, N. 4, 143-156, 2001.

Libertino A., D. Ganora and P. Claps. Evidence for increasing rainfall extremes remains elusive at large spatial scales: the case of Italy. Geophysical Research Letters, 46, DOI:10.1029/2019GL083371, 2019

Villarini G., J. A. Smith, F. Serinaldi, A. A. Ntelekosb, U. Schwarzb, Analyses of extreme flooding in Austria over the period 1951 – 2006, Int. Jour. of Climatology, 32: 1178–1192, 2012.