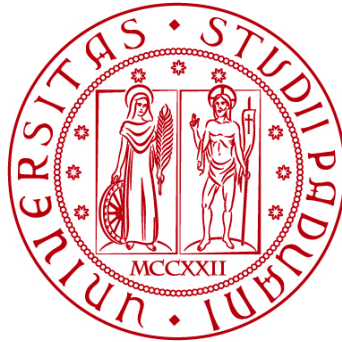


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE
Department Of Civil, Environmental and Architectural Engineering

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



TESI DI LAUREA

Analisi della persistenza del reticolo idrografico in un contesto alpino

Relatore: Chiar.mo PROF. Gianluca Botter

Laureando: Marco Schiavon

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

Indice

Abstract	1
Capitolo 1 – Introduzione	2
Capitolo 2 – Area di studio: il bacino del Focobon	4
Capitolo 3 – Materiali e metodi	7
3.1 Strumentazione	7
3.2 Metodologia impiegata per la mappatura e l'analisi del flusso idrico	8
3.3 Creazione del modello in ArcGis	10
Capitolo 4 – Analisi del flusso idrico in diversi tratti del torrente Focobon	13
4.1 Intero reticolo.....	14
4.2 Canale 1.....	15
4.3 Canale 2.....	17
4.4 Canale 3	18
4.5 Canale 4.....	20
4.6 Canale 5.....	21
4.7 Canale 6.....	23
4.8 Canale 7.....	24
4.9 Canale 8.....	26
4.10 Canale 9.....	27
4.11 Canale 10.....	29
4.12 Canale 11.....	30
4.13 Canale 12.....	32
4.14 Pregi e difetti del metodo di analisi	38
Capitolo 5 – Conclusioni	39
Capitolo 6 – Bibliografia e sitografia	41

Abstract

La mappatura e l'analisi della distribuzione spaziotemporale dei flussi idrici in un bacino idrografico è senza ombra di dubbio uno degli aspetti più rilevanti dell'idrologia, oltre a rappresentare una pietra miliare in tutte le attività di controllo e monitoraggio dei corsi d'acqua. La presente tesi si propone di rappresentare le dinamiche di espansione e contrazione di una parte del reticolo idrografico del Focobon analizzandone la distribuzione spaziale della persistenza dei nodi della rete. I dati presentati in questa tesi sono stati raccolti durante sette uscite svolte nel magnifico territorio delle Dolomiti Bellunesi, nel comune di Falcade. In particolare è stata effettuata un'analisi della variabilità temporale della presenza di flussi superficiali in diversi tratti del reticolo in relazione alla forzante climatica. L'analisi ha consentito di rappresentare la variazione del deflusso superficiale per i vari canali che compongono il reticolo idrografico durante cinque mesi. L'analisi ha mostrato che il reticolo ha sperimentato una contrazione durante il periodo di osservazione anche se tale contrazione non è avvenuta in modo omogeneo all'interno del reticolo.

Capitolo 1

Introduzione

Il bacino idrografico è quella porzione di territorio che convoglia le acque di precipitazione meteorica (pioggia, neve, grandine) in un fiume principale attraverso la formazione di un fitto reticolo di affluenti secondari. Fiumi e torrenti rappresentano pertanto la fase terrestre del ciclo dell'acqua; essi infatti si originano da quella parte di precipitazioni che, giunta al suolo, vi permane come acqua di deflusso superficiale seguendo le linee di maggior pendenza del territorio fino al mare. Ogni bacino idrografico è separato dai bacini adiacenti dalla linea spartiacque e racchiude in definitiva al suo interno un reticolo idrografico formato dal corso d'acqua principale e dagli affluenti che lo alimentano.

Le reti fluviali sono elementi chiave del paesaggio, in quanto rappresentano corridoi ecologici per le specie biologiche e contribuiscono in modo significativo a modellare la risposta idrologica dei bacini idrografici. Per decenni, l'organizzazione spaziale dei corsi d'acqua ha stimolato il dibattito scientifico sui modelli morfologici ed ecologici osservati nei bacini fluviali. A scala fine, la localizzazione delle testate dei canali è stata al centro di un lavoro pionieristico che ha alimentato una serie di metodologie per l'analisi delle mappe digitali del terreno; a scala spaziale più ampia, le indagini teoriche hanno esaminato le origini e le implicazioni della forma ramificata delle reti fluviali e la loro natura frattale.

Recentemente, la dimensione temporale delle reti fluviali è stata riconosciuta come una questione centrale non solo su scale temporali geologiche tipiche dei modelli di evoluzione del paesaggio, ma anche nel corso di singoli anni o stagioni, durante i quali i segmenti fluviali possono temporaneamente cessare di scorrere. Questa evidenza empirica ha dimostrato che la parte attiva delle reti di canali sperimenta una sequenza continua di cicli di espansione e contrazione guidati dalle precipitazioni. Lo studio delle dinamiche attive dei corsi d'acqua è quindi fondamentale non solo per caratterizzare i modelli spaziali dei regimi idrologici, ma anche per comprendere l'influenza dell'intermittenza del flusso sulla dispersione ecologica, sui processi fluviali, sullo scambio iporreico e sulla spirale dei nutrienti.

Lo sviluppo di leggi specifiche che regolino l'uso dell'acqua nei corsi d'acqua non permanenti rappresenterebbe un importante passo avanti nella politica idrica, dal momento che il numero e l'estensione dei corsi d'acqua temporanei è destinato ad aumentare in futuro a causa dell'azione combinata dell'urbanizzazione, del prelievo di acqua sotterranea e superficiale e dei cambiamenti climatici. Per aumentare la consapevolezza dell'importanza dei corsi d'acqua temporanei nella comunità scientifica e nella società è fondamentale fornire alla comunità nuovi dati sull'espansione e la contrazione della rete, possibilmente sfruttando i recenti progressi tecnologici nella strumentazione e nei modelli.

I vantaggi di stabilire una relazione diretta tra lunghezza della rete e precipitazioni (al posto dell'analoga relazione tra lunghezza della rete e portata) possono essere molteplici.

Il flusso di corrente è un output integrato spazialmente e temporalmente che a sua volta dipende dalla dinamica delle precipitazioni. Di conseguenza, la portata osservata all'uscita di un determinato bacino idrografico riflette il modo in cui gli apporti di precipitazione antecedenti nell'area contribuyente sono stati immagazzinati e instradati attraverso le diverse unità di paesaggio.

Un'adeguata caratterizzazione della lunghezza permette invece di fare un'inferenza diretta sull'effetto a scala di bacino dei cicli di espansione e contrazione sperimentati dalla rete fluviale in risposta a condizioni idro-climatiche instabili.

Studi sperimentali (Durigetto et. al.,2020) hanno dimostrato che la lunghezza della rete fluviale in un determinato momento è il risultato delle precipitazioni antecedenti su un'ampia scala temporale, da settimanale a mensile. Ciò potrebbe ostacolare l'identificazione di chiare connessioni causali tra la portata locale e la lunghezza della rete attiva a monte. D'altra parte, le precipitazioni sono un indicatore spazialmente distribuito, perfettamente adatto a essere integrato nel tempo e nello spazio, e forniscono informazioni utili sull'attivazione selettiva di diversi processi idro-climatici alla base dell'espansione/contrazione della rete nei bacini fluviali. Inoltre, la lunghezza del canale attivo e le sue variazioni temporali esercitano un controllo fondamentale su una serie di fattori rilevanti per l'evoluzione temporale della qualità dell'acqua del torrente, tra cui la distribuzione dei tempi di percorrenza su scala di bacino e la forza della connettività collina-canale. Questa circostanza suggerisce l'importanza di mappare non solo i corsi d'acqua direttamente collegati alla foce, ma anche tutti i canali che possono essere temporaneamente o permanentemente disconnessi alla sezione di chiusura di un bacino.

In particolare in questo lavoro di tesi si analizza la lunghezza totale attiva mettendo in relazione queste proprietà con le precipitazioni, seppur in modo qualitativo. Queste indagini sul campo hanno rivelato che l'espansione/contrazione della rete analizzata generata dalla variabilità climatica rappresenta una regola generale piuttosto che un'eccezione e che una frazione importante della rete di drenaggio esistente è, nella maggior parte dei casi, dinamica.

Capitolo 2

Area di studio: il bacino del Focobon

La regione Veneto è morfologicamente molto complessa. In essa vi sono numerosi rilievi, che caratterizzano una densa rete idrografica superficiale. Il territorio è suddiviso in blocchi montuosi affini, che riforniscono gli acquiferi principali della regione. La suddivisione, effettuata per semplificare e comprendere appieno le numerose aree di alimentazione, è stata effettuata con un approccio topografico. In questo modo si sono identificate sette provincie idrogeologiche, ognuna delle quali presenta una relativa uniformità litostratigrafica (formazioni) e strutturale. In un contesto di aree protette e parchi fluviali la sostenibilità richiede una profonda conoscenza dell'area fluviale di interesse e del relativo bacino idrografico, utili soprattutto per conoscere i potenziali effetti delle decisioni nell'ambito della gestione del territorio.

Il bacino Focobon è contenuto nella provincia Dolomitica, la quale è quella posta più a nord nella regione. Questa provincia idrogeologica contiene la quasi totalità dei gruppi montuosi delle dolomiti del veneto fino alla Linea della Valsugana.

Più nello specifico, il bacino in esame è posto nella parte alta del Gruppo del Focobon, un massiccio montuoso dolomitico che inizia in prossimità del Passo delle Farangole (o di Val Grande) e si estende verso est con il Campanile del Focobon (2969 metri), la Cima del Focobon (3054 metri), la Cima di Campido (3001 metri), la Cima Zopel (2813 metri) e infine i Campanili dei Lastei di Focobon (2721 metri).

Le Cime del Gruppo del Focobon sono tra le più importanti del Territorio dell'Agordino ed esse sono caratterizzato da una zona a settentrione rocciosa con conche glaciali a nord e una vasta serie di piccole valli, mentre a sud da una conformazione più dolce e regolare, prevalentemente boscosa.

Il bacino Focobon è collocato nel comune di Falcade. In esso vi scorre il torrente Focobon, il quale confluisce ad una quota di circa 1200 m s.l.m. nel corso d'acqua Biois, il quale a sua volta confluisce nel fiume Piave. Il bacino in esame presenta una superficie all'incirca di 5.60km², caratterizzata da un'altimetria molto variabile e compresa fra 1760 e 3050 m s.l.m..

Le montagne della zona sono caratterizzate da vette aspre, le quali hanno un profilo altimetrico che presenta dislivelli superiori ai 2000m tra il fondovalle e le cime. Ghiacciai, frane e corsi d'acqua hanno inciso e scavato le catene montuose presenti, soprattutto nel periodo compreso fra 2 milioni di anni fa ed oggi. La morfologia del territorio è quindi stata pesantemente modellata, a causa della presenza di rocce con alto grado di erosione.

Nel territorio di Falcade vi sono rocce arenaceo-marnose, rocce calcaree, rocce gessifere e rocce carbonatiche, che sono particolarmente instabili e hanno permesso una profonda erosione del territorio. Il substrato roccioso è sovrastato da terreni sciolti, presenti maggiormente nel fondovalle e in continua diminuzione man mano che si sale di quota, fino alla quasi loro assenza nei picchi più alti. Il Gruppo del Focobon in particolare è caratterizzato da pareti rocciose subverticali, alte fino a 400 m, soggette attualmente a degradazione geliva ed a crolli, con formazione di estese falde detritiche al piede. Assai diffuse le tracce della morfogenesi glaciale recente.

È interessante notare come quasi tutti i canali siano impostati lungo filoni di lave andesitiche più degradabili, sia sul Gruppo del Focobon, sia sulla dorsale del Mulaz, ove le rocce laviche sono particolarmente evidenti.

Il territorio che si sviluppa attorno al comune di Falcade è tutelato a livello paesaggistico e confina con il Parco di Paneveggio. Nel bacino Focobon vi è una notevole differenza fra monte e valle.

- A monte, sopra i 2000 m s.l.m. vi è un terreno permeabile, caratterizzato da depositi di ghiaia e detriti, prodotti dall'erosione delle rocce circostanti. La permeabilità di questa zona consente l'infiltrazione della quasi totalità delle precipitazioni, ostacolando il deflusso superficiale dell'acqua proveniente dallo scioglimento della neve o dalla pioggia.
- A quote inferiori ai 2000 m s.l.m. è presente una zona intermedia caratterizzata da prati e valli seguita da una zona boschiva composta da pini, abeti e larici in particolare in prossimità del torrente Focobon, sotto il quale vi è roccia sedimentaria. Con l'abbassarsi della quota, aumenta il substrato roccioso originato dai vulcani. Questo substrato piroclastico tende a evitare l'infiltrazione dell'acqua, a causa della sua alta impermeabilità, favorendo quindi il deflusso superficiale. Questo substrato, con l'aggiunta di altri effetti concatenati è stato significativo nell'alluvione del 1966 e in quelle precedenti del 1686 e 1687, favorendo uno stato di instabilità generale del sottosuolo, comportando importanti dissesti idrogeologici, talora tragici per la popolazione residente.

Il clima nel bacino è alpino, con un gradiente di temperatura pari a circa 10 °C per ogni 1000m di dislivello. Gli inverni sono lunghi, con copiose nevicate, mentre l'estate è più breve e fresca, ma al contempo caratterizzata da numerose e frequenti precipitazioni. La primavera è invece caratterizzata dallo scioglimento delle nevi, con notevole apporto d'acqua nei torrenti.

La portata del Focobon è molto variabile su base stagionale:

- Durante l'inverno si osserva un drastico calo delle portate soprattutto nella parte alta, a causa delle bassissime temperature che comportano il congelamento quasi totale del bacino. La temperatura può infatti essere notevolmente sotto lo zero, con picchi anche di -20°C.
- Durante la primavera e l'estate, a causa dello scioglimento delle nevi sulla triade del Focobon, si osservano le massime portate del torrente, favorite anche dalle abbondanti precipitazioni. Il disgelo interessa dapprima le porzioni di territorio più a valle, caratterizzate da temperature superiori, e successivamente le zone più a monte, le quali sono determinanti soprattutto per la portata estiva del torrente.

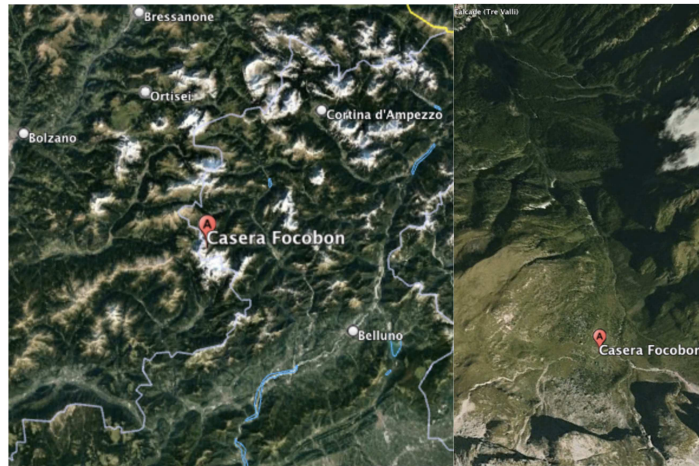


Fig. 2.1 Posizione del bacino Focobon

L'area di interesse che è stata mappata e successivamente analizzata si estende dalle tre cime caratterizzanti il Gruppo del Focobon (Campanile del Focobon, Cima del Focobon e Cima di Campido) fino ad un ponticello di legno situato ad una quota di 1793 m nel sentiero 722 di poco antecedente la Casera Focobon, il quale è stato definito come sezione di chiusura del bacino in analisi.



Fig. 2.2 Area di interesse del bacino Focobon con vista panoramica.

Capitolo 3

Materiali e metodi

3.1 Strumentazione

Gli strumenti impiegati per la raccolta dati e la loro rappresentazione sono:

- Mappa cartografica del luogo: essa è stata impiegata per riuscire ad avere una stima della mappatura del bacino Focobon prima di recarsi in loco;
- Maps 3D- Outdoor GPS: strumento di navigazione GPS utilizzato per avere una stima della rete idrografica e facilitare i rilevamenti e gli spostamenti in campo;
- Suunto Ambit3 Vertical: orologio GPS e GLONASS con funzionalità multisport adoperato per la localizzazione e la distinzione dei vari nodi costituenti il bacino oltre che alla sua mappatura;
- Iphone XR: impiegato per scattare delle fotografie, in modo da avere un confronto visivo dei vari nodi della rete;
- Google Earth: programma utilizzato per rappresentare e correggere l'errore relativo all'ubicazione dei nodi del reticolo idrografico;
- ArcGis: sistema informativo geografico (GIS) prodotto da Esri. Esso è stato usato per la creazione e l'analisi iterativa del bacino;

3.2 Metodologia impiegata per la mappatura e l'analisi del flusso idrico

Durante il primo rilievo è stato necessario percorrere tutta la rete idrografica cercando di individuare eventuali canalizzazioni non segnate nelle mappe (cartografiche e online) per segnare tutti i nodi necessari al fine del nostro studio.

Per svolgere questa procedura si è operato nel seguente ordine:

1. È stata consultata la carta topografica regionale e l'app Maps 3D-Outdoor GPS per avere un'idea della distribuzione dei vari affluenti al bacino e la possibile ubicazione dei nodi di interesse per i rilevamenti;
2. Individuazione della sezione di chiusura;
3. Dalla sezione di chiusura si è seguito il corso d'acqua verso monte segnando un nodo circa ogni 30 metri tramite la funzione "Punti di Interesse" presente nel Suunto Ambit3 Vertical (l'obiettivo è stato quello di rilevare la sinuosità del corso d'acqua e lo stato di attività, la densità dei nodi è stata ridotta nei tratti più rettilinei e sicuramente attivi, ed aumentata nei tratti più tortuosi con una maggiore dinamicità); inoltre ad ogni nodo della rete è stato dato uno dei seguenti valori per analizzarne il flusso idrico:
 - 0 per flusso idrico assente
 - 1 per flusso idrico moderato con larghezza del corso d'acqua ≤ 10 cm
 - 2 per flusso idrico significativo con larghezza del corso d'acqua > 10 cm
4. In presenza di una confluenza, si è seguito il corso d'acqua con una portata maggiore per poi spostarsi a quello con la portata minore ripetendo la stessa operazione;
5. Una volta arrivati nel punto più a monte è stata segnata una testa di canalizzazione.
6. Tramite le coordinate geografiche dei nodi salvati come "Punti di Interesse" è stato utilizzato Google Earth per la loro raffigurazione.



Fig. 3.1 Punti di interesse raccolti

Nei rilievi successivi al primo, essendo la rete idrografica già definita, si è ottimizzato il percorso andando ad analizzare i nodi con una maggiore variabilità definendo un valore del flusso idrico (significativo, moderato, assente), prestando attenzione nell'identificare altre eventuali confluenze sfuggite in precedenza.

I rilievi sono stati effettuati nelle seguenti date:

- 04/07/2020;
- 11/08/2020;
- 23/09/2020;
- 30/09/2020;
- 18/10/2020;
- 09/11/2020;
- 18/11/2020.



Fig. 3.2 Rappresentazione fotografica di un nodo della rete nei rilievi svolti in data 23/09 e 18/11

3.3 Creazione del modello in ArcGis

ArcGis è un sistema informativo geografico usato per la creazione e l'uso di mappe, compilazione di dati geografici, condivisione e gestione di informazioni geografiche in una base di dati.

Il programma è stato utilizzato con lo scopo di rappresentare il reticolo idrografico analizzato in tutte le sue componenti, creando così una mappa iterativa che potesse anche per via grafica rappresentare la persistenza relativa ai rilievi svolti. In aggiunta è stato possibile ricavare la lunghezza dei vari tratti del canale, aspetto determinante per la successiva analisi del flusso idrico collegato alle precipitazioni.

Per la creazione e lo sviluppo del modello è stato utilizzato un sistema di riferimento "WGS 1984 UTM Zone 32 N" al quale si è stati fedeli per tutta la rappresentazione. Sfruttando la funzione Shapefile sono stati creati i layer "Nodi" e "Rete Idrografica" grazie ai quali è stato possibile costruire delle tabelle iterative impiegate per la raffigurazione dell'intera rete. Esse mostrano dati di interesse quali lunghezza del singolo canale e attività dei nodi, inoltre danno la possibilità di aggiornare la rappresentazione del modello una volta effettuato un nuovo rilevamento, tenendo memoria dei rilevamenti segnati precedentemente.

Sulla base delle coordinate dei nodi segnati su Google Earth è stata così costruita la rete idrografica, aggiustando graficamente i possibili errori GPS, assegnando ad ogni nodo e canale un simbolo e un colore che ne definisce le caratteristiche e lo stato secondo la seguente modalità:

Codice	Descrizione
▲ H	Head, testa di canalizzazione. Indica il punto da cui iniziano i segni evidenti di canalizzazione. A monte di questo punto l'eventuale deflusso superficiale non è canalizzato.
● N	Nodo. Indica un punto all'interno della rete idrografica
✕ C	Confluenza. Punto nel quale un corso d'acqua si immette in un altro corso d'acqua
▼ S	Sink, reinfiltrazione. Punto nel quale la canalizzazione cessa; il corso d'acqua può diventare disperso e non identificabile oppure l'acqua può infiltrarsi e trasformarsi in deflusso subsuperficiale. Il tratto di rete idrografica risulta quindi disconnesso dall'outlet del bacino.

Color	State
	Active
	Dry

Fig. 3.3 Legenda Nodi

Model	
	Active
	Dry

Fig. 3.4 Legenda rete idrografica

Ogni nodo è stato numerato per poterne tenere traccia. Una volta rappresentata la rete idrografica è bastato modificare i valori tabulati per avere un'altra raffigurazione e riuscire quindi a vedere la variabilità del flusso idrico nel tempo.

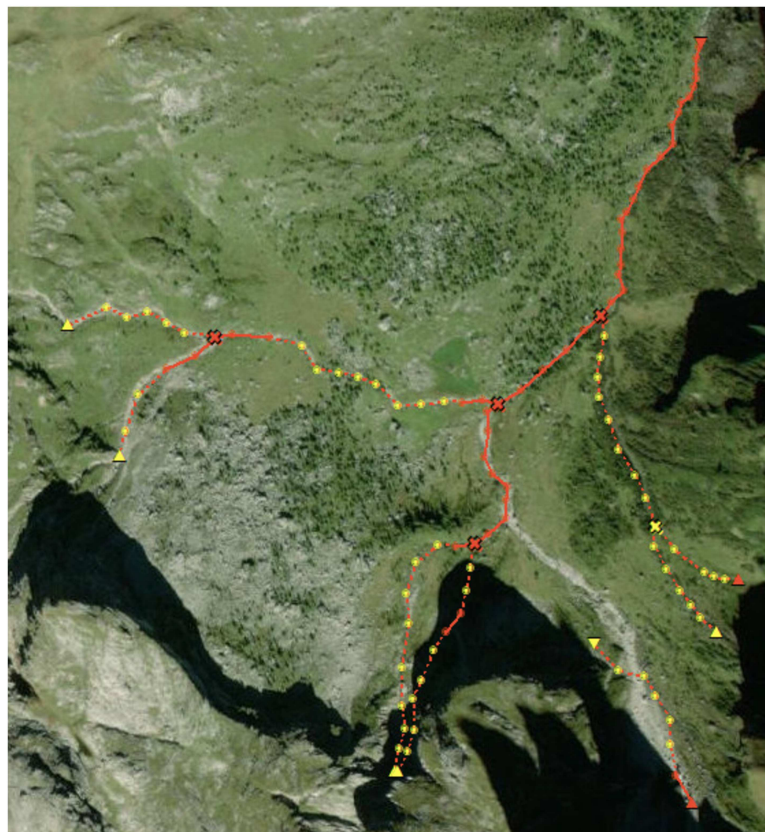
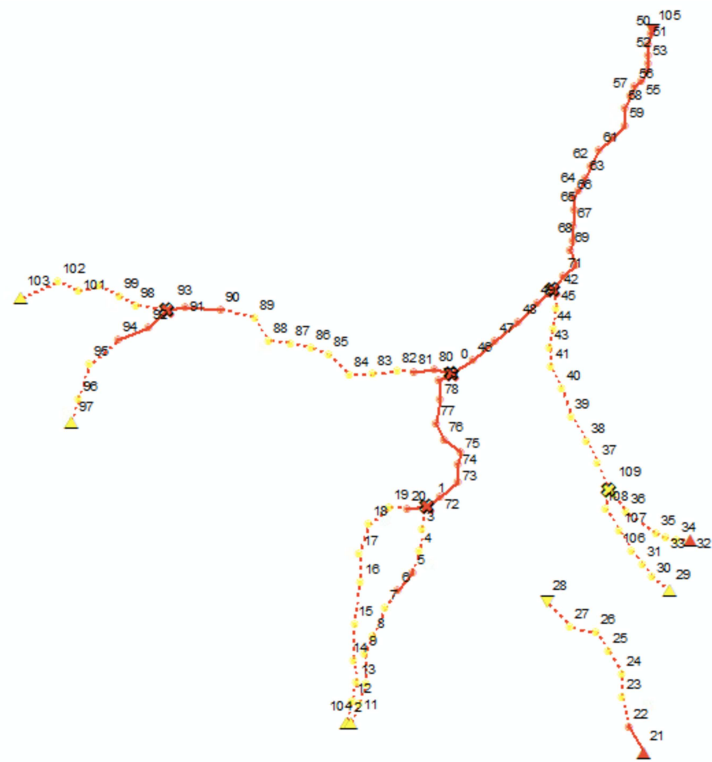


Fig. 3.5 Rappresentazioni rilievo 18/11/2020

Capitolo 4

Analisi del flusso idrico in diversi tratti del torrente Focobon

Successivamente alla costruzione del modello su ArcGis, il reticolo idrografico è stato suddiviso in 12 canali per lo studio del flusso idrico nelle varie parti che compongono la rete.

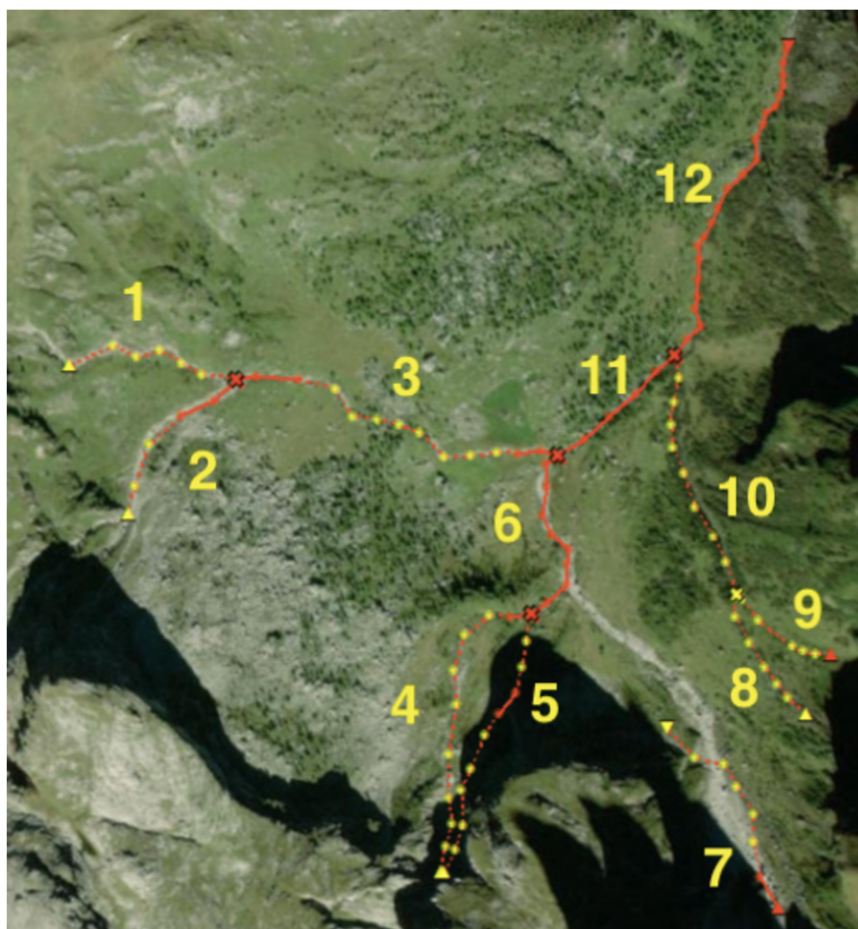


Fig. suddivisione del reticolo idrografico

Per ogni rilievo è stata calcolata la lunghezza del canale corrispondente alle due tipologie di flusso osservato (moderato e significativo), tenendo presente un'eventuale assenza o diminuzione dello stesso (risultante anche dal modello costruito in ArcGis).

È stata inoltre messa in relazione la lunghezza attiva con le precipitazioni giornaliere e cumulate mensili raccolte dal sito dell'Arpav (per identificare le precipitazioni nevose è stato considerato un aumento di temperatura pari a $0,4^{\circ}\text{C}$ ogni 100 m di dislivello ed una temperatura soglia di 0°C) rispetto al rilievo effettuato in campo per poter dare una descrizione più specifica della distribuzione spazio-temporale del deflusso superficiale osservato.

4.1 Intero reticolo idrografico

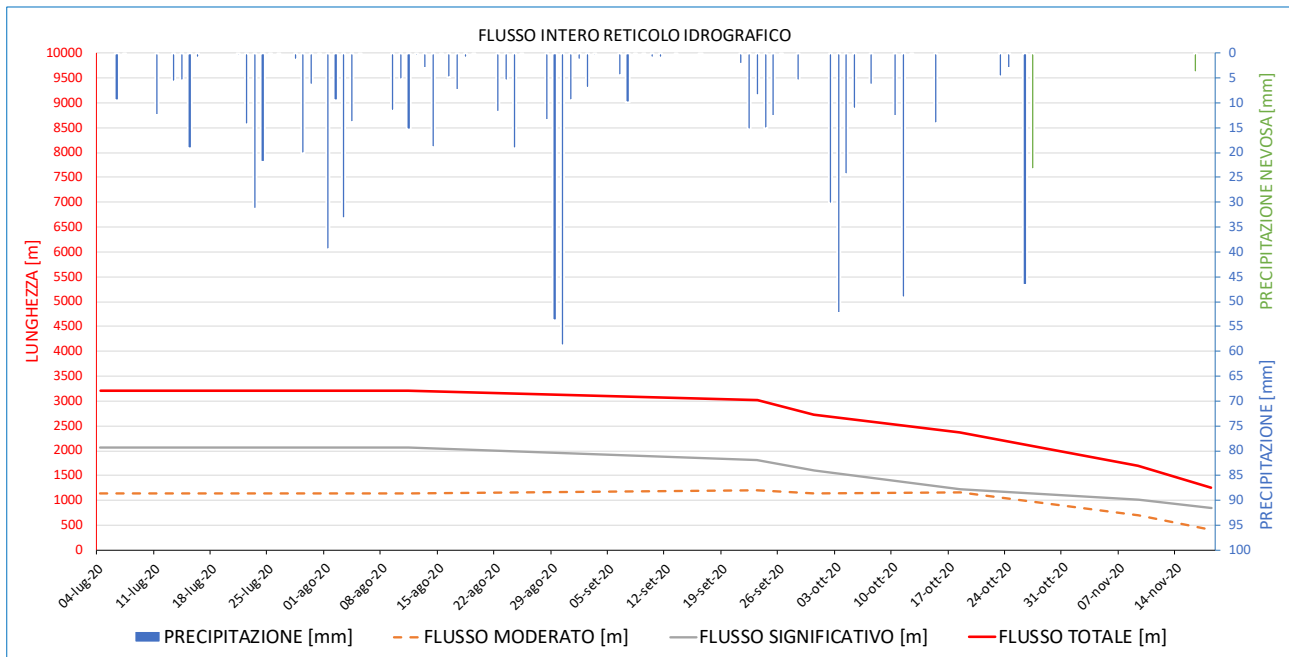


Fig. 4.1 Flusso dell'intero reticolo idrografico in funzione della precipitazione giornaliera

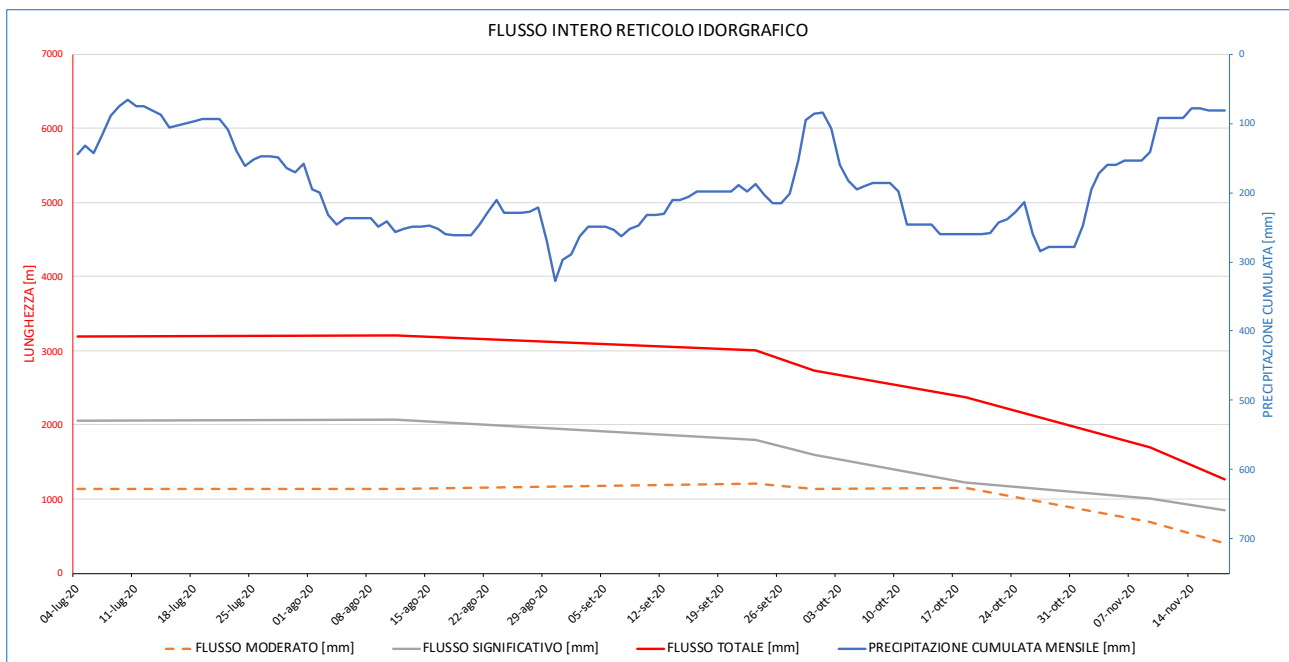


Fig. 4.2 Flusso dell'intero reticolo idrografico in funzione della precipitazione cumulata mensile

Dall'analisi temporale dell'intero reticolo idrografico in Fig.4.1 e Fig. 4.2 si è potuto osservare una diminuzione della porzione di reticolo bagnato coerentemente con il comportamento di buona parte dei canali costituenti la rete. In particolare si può notare il passaggio nel bacino da una lunghezza "attiva" di circa 3200 m (corrispondente all'88% dell'intera rete) registrata il 04/07/2020 ad una lunghezza "attiva" di circa 1250 m (corrispondente al 35% dell'intera rete) registrata il 18/11/2020.

Nella prima parte delle osservazioni, fino al rilievo del 18/10/2020, si può notare una decrescita abbastanza costante della lunghezza caratterizzata da un flusso significativo e una stazionarietà della porzione di reticolo bagnato interessato da un flusso moderato. Infine nell'ultimo mese di analisi è stata osservata una diminuzione delle lunghezze caratterizzate da entrambe le tipologie di flusso. Questo comportamento può essere legato alla variante climatica. Negli ultimi 2 rilievi (09/11/2020 e 18/11/2020) è stata infatti rilevata una diminuzione delle precipitazioni e delle temperature conformi con le medie stagionali, favorendo l'aumento delle precipitazioni nevose e il congelamento delle particelle d'acqua.

4.2 Canale 1

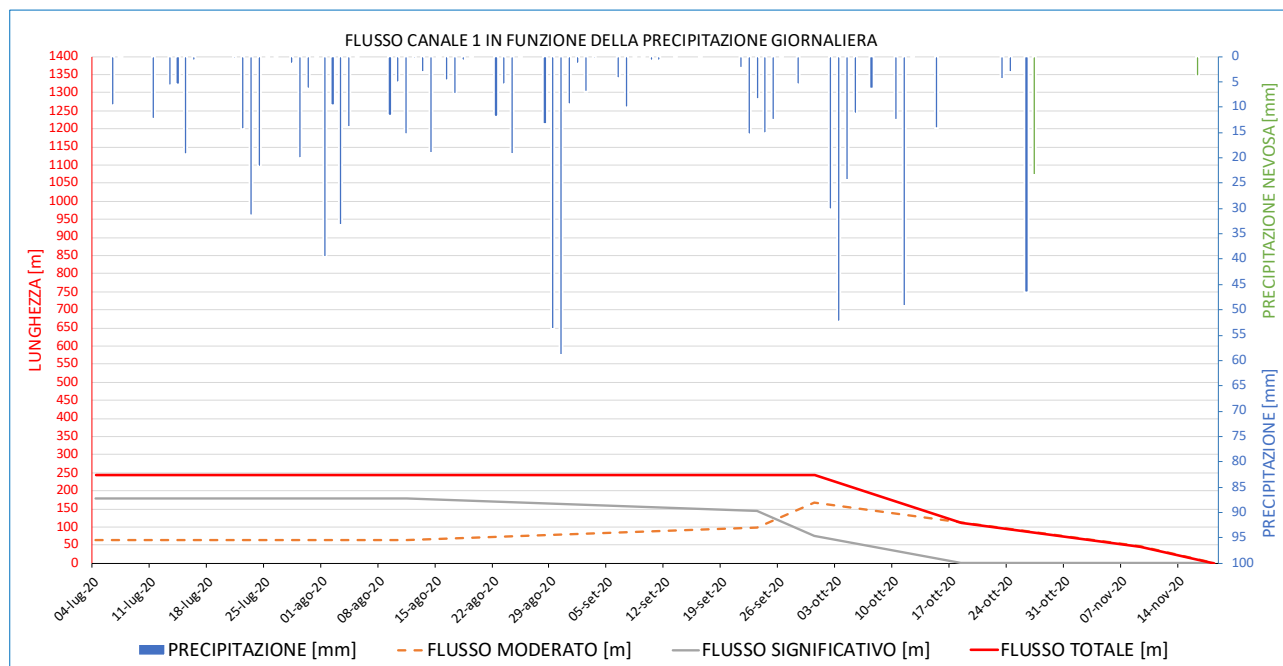


Fig. 4.3 Flusso del canale 1 in funzione della precipitazione giornaliera

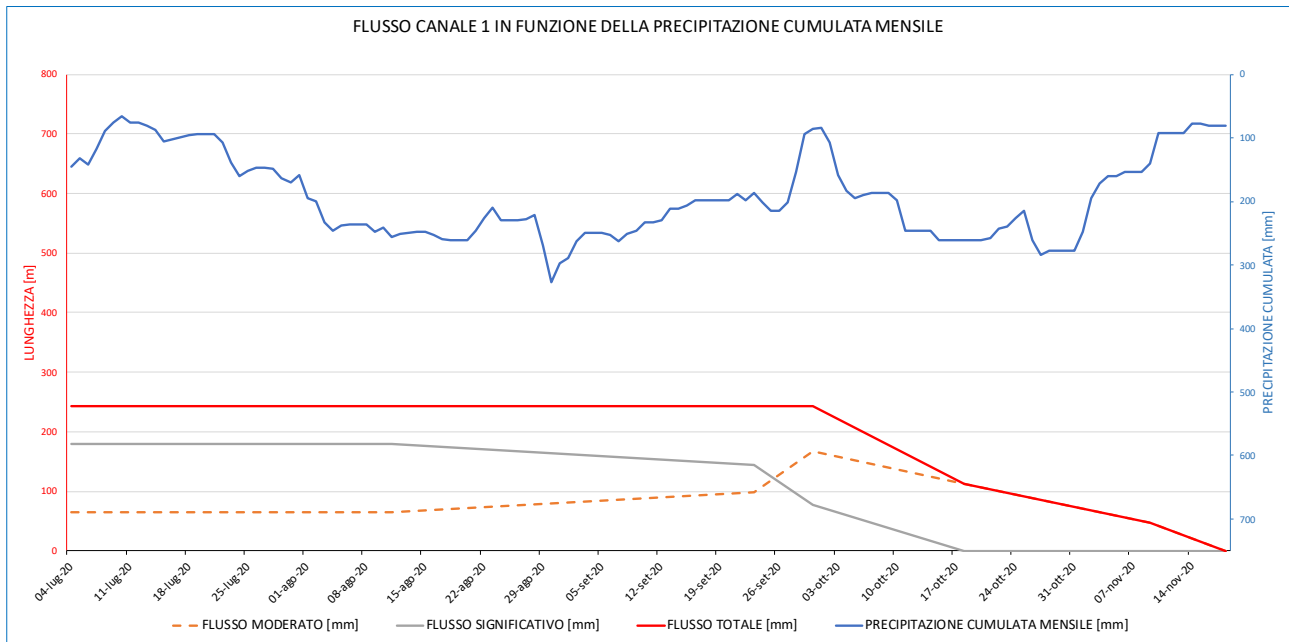


Fig. 4.4 Flusso del canale 1 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 1 è lungo circa 250m e costituisce circa il 7% dell'intera rete, esso è situato nella parte Ovest del bacino considerato.

Dall'analisi della lunghezza complessiva del canale 1 (Fig.4.3 e Fig.4.4) ne risulta un andamento lineare fino ai primi giorni di Ottobre con un coinvolgimento attivo da parte di tutti i nodi del canale nelle tipologie di flusso osservato (significativo e moderato).

Al rilievo del 04/07/2020 il 73% della lunghezza complessiva del canale 1 è caratterizzata da un flusso significativo; essa ha un andamento abbastanza lineare fino a metà Settembre, tende poi a decrescere fino alla mancata osservazione di quest'ultima tipologia di flusso al rilievo del 18/10/2022. Il restante 27% della lunghezza riscontrata il 04/07/2020 è caratterizzata da un flusso moderato e ha un andamento abbastanza costante fino a metà Settembre. Successivamente essa tende ad aumentare a causa della diminuzione di osservazioni di flusso significativo, e infine diminuisce, fino allo spegnimento dell'intero canale rilevato il 18/11/2020.

4.3 Canale 2

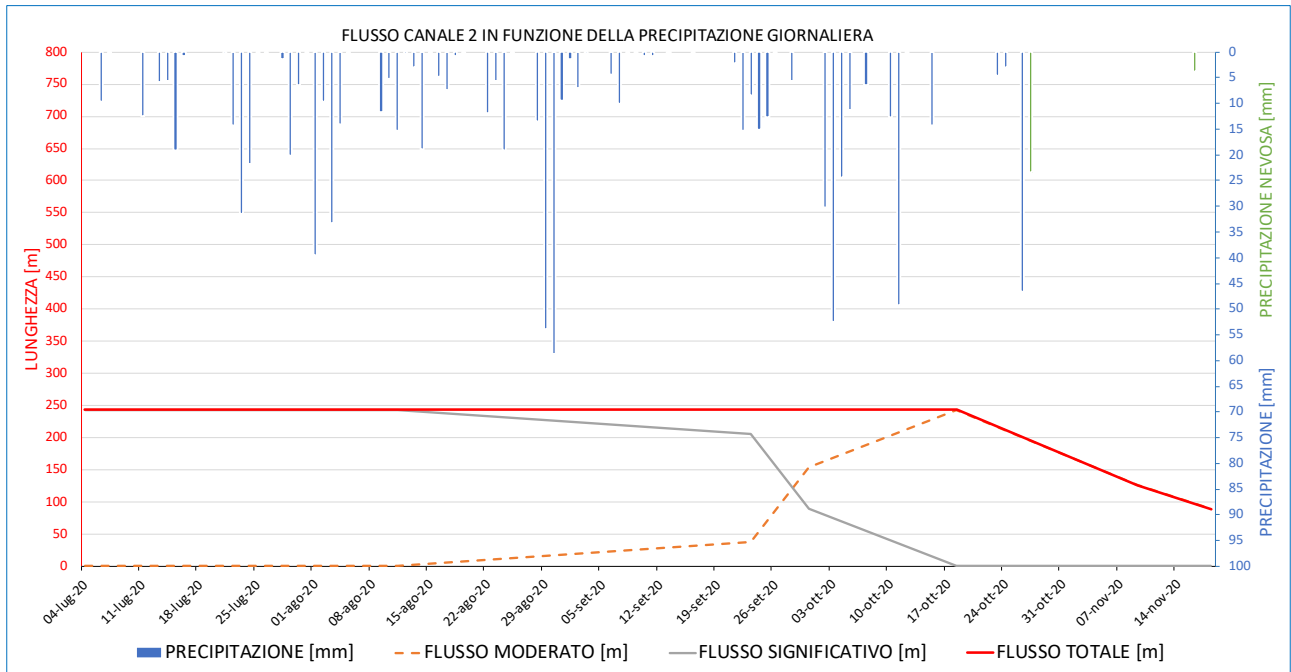


Fig. 4.5 Flusso del canale 2 in funzione della precipitazione giornaliera

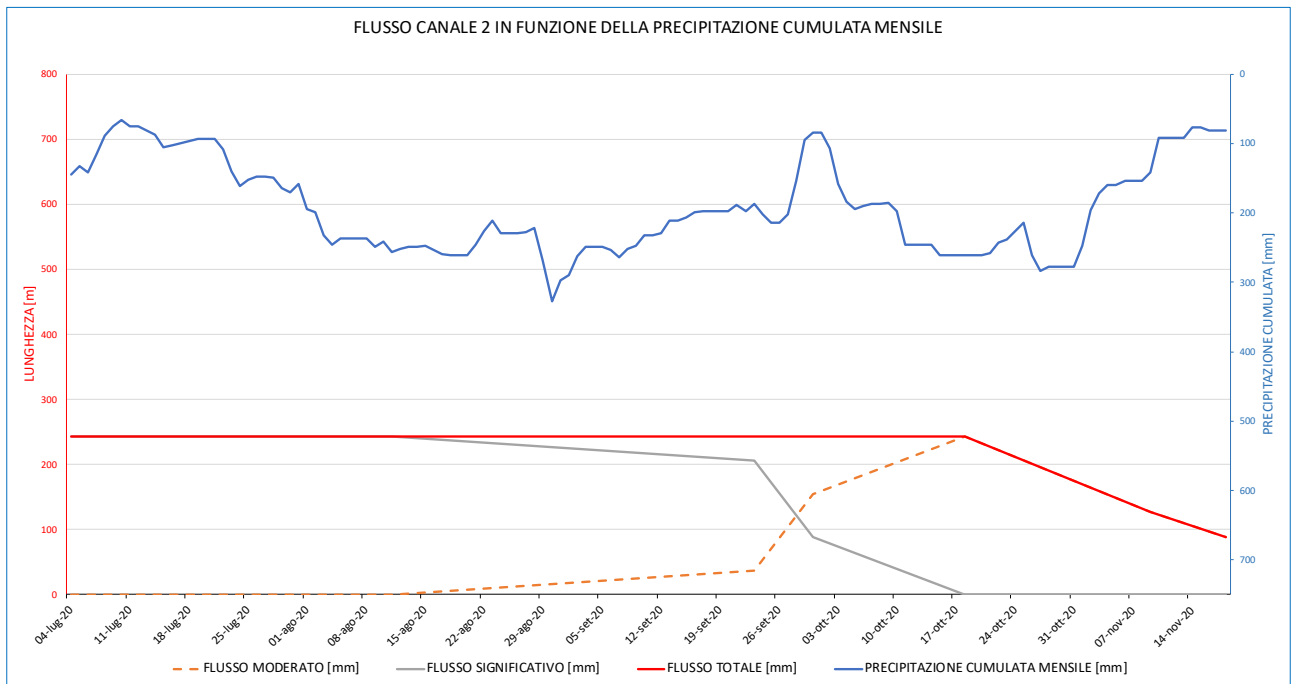


Fig. 4.6 Flusso del canale 2 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 2 è lungo circa 240m e costituisce circa il 7% dell'intera rete, esso è situato nella parte Ovest del bacino considerato.

Dall'analisi decrescente della lunghezza complessiva del canale 2 (Fig.4.5 e Fig.4.6) ne risulta un andamento lineare fino a metà Ottobre con un coinvolgimento attivo da parte di tutti i nodi del canale nelle tipologie di flusso osservato (significativo e moderato).

Il canale 2 si compone fino a metà Agosto unicamente da un flusso significativo, successivamente la lunghezza caratterizzata da questa tipologia di flusso tende a diminuire leggermente fino a metà Settembre per poi non essere più osservata al rilievo del 18/10/2020.

La lunghezza caratterizzata da un flusso moderato invece assume un comportamento speculare a quella con flusso significativo, la quale però, una volta che nell'intero canale è stato osservato un flusso moderato (rilievo 18/10/2020), è diminuita fino al raggiungimento di una lunghezza attiva di circa 90m ovvero circa il 35% dell'intero canale osservata il 18/11/2020.

4.4 Canale 3

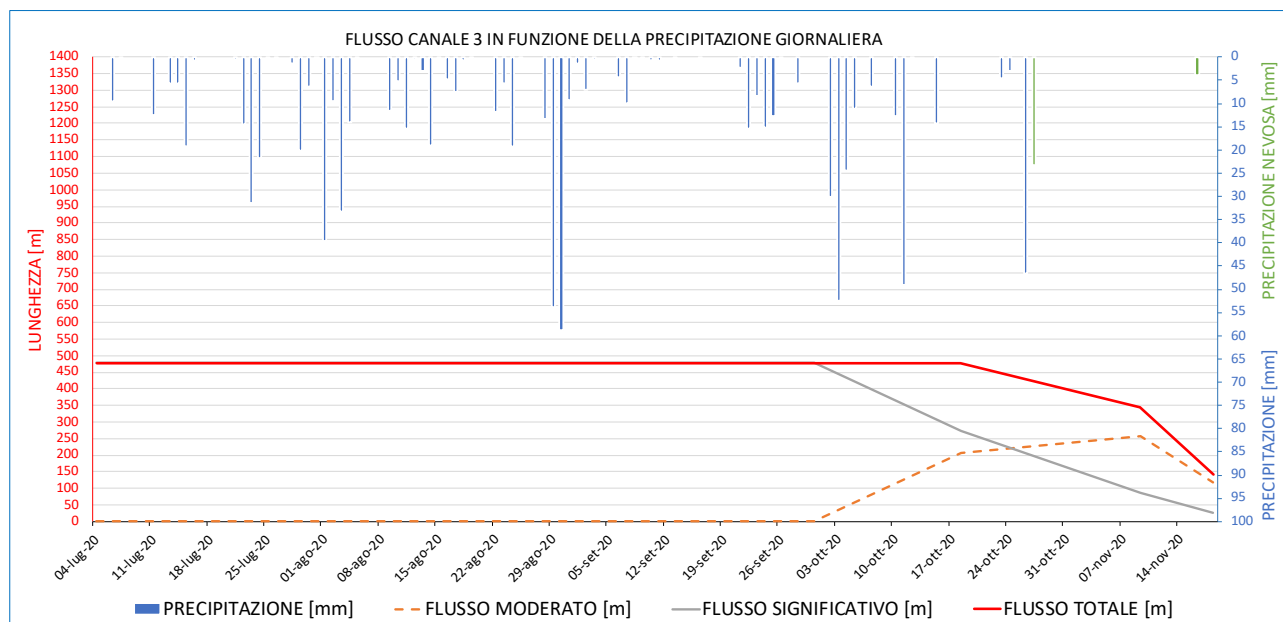


Fig. 4.7 Flusso del canale 3 in funzione della precipitazione giornaliera

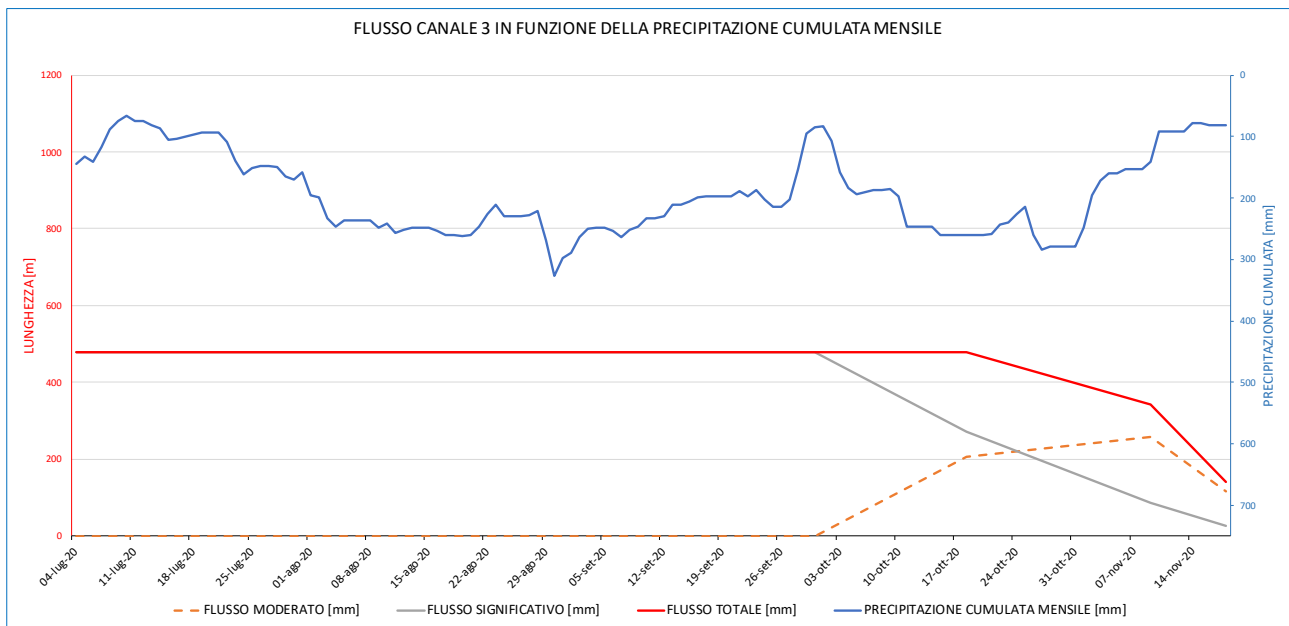


Fig. 4.8 Flusso del canale 3 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 3 è lungo circa 480m e costituisce circa il 15% dell'intera rete, esso è situato nella parte Ovest del bacino considerato ed è alimentato dal canale 1 e dal canale 2.

Dall'analisi temporale della lunghezza complessiva del canale 3 (Fig.4.7 e Fig.4.8) ne risulta un andamento lineare fino a metà Ottobre con un coinvolgimento attivo da parte di tutti i nodi del canale nelle tipologie di flusso osservato (significativo e moderato).

L'intero canale si compone fino a fine Settembre unicamente da un flusso significativo, successivamente la lunghezza caratterizzata da questa tipologia di flusso tende a diminuire linearmente fino al raggiungimento di una lunghezza di circa 25m registrata il 18/10/2020.

La lunghezza con tipologia di flusso moderato invece assume un comportamento speculare a quella con flusso significativo aumentando la lunghezza attiva fino al raggiungimento di circa 250 m al rilievo del 09/11/2020 per poi diminuire fino ad una lunghezza attiva di circa 115 m osservata il 18/11/2020.

La lunghezza complessiva tende pertanto ad una diminuzione del 70% durante l'arco dei rilievi svolti coerentemente con le lunghezze dei flussi analizzati del canale 1 e del canale 2.

4.5 Canale 4

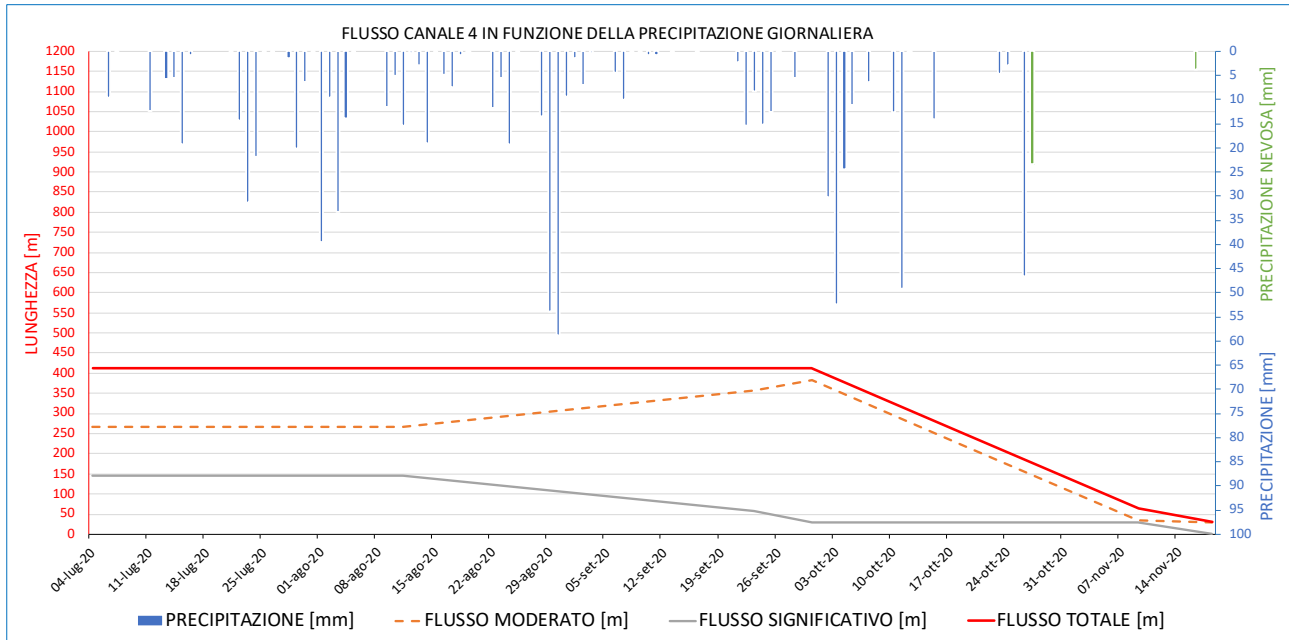


Fig. 4.9 Flusso del canale 4 in funzione della precipitazione giornaliera

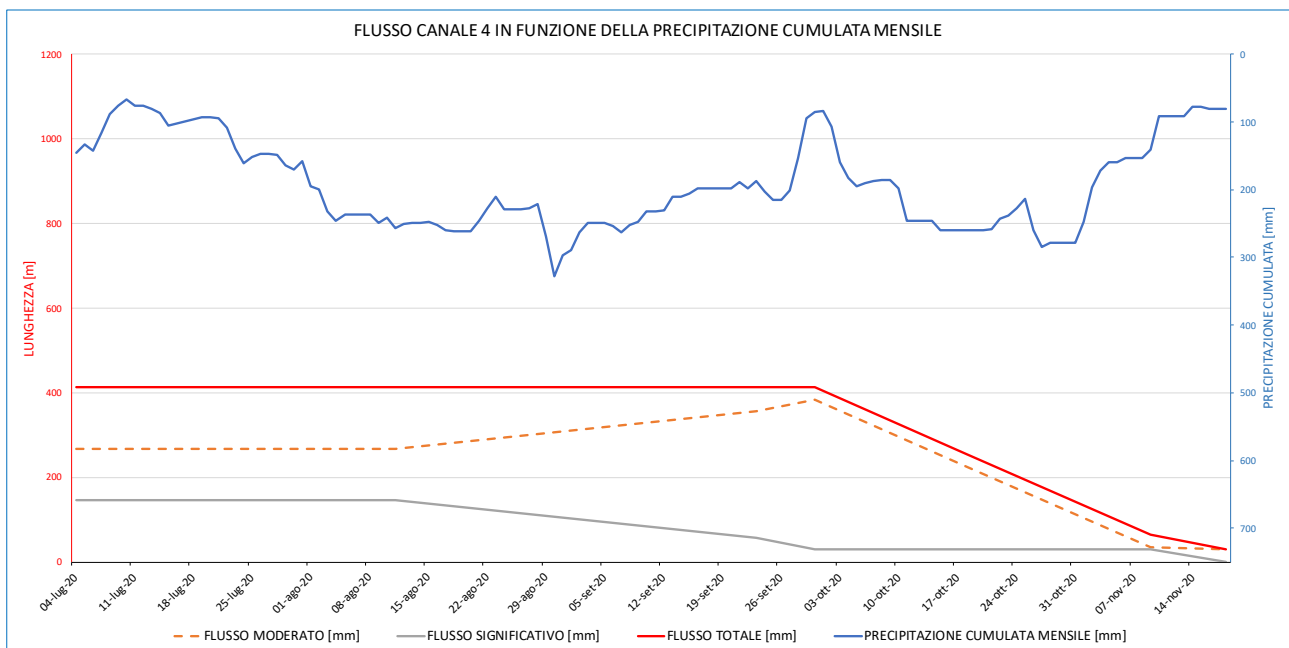


Fig. 4.10 Flusso del canale 4 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 4 è lungo circa 380m e costituisce circa il 12% dell'intera rete, esso è situato nella parte Sud del bacino considerato.

Dall'analisi temporale della lunghezza complessiva del canale 4 (Fig.4.9 e Fig.4.10) ne risulta un andamento lineare fino a inizio Ottobre con un coinvolgimento attivo da parte di tutti i nodi del canale nelle tipologie di flusso osservato (significativo e moderato).

Essa si suddivide al rilievo del 04/07/2020 per il 35% in lunghezza caratterizzata da flusso significativo, la quale ha un andamento decrescente fino a fine Settembre, tende infine a decrescere leggermente fino alla mancata osservazione nel rilievo del 18/10/2022 dopo un periodo di tempo di circa un mese nel quale ha avuto un andamento costante.

Il restante 65% della lunghezza complessiva al rilievo del 04/07/2020 è rappresentato da un flusso moderato la quale ha un andamento costante fino a metà Agosto, tende successivamente ad aumentare a causa della diminuzione di flusso significativo osservato e infine decresce a partire dalle osservazioni effettuate il 30/09/2020 fino ad arrivare ad una lunghezza attiva di circa 30m registrata il 18/11/2020 in prossimità della confluenza con il canale 5.

4.6 Canale 5

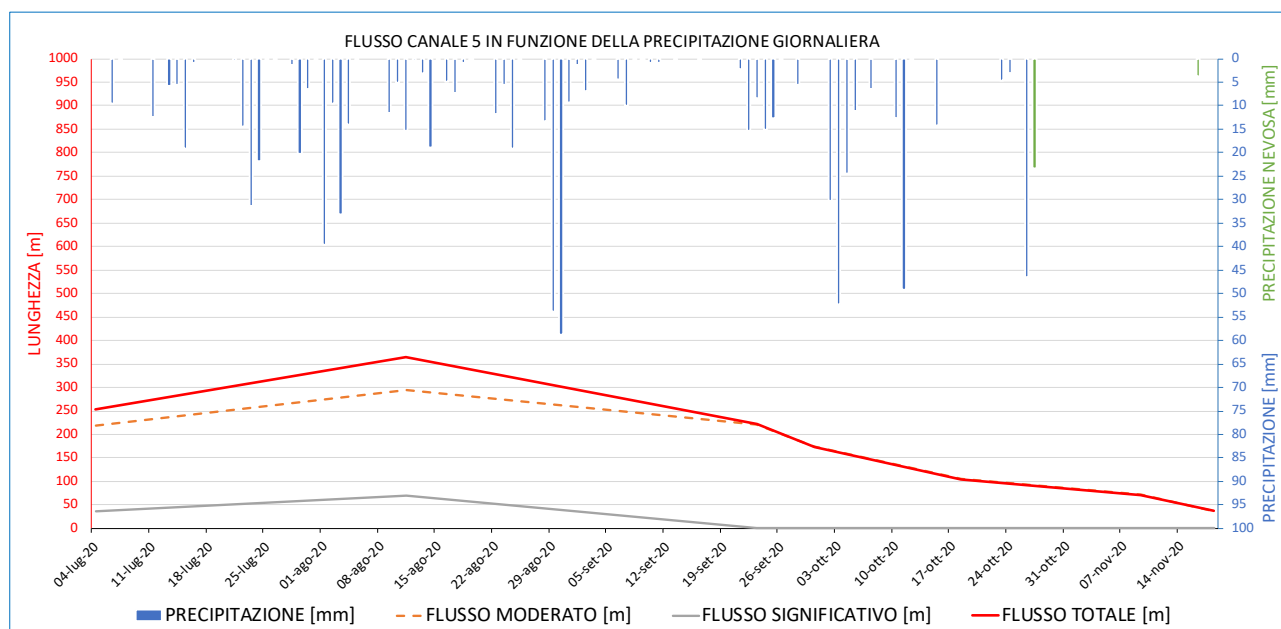


Fig. 4.11 Flusso del canale 5 in funzione della precipitazione giornaliera

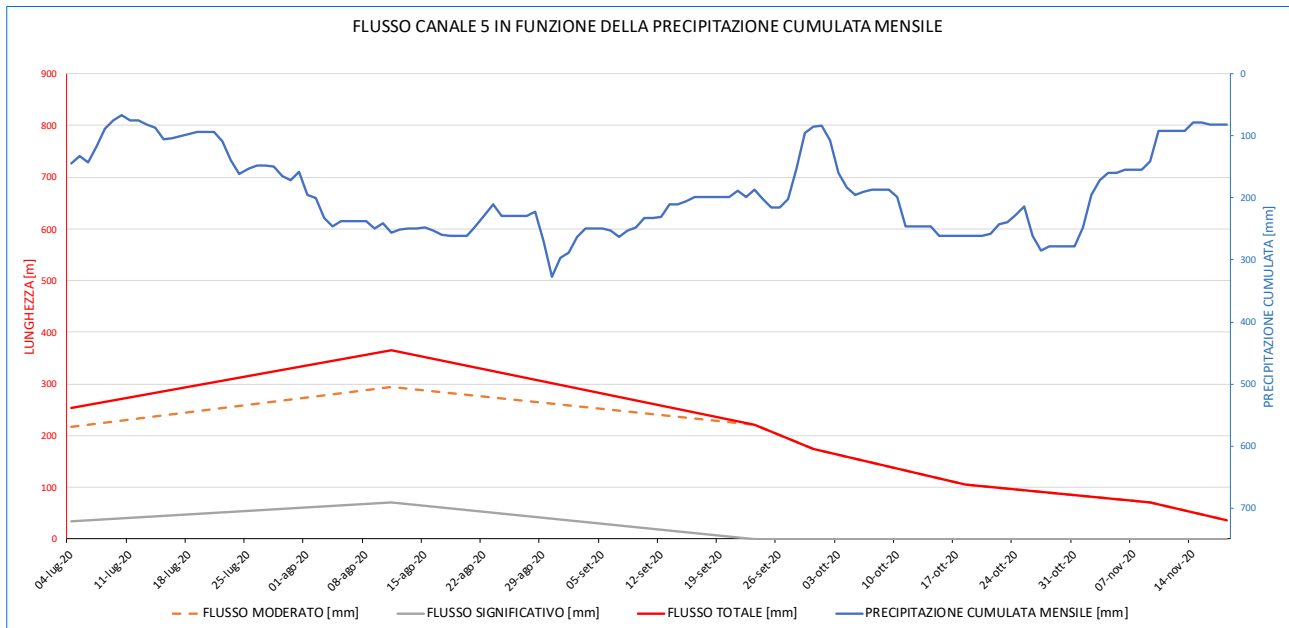


Fig. 4.12 Flusso del canale 5 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 5 è lungo circa 365m e costituisce circa l'11% dell'intera rete, esso è situato nella parte Sud del bacino considerato.

Dall'analisi temporale della lunghezza complessiva del canale 5 (Fig.4.11 e Fig.4.12) ne risulta un andamento variabile nel quale si registra un incremento del 30% dal rilievo effettuato in data 04/07/2020 al rilievo effettuato il 11/08/2020 (con un interessamento di tutti i nodi del canale); successivamente a partire da quest'ultimo rilievo decresce abbastanza linearmente, componendosi verso fine Settembre unicamente da un flusso moderato.

La lunghezza caratterizzata da un flusso significativo rappresenta circa il 20% del flusso totale fino al rilievo del 23/09/2020 e tende anch'essa a crescere e diminuire con la lunghezza complessiva; non viene più osservato flusso significativo da quest'ultimo rilievo.

La lunghezza caratterizzata da un flusso moderato costituisce l'80% della lunghezza totale dal rilievo del 04/07/2020 al rilievo del 23/09/2020 e segue un andamento analogo alla lunghezza con flusso significativo, raggiungendo una lunghezza attiva di circa 37m nell'ultimo rilievo del 18/11/2020.

4.7 Canale 6

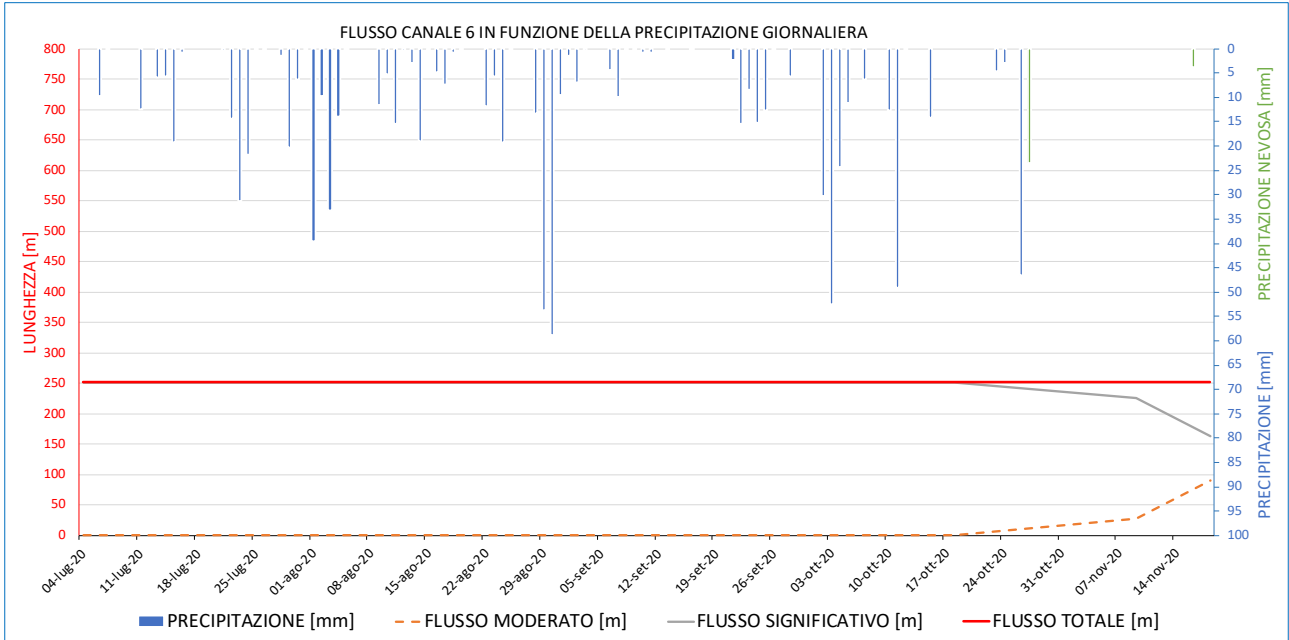


Fig. 4.13 Flusso del canale 6 in funzione della precipitazione giornaliera

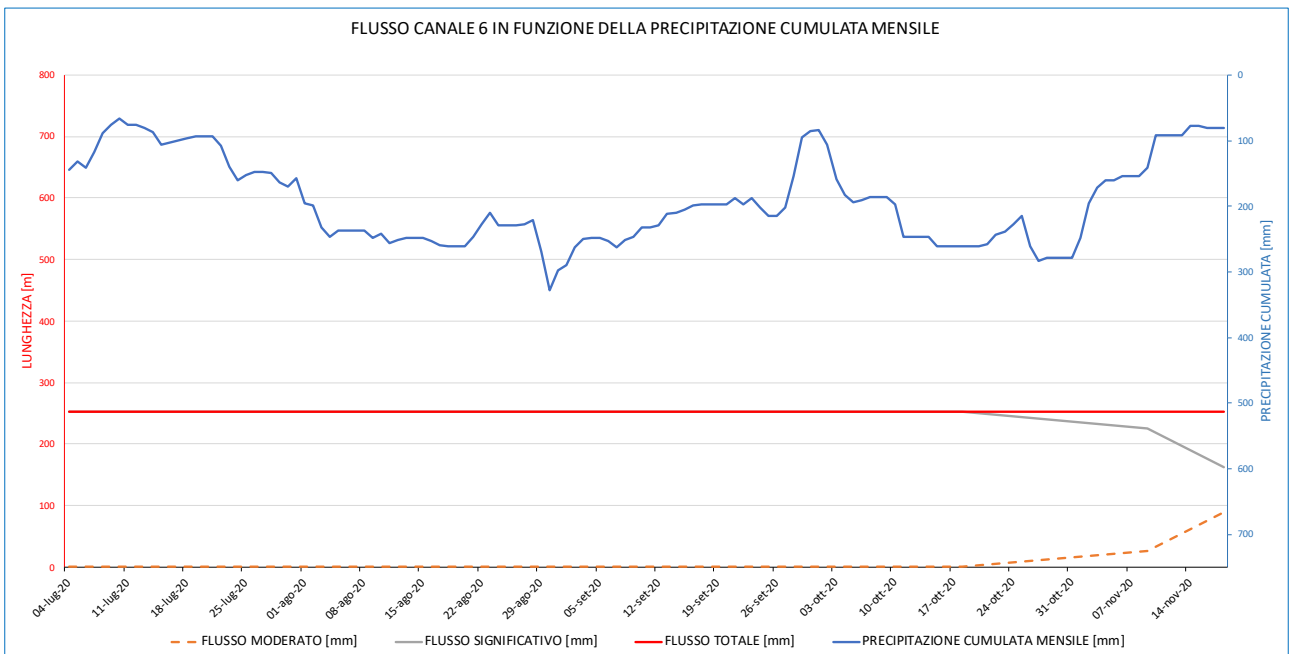


Fig. 4.14 Flusso del canale 6 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 6 è lungo circa 250m e costituisce circa l'8% dell'intera rete, esso è situato nella parte Sud del bacino considerato ed è alimentato dal canale 5 e dal canale 6.

Dall'analisi temporale della lunghezza complessiva del canale 6 (Fig.4.13 e Fig.4.14) ne risulta un andamento lineare fino alla fine del periodo di analisi con un coinvolgimento attivo da parte di tutti i nodi del canale nelle tipologie di flusso osservato (significativo e moderato).

Essa si compone fino al rilievo dl 18/10/2020 unicamente da un flusso significativo, successivamente la lunghezza interessata da quest'ultima tipologia di flusso tende a diminuire fino al raggiungimento di una lunghezza attiva di circa 160m il 18/11/2020, data dell'ultimo rilievo.

La lunghezza caratterizzata da un flusso moderato invece assume un comportamento speculare a quella con flusso significativo aumentando la sua lunghezza attiva a circa 90m osservata all'ultimo rilievo.

4.8 Canale 7

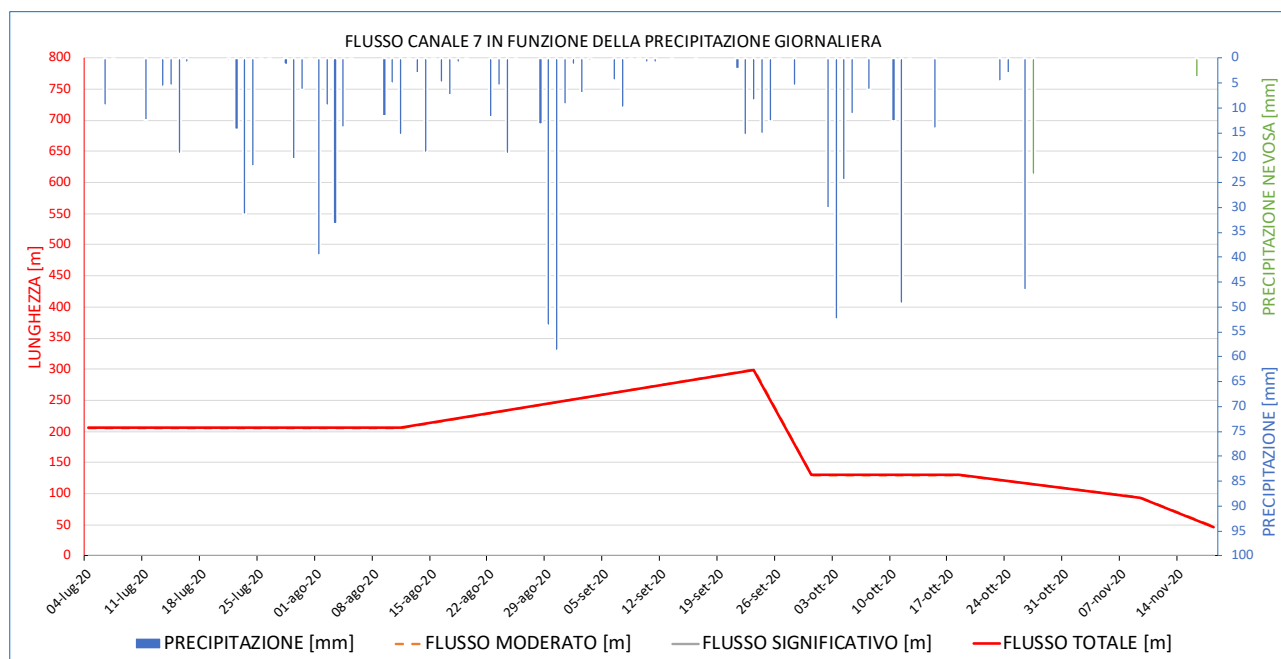


Fig. 4.15 Flusso del canale 7 in funzione della precipitazione giornaliera

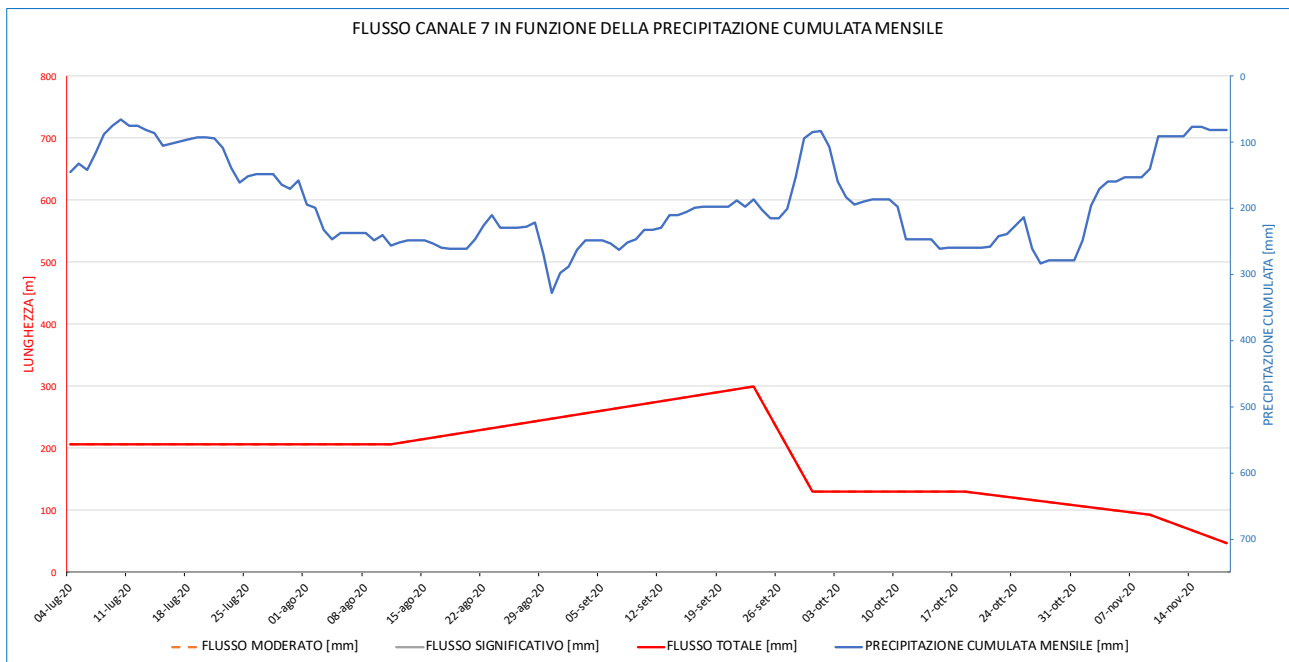


Fig. 4.16 Flusso del canale 7 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 7 è lungo circa 300m e costituisce circa il 9% dell'intera rete, esso è situato nella parte Sud-Est del bacino considerato ed è l'unico canale scollegato dall'intera rete.

Dall'analisi temporale della lunghezza complessiva del canale 7 (Fig.4.15 e Fig.4.16), costituita in tutti i rilievi unicamente dalla tipologia di flusso moderato, emerge una crescita nel rilievo del 23/09/2020 rispetto al rilievo del 04/07/2020 del 33% con l'interessamento, in quest'ultimo rilievo, di tutti i nodi del canale. Successivamente si è osservata nel rilievo del 30/09/2020 una decrescita brusca di lunghezza attiva coinvolta del 60% a distanza di una settimana di osservazione. Infine l'andamento della lunghezza attiva decresce leggermente fino al valore di circa 50m riscontrati il 18/09/2020.

4.9 Canale 8

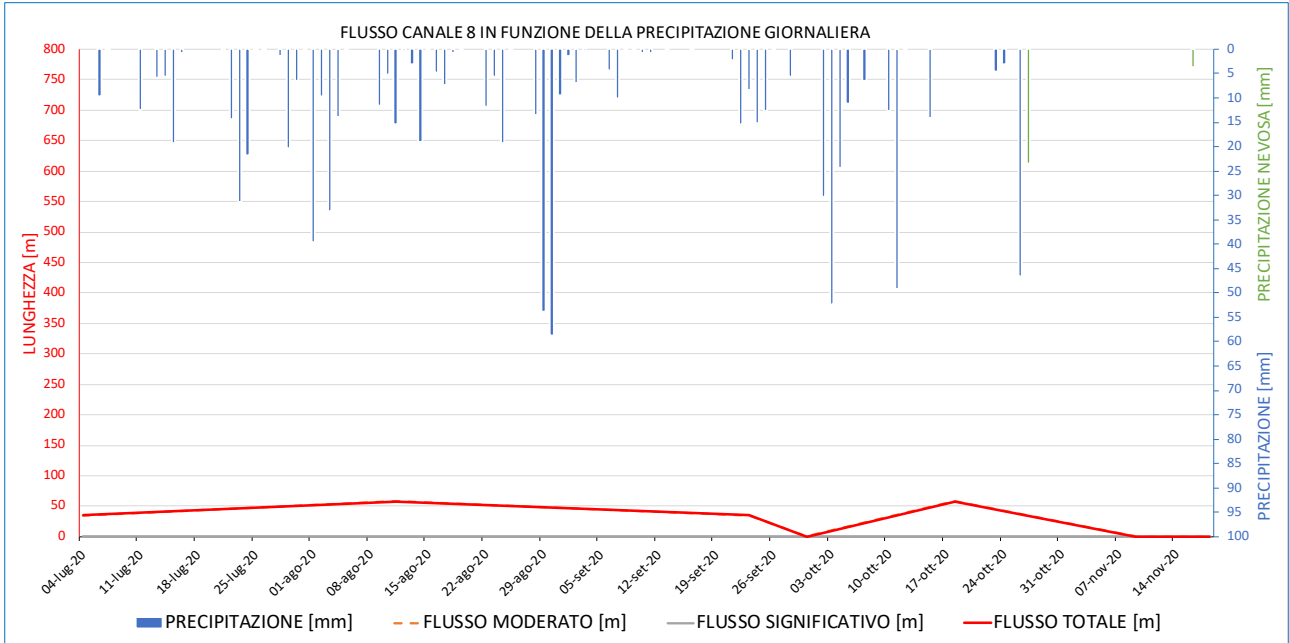


Fig. 4.17 Flusso del canale 8 in funzione della precipitazione giornaliera

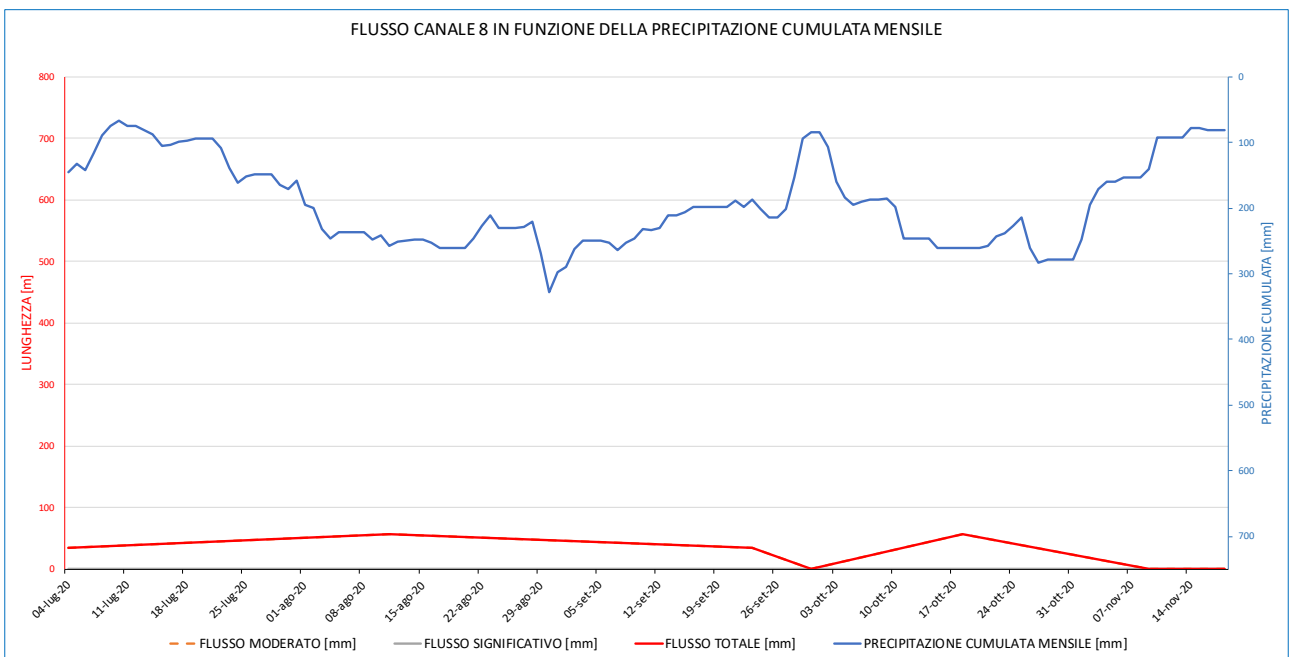


Fig. 4.18 Flusso del canale 8 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 8 è lungo circa 190m e costituisce circa il 6% dell'intera rete, esso è situato nella parte Sud-Est del bacino considerato.

Dall'analisi temporale della lunghezza complessiva del canale 8 (Fig.4.17 e Fig.4.18), costituita unicamente da flusso moderato nell'intero periodo di osservazione, emerge un mancato coinvolgimento di tutti i nodi della rete nonostante gli evidenti segni di canalizzazione.

La lunghezza attiva registrata nei rilievi svolti è di circa 40m anche se si costituisce di tratti differenti di canale. Nel rilievo effettuato il 30/09/2020 non è stata registrata alcuna lunghezza attiva come anche nei rilievi di Novembre (09/11/2020 e 18/11/2020). La lunghezza attiva massima registrata corrisponde al 30% della lunghezza totale del canale.

4.10 Canale 9

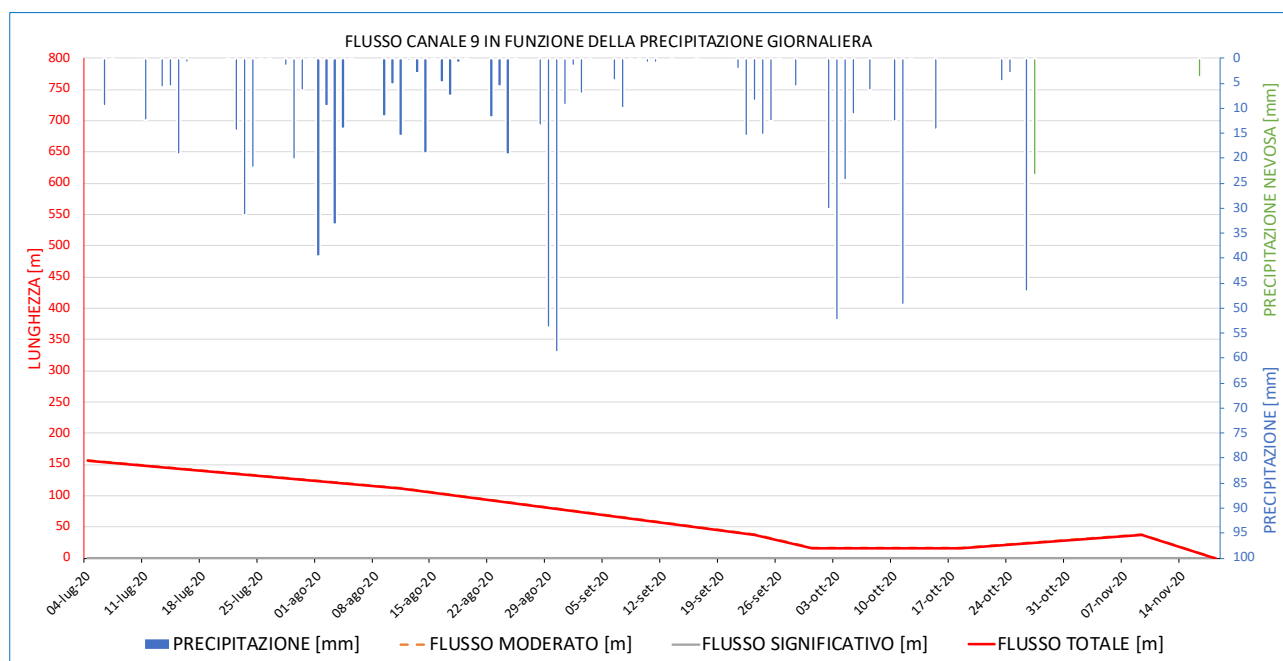


Fig. 4.19 Flusso del canale 9 in funzione della precipitazione giornaliera

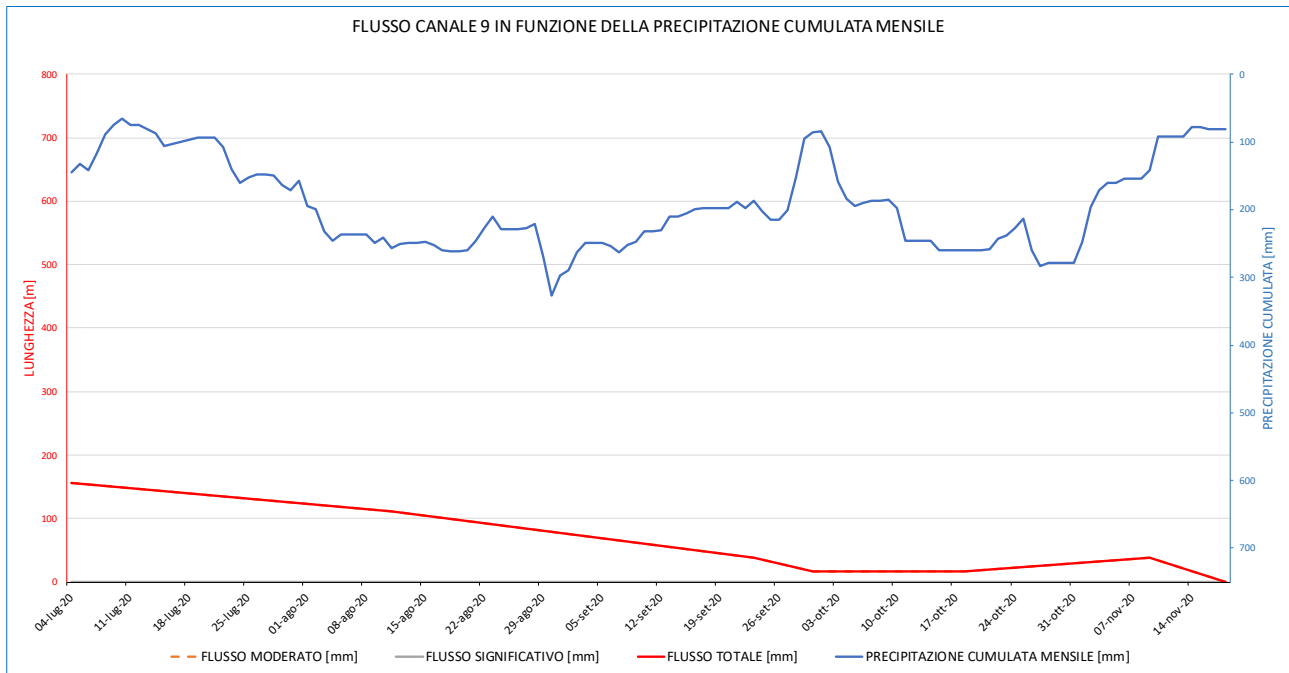


Fig. 4.20 Flusso del canale 9 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 9 è lungo circa 156m e costituisce circa il 5% dell'intera rete, esso è situato nella parte Sud-Est del bacino considerato.

Dall'analisi temporale della lunghezza complessiva del canale 9 (Fig.4.19 e Fig.4.20), costituita unicamente da flusso moderato, emerge una decrescita costante del 90% della lunghezza attiva, da un valore di circa 156m rilevato il 04/07/2020 a un valore di circa 15m rilevato il 30/09/2020. Successivamente la porzione di canale coinvolta rimane costante per poi avere un leggero aumento al rilievo del 09/11/2020 e una decrescita al rilievo 18/11/2020 che ne determina la mancata attività.

4.11 Canale 10

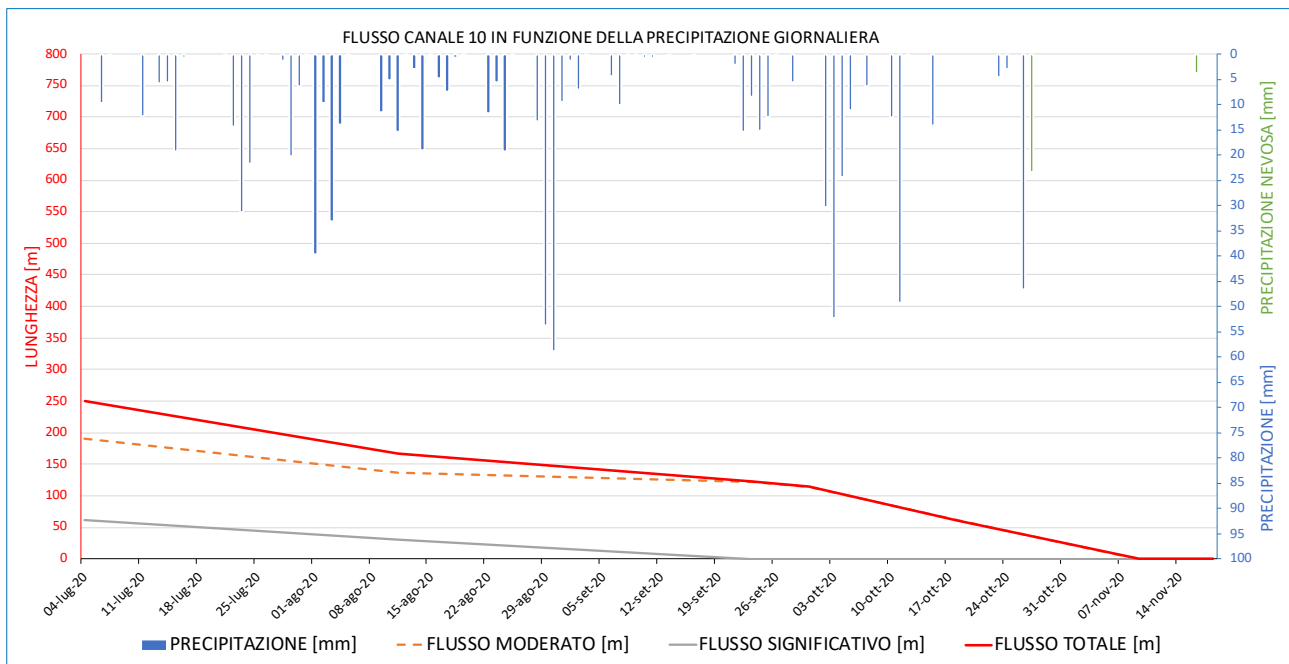


Fig. 4.21 Flusso del canale 10 in funzione della precipitazione giornaliera

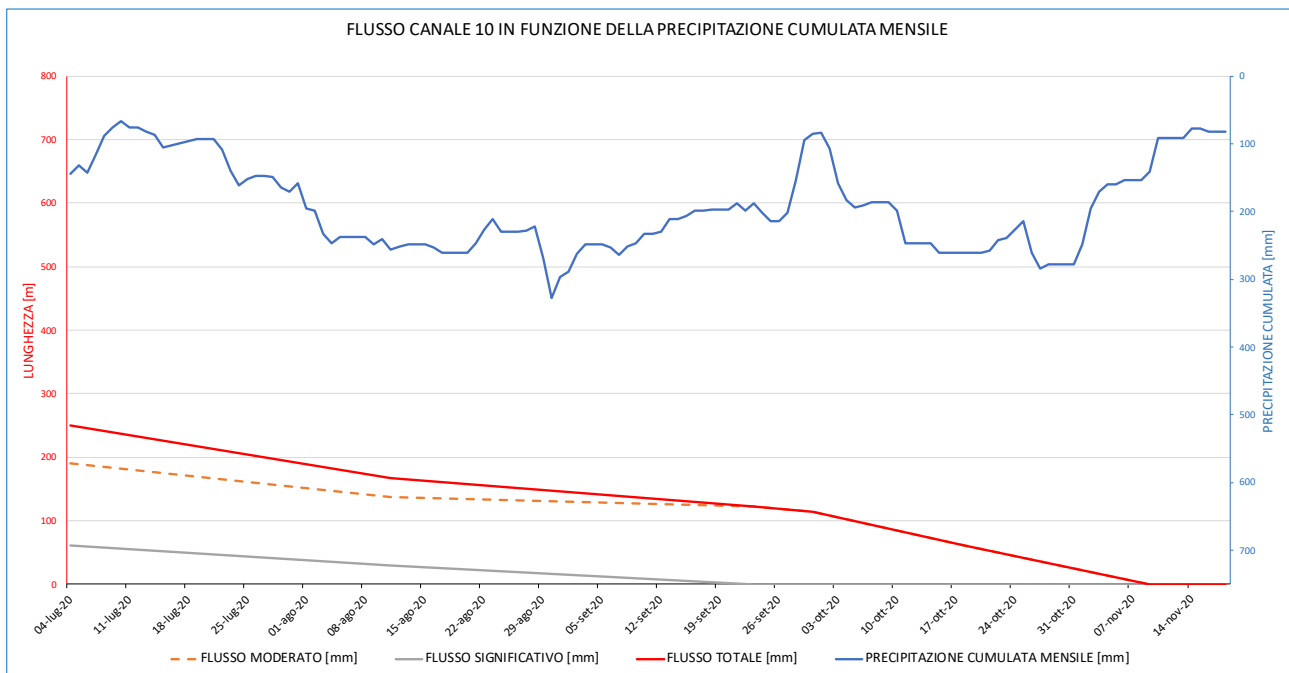


Fig. 4.22 Flusso del canale 10 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 10 è lungo circa 335m e costituisce circa il 9% dell'intera rete, esso è situato nella parte Est del bacino considerato ed è alimentato dal canale 8 e dal canale 9.

Dall'analisi temporale della lunghezza complessiva del canale 10 (Fig.4.21 e Fig.4.22) emerge un mancato coinvolgimento di tutti i nodi della rete nell'intero periodo di osservazione. Quest'ultimo è caratterizzato da una lunghezza attiva massima di circa 250m ovvero il 75% del canale, registrata al rilievo del 04/07/2020, che diminuisce abbastanza linearmente fino a scomparire al rilievo del 09/11/2020.

La lunghezza caratterizzata da un flusso significativo identifica il 25% della lunghezza totale al rilievo del 04/07/2020 e diminuisce linearmente fino a scomparire al rilievo del 23/09/2020.

La lunghezza caratterizzata invece dalla tipologia di flusso moderato, costituente il restante 75% della lunghezza totale osservata (rilievo 04/07/2020), è caratterizzata da un andamento decrescente comparabile con quello della lunghezza interessata dal flusso significativo. Il flusso moderato diventa l'unica tipologia di flusso osservato a partire dal rilievo del 23/09/2020 con una lunghezza attiva di circa 120m fino al rilievo del 09/11/2020 nel quale il canale si spegne.

4.12 Canale 11

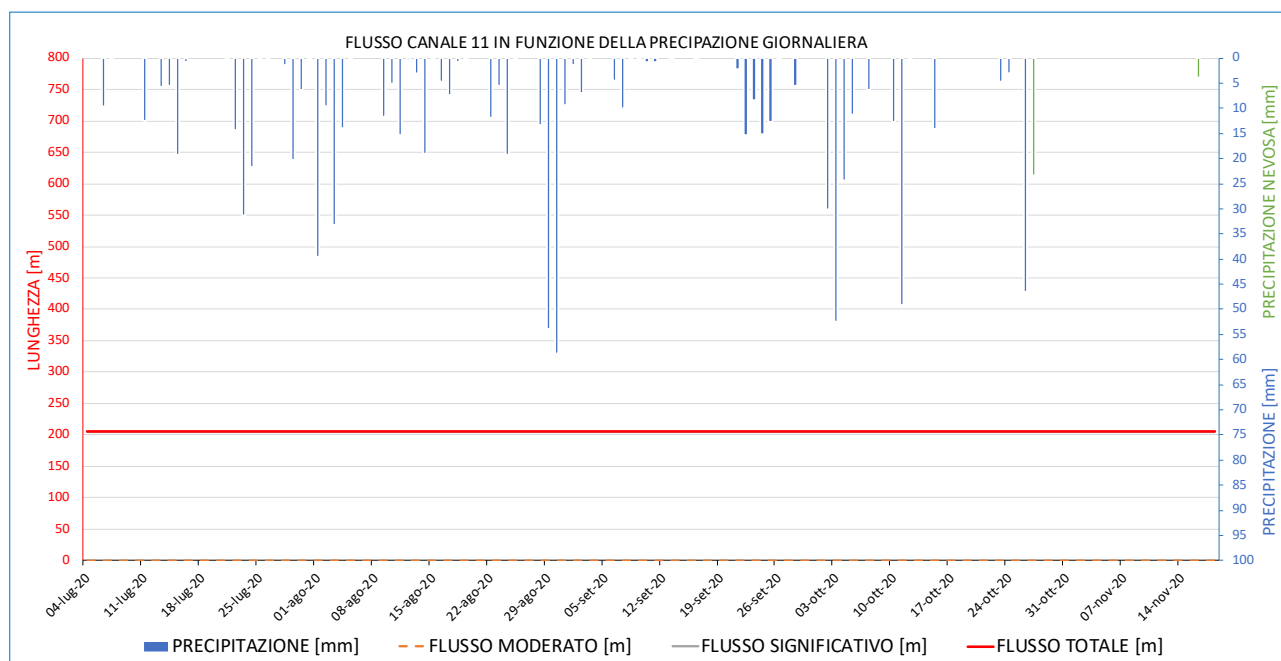


Fig. 4.23 Flusso del canale 11 in funzione della precipitazione giornaliera

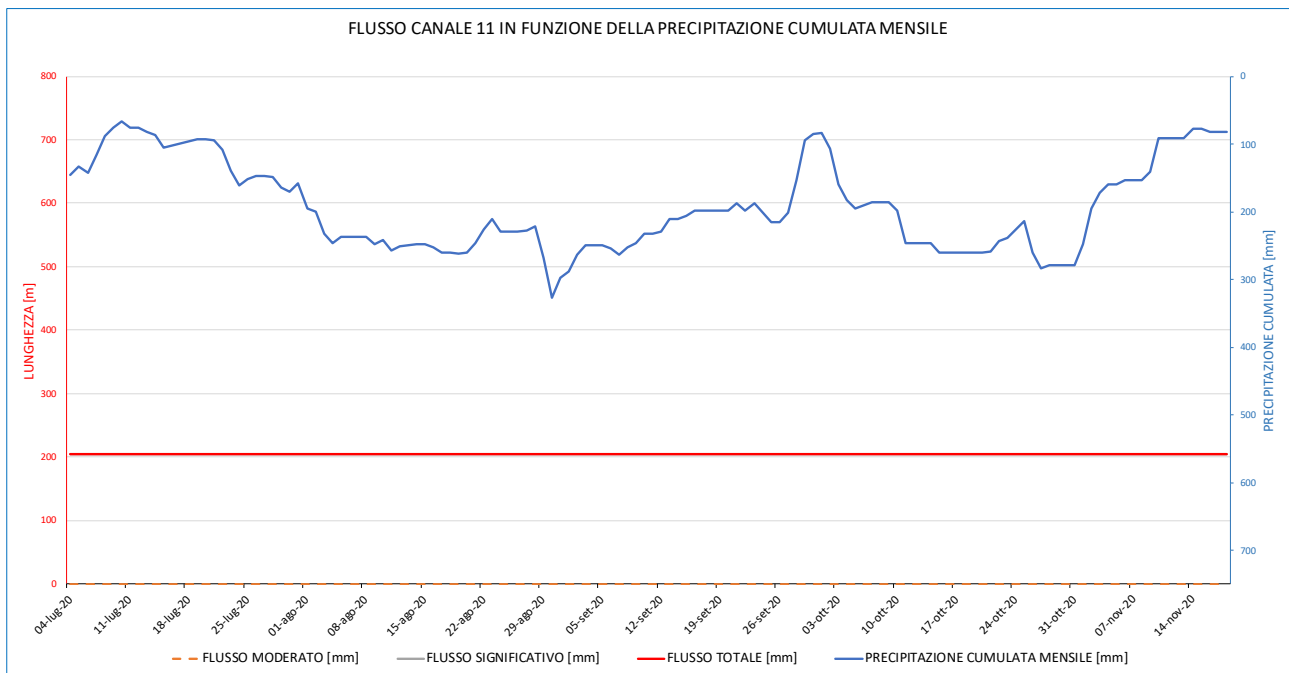


Fig. 4.24 Flusso del canale 11 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 11 è lungo circa 205m e costituisce circa il 9% dell'intera rete, esso è situato nella parte centrale del bacino considerato ed è alimentato dal canale 6 e dal canale 3.

Dall'analisi temporale della lunghezza complessiva del canale 11 (Fig.4.23 e Fig.4.24) emerge un valore costante durante tutto il periodo di osservazione con una lunghezza attiva di circa 205m costituita unicamente dalla tipologia di flusso significativo.

4.13 Canale 12

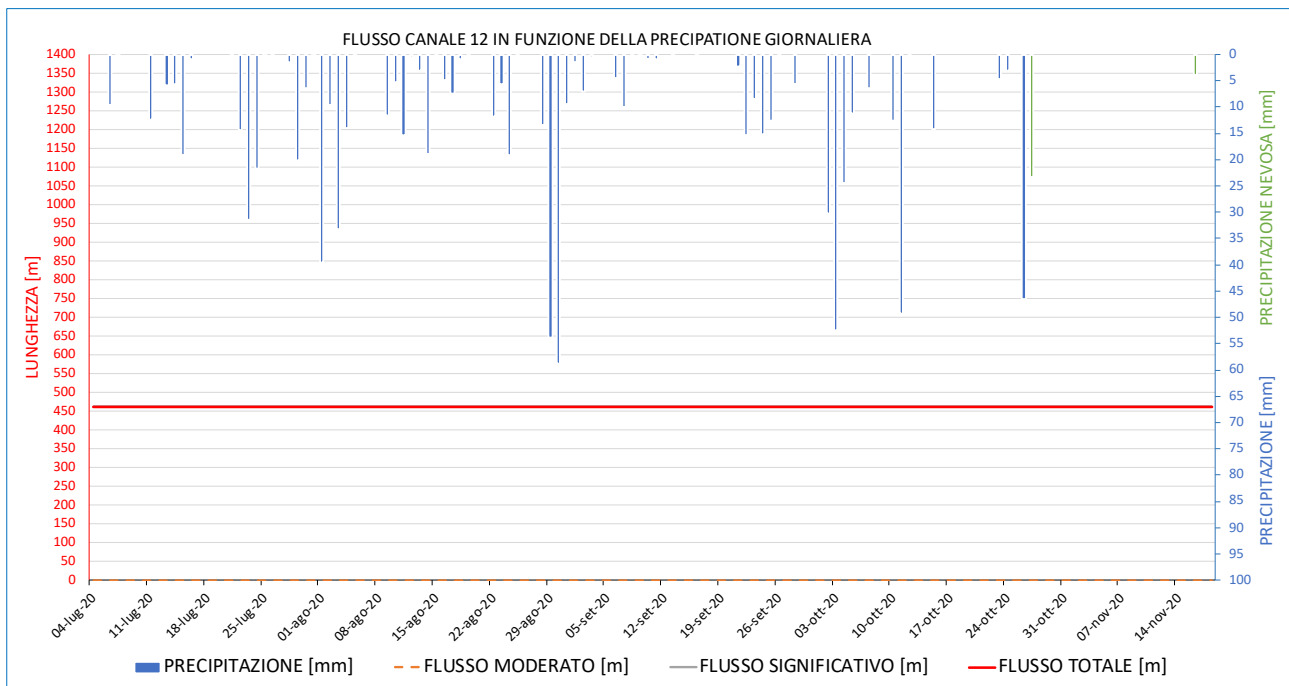


Fig. 4.25 Flusso del canale 12 in funzione della precipitazione giornaliera

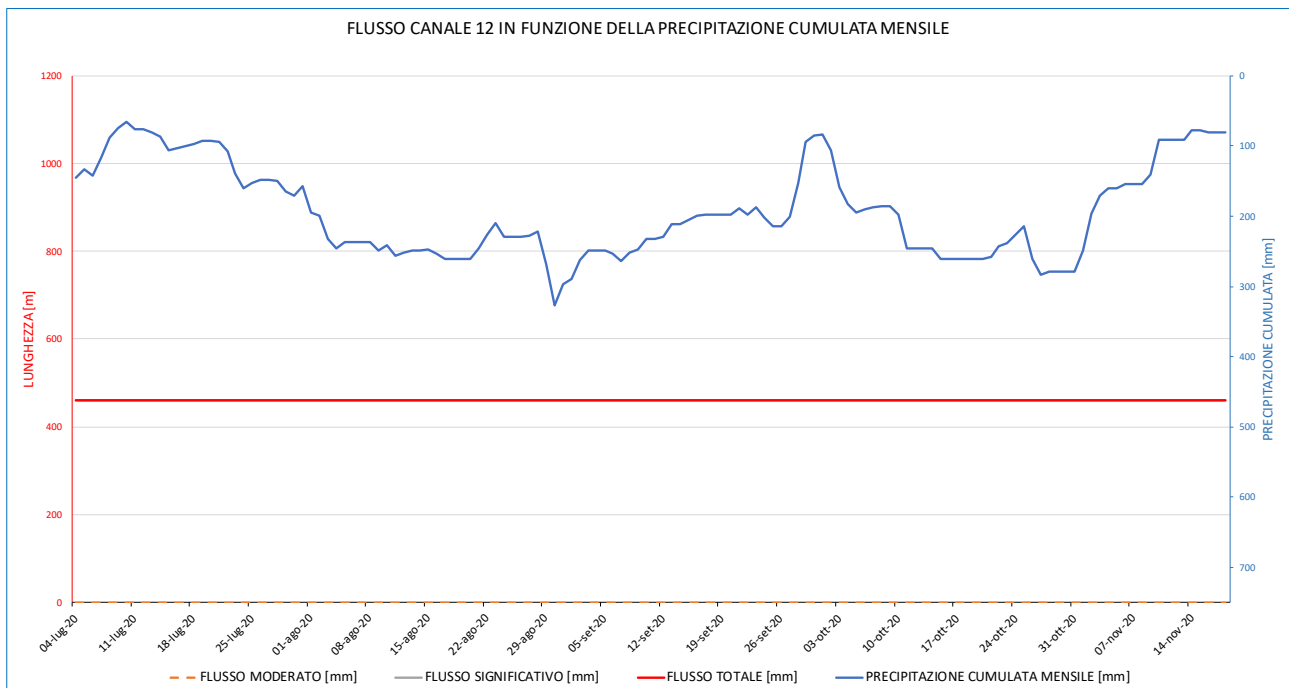


Fig. 4.26 Flusso del canale 12 in funzione della precipitazione cumulata mensile

Il canale 12 è lungo circa 460m e costituisce circa il 13% dell'intera rete, esso è situato nella parte Nord del bacino considerato ed è alimentato dal canale 10 e dal canale 11 ed è interrotto dalla sezione di chiusura.

Dall'analisi temporale della lunghezza complessiva del canale 12 (Fig.4.25 e Fig.4.26) emerge un valore costante durante tutto il periodo di osservazione con una lunghezza attiva di circa 460m costituita unicamente dalla tipologia di flusso significativo.

Passando all'analisi delle lunghezze attive, delle tipologie di flusso, e il loro collegamento con le precipitazioni, si sono potute riscontrare delle somiglianze sulla base delle diverse zone di osservazione.

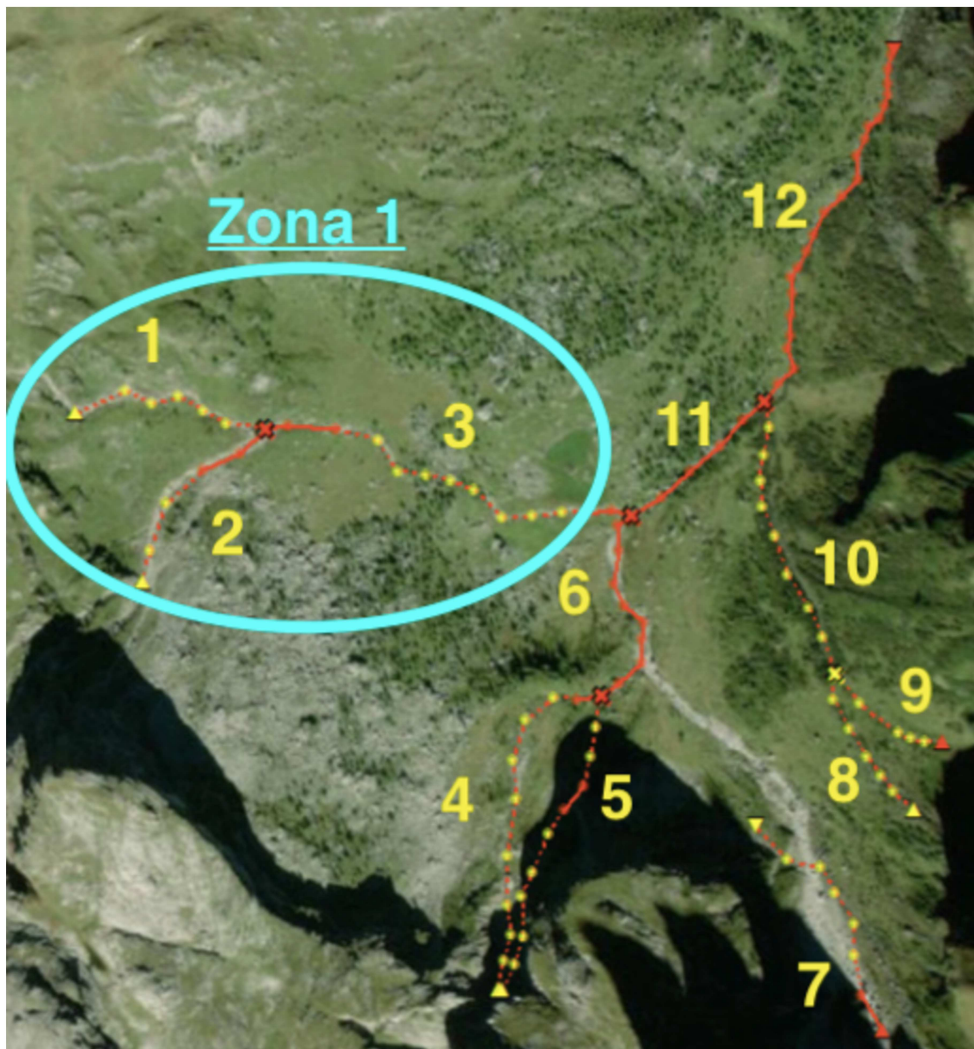


Fig. 4.27 Rappresentazione della Zona 1

Nella Zona 1 composta dai canali 1,2 e 3 si è osservato un comportamento omogeneo relativamente alle lunghezze attive caratterizzate dalle varie tipologie di flusso. La lunghezza attiva complessiva nei 3 canali è diminuita in maniera importante nell'ultimo mese di analisi nel quale si è verificato un netto calo delle precipitazioni. Si è rilevato il quasi totale spegnimento del canale 2 e lo spegnimento completo del canale 1. Inoltre si è riscontrata una trasformazione della tipologia di flusso osservato, che, nell'ultimo rilievo del 18/11/2020, è stato interamente classificato come moderato nei canali 1 e 2.

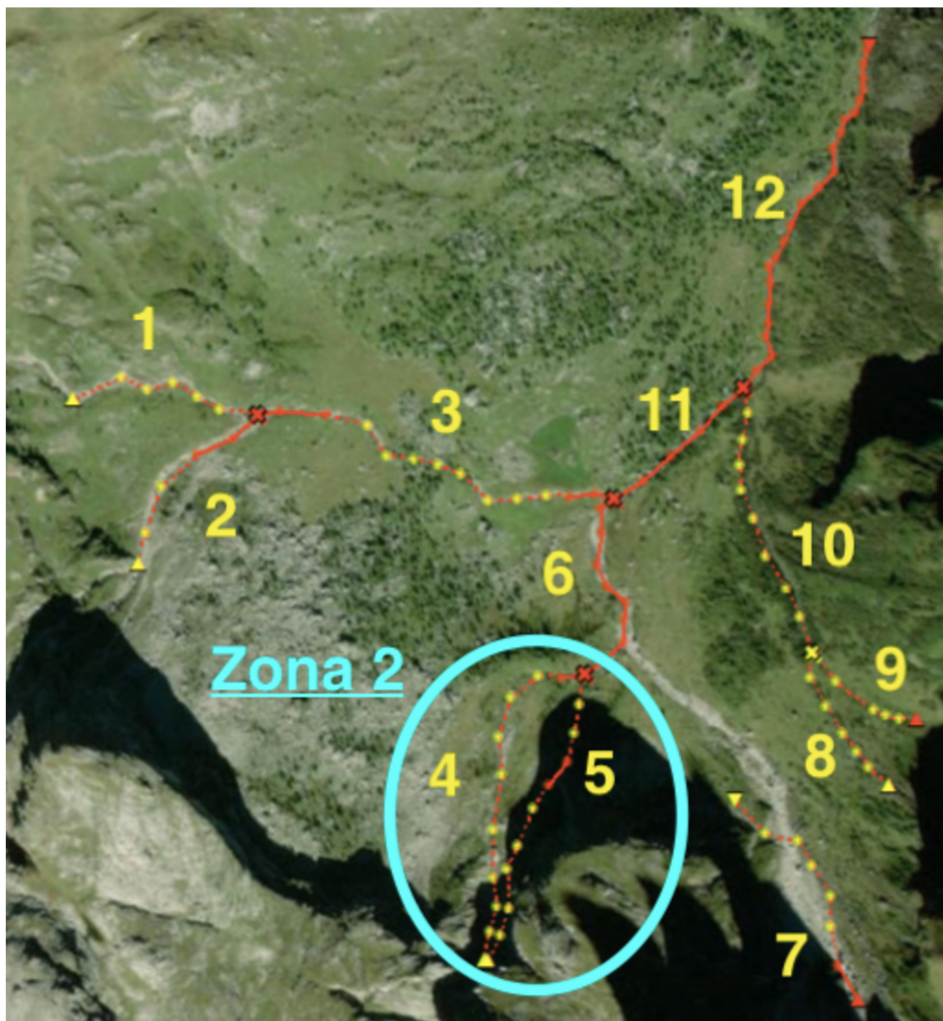


Fig. 4.28 Rappresentazione della Zona 2

Nella Zona 2, composta dai canali 4 e 5, si è osservato un comportamento eterogeneo tra i due canali nonostante questi avessero la stessa origine situata alla quota di circa 2000 m. Dove il canale 4 (Fig.4.9 e Fig.4.10) ha una lunghezza attiva costante fino ad ottobre (che poi diminuisce fino ad arrivare allo spegnimento quasi totale del canale), il canale 5 (Fig.4.11 e Fig.4.12) subisce un aumento della lunghezza attiva complessiva, e in particolare, della lunghezza con tipologia di flusso significativo. Questo incremento è compatibile con la crescita della precipitazione cumulata mensile nei giorni antecedenti il rilievo e può essere spiegato da una miglior propensione del canale 5 al deflusso superficiale rispetto al canale 4.

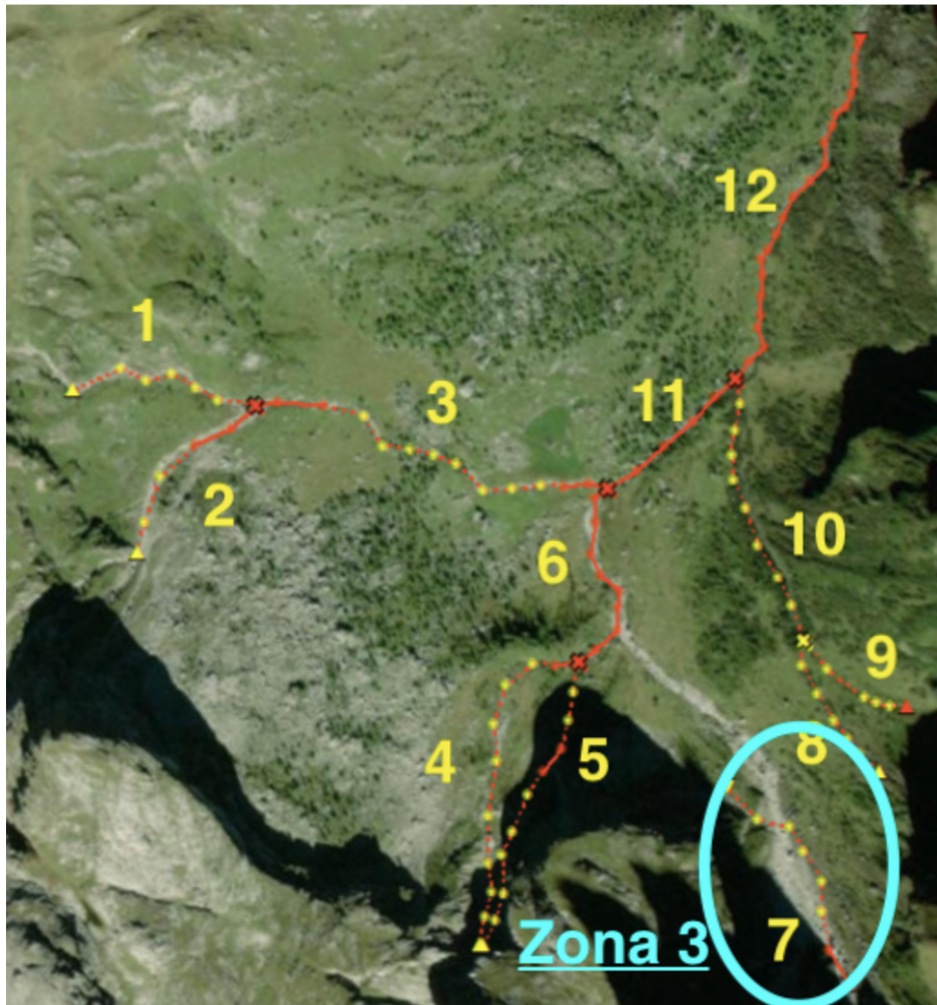


Fig. 4.29 Rappresentazione della Zona 3

La zona 3 costituita unicamente dal canale 7 è stata individuata seguendo un vecchio greto collegato al torrente principale. Il flusso del canale 7 è sempre stato di tipo moderato ma ha coinvolto una porzione di canale maggiore al rilievo del 23/09/2020 rispetto al rilievo della settimana seguente. Questo comportamento può essere giustificato dal fatto che al momento del rilievo del 23/09/2020 come i giorni precedenti erano in atto precipitazioni, mentre durante il rilievo del 30/09/2020 non erano state riscontrate precipitazioni da alcuni giorni.

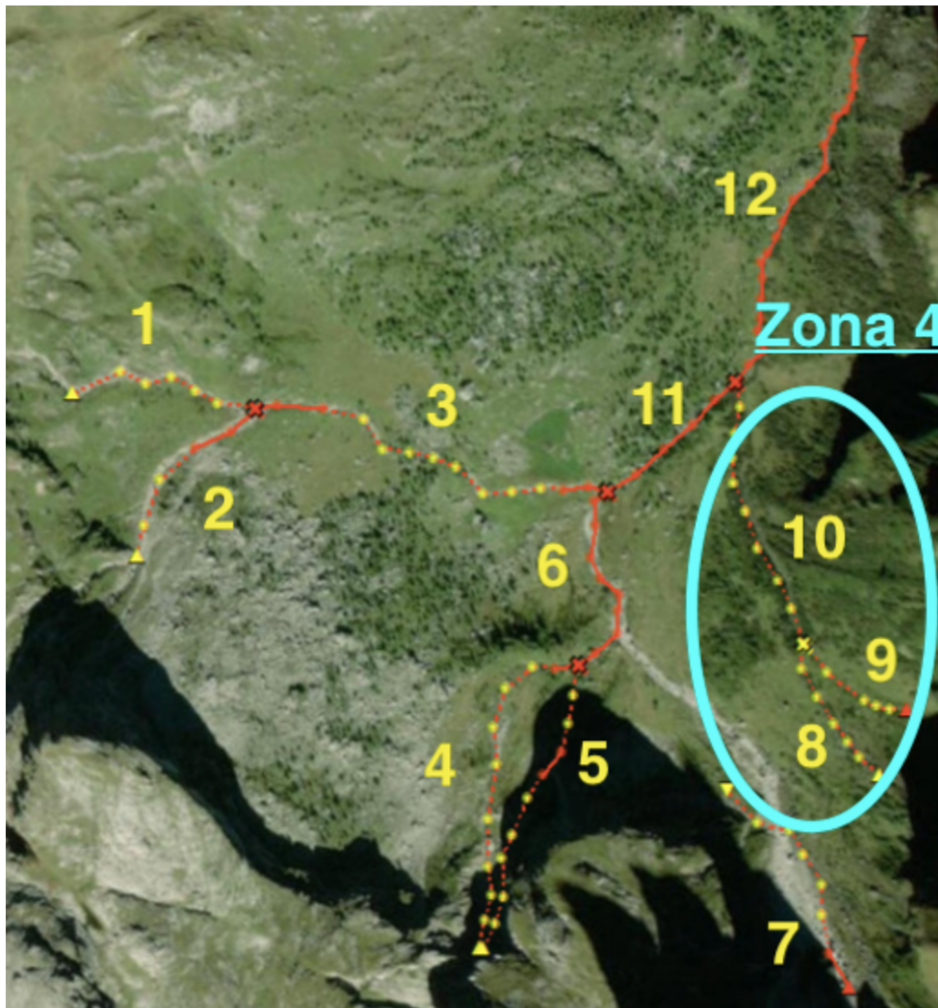


Fig. 4.30 Rappresentazione della Zona 4

La Zona 4 presenta un'abbondante vegetazione che ricopre i canali 8, 9 e 10 facendone scomparire il flusso in alcuni tratti e rendendo difficile il monitoraggio. La portata d'acqua che alimenta i canali ha origine da una stessa parete rocciosa a Est del bacino non collegata con le 3 cime del Focobon da cui ha origine la portata principale del torrente Focobon. I flussi dei canali 8 e 9 sono unicamente di tipo moderato e sfociano nel canale 10 nel quale è stato registrato un flusso significativo specialmente all'imbocco con la parte centrale del reticolo idrografico. Il canale 8 nonostante gli evidenti segni di canalizzazione non ha mai mostrato alcun tipo di flusso in prossimità della confluenza con il canale 9. Quest'ultimo presenta un flusso moderato la cui estensione spaziale decresce nel tempo abbastanza linearmente. In generale c'è stato un trend decrescente della lunghezza attiva e un totale spegnimento della rete con l'arrivo delle precipitazioni nevose.

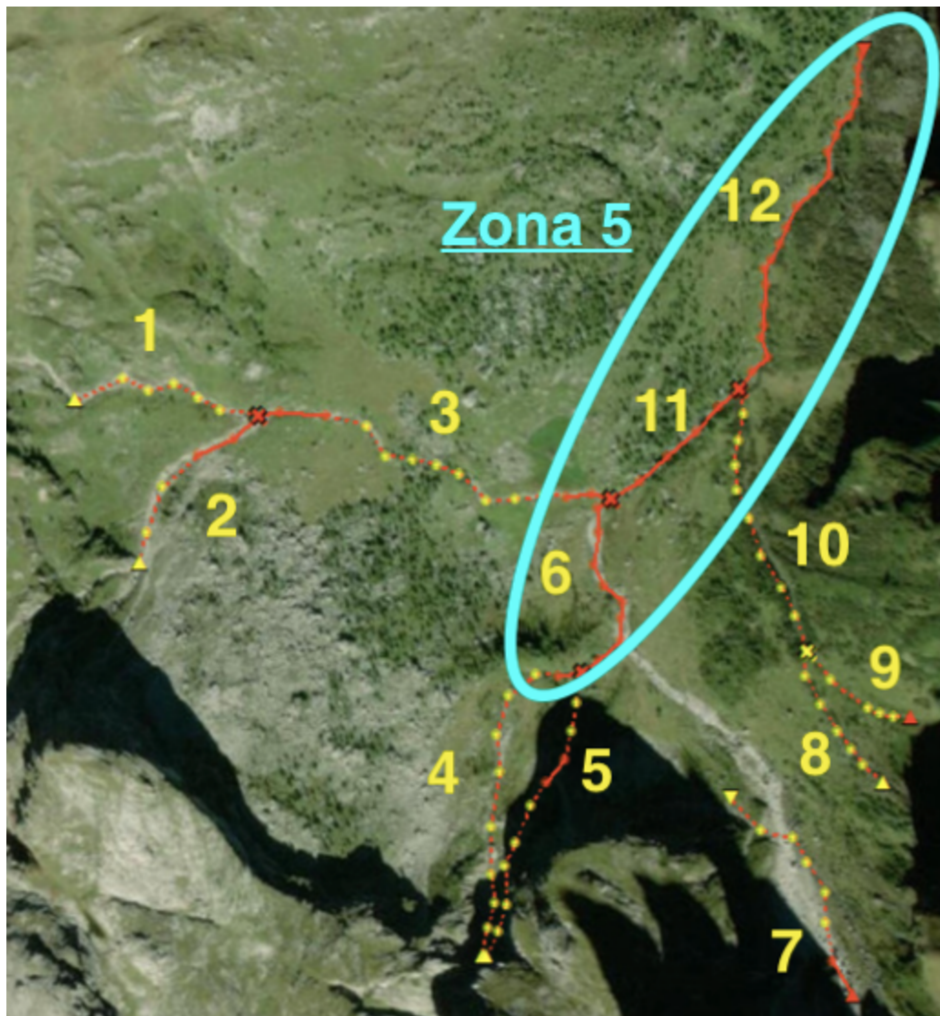


Fig. 4.31 Rappresentazione della Zona 5

Per concludere la Zona 5 composta dai canali 6,11 e 12 è caratterizzata quasi unicamente da un flusso significativo che coinvolge una lunghezza pressoché costante durante tutti i rilevamenti effettuati risentendo in minima parte dell'influenza degli altri canali sfocianti. Questo è legato al fatto che l'area cumulata associata a questi nodi è maggiore rispetto agli altri, garantendo una maggiore persistenza del flusso superficiale.

4.14 Pregi e difetti del metodo di analisi

Il metodo impiegato per l'analisi della persistenza presenta i seguenti vantaggi:

- Metodo economico sia dal punto di vista dei materiali sia dal punto di vista della manodopera utilizzata;
- Facilità e semplicità di esecuzione;
- Possibile impiego in bacini di tutte le dimensioni sulla base della manodopera.

I possibili difetti di questo metodo sono:

- Scarsa precisione del metodo (unicamente qualitativo) di valutazione del flusso idrico;
- Dipendenza dalle condizioni di contorno quali conformazione e percorribilità del bacino;
- Elevato tempo necessario ai sopralluoghi.

Il limite maggiore è quello legato alla precisione delle osservazioni della tipologia del flusso idrico. Non avendo strumenti per la misura di portata la distinzione tra i vari flussi è arbitraria e priva di una validità numerica. Inoltre vale la pena sottolineare che gli strumenti empirici sviluppati in questo lavoro sono puramente descrittivi. In quanto tali, hanno un potere predittivo limitato, a meno che non siano adeguatamente integrati da modelli fisici in grado di scoprire le principali determinanti fisiche dei modelli spaziali di persistenza dei flussi e della loro correlazione.

Capitolo 5

Conclusioni

Nella maggior parte degli studi esistenti, i corsi d'acqua sono concepiti come oggetti statici che occupano regioni predefinite del paesaggio. Tuttavia, le osservazioni empiriche suggeriscono che le reti di corsi d'acqua sono sistematicamente e ubiquitariamente caratterizzate da significative dinamiche di espansione/retrazione prodotte dalla variabilità idrologica e climatica.

Nonostante il miglioramento delle conoscenze sulle principali cause e conseguenze della dinamica della rete idrografica, ad oggi vi è una limitata disponibilità di strumenti analitici di applicazione generale, adatti a caratterizzare oggettivamente l'entità e la portata della variabilità della rete idrografica nel tempo.

In questa esperienza di tesi è stato possibile, mediante i dati raccolti in campo, mappare e analizzare la variabilità spazio-temporale della persistenza della parte alta del bacino idrografico Focobon collegandola alle precipitazioni. I risultati ottenuti confrontando il flusso idrico in relazione alle precipitazioni consentono una descrizione soddisfacente del comportamento del deflusso superficiale di un bacino alpino.

I risultati rivelano che, nonostante il clima umido tipico dell'area di studio, più del 60% della rete fluviale osservata è temporanea, con una significativa presenza di corsi d'acqua disconnessi durante i periodi umidi. In particolare si è osservato un comportamento eterogeneo nelle differenti aree del bacino contribuente specialmente tra la zone 1 e 2, caratterizzate da una decrescita lineare della lunghezza attiva caratterizzata da flusso significativo e totale, e le zone 3 e 4 nelle quali la rete attiva dipendenti maggiormente dalle precipitazioni registrate nei giorni precedenti il rilievo.

Capitolo 6

Bibliografia e sitografia

- S. Garbin, Elisa Alessi Celegon, Pietro Fanton and Gianluca Botter, 13 February 2019. Hydrological controls on river network connectivity.
<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.181428>, consultato il 12/09/2022.
- N. Durighetto, F. Vingiani, L. E. Bertassello, M. Camporese, G. Botter, 23 March 2020. Intraseasonal Drainage Network Dynamics in a Headwater Catchment of the Italian Alps
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2019WR025563>, consultato il 12/09/2022.
- G. Botter, N. Durighetto, 17 July 2020. The Stream Length Duration Curve: A Tool For Characterizing the Time Variability of the Flowing Stream Length.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020WR027282>, consultato il 12/09/2022.
- G. Botter, F. Vingiani, A. Senatore, C. Jensen, M. Weiler, K. McGuire, G. Mendicino, N. Durighetto, 02 November 2021. Hierarchical climate-driven dynamics of the active channel length in temporary streams.
<https://www.nature.com/articles/s41598-021-00922-2>, consultato il 12/09/2022.
- N. Durighetto, V. Mariotto, F. Zanetti, K. J. McGuire, G. Mendicino, A. Senatore, G. Botter, 02 April 2022. Probabilistic Description of Streamflow and Active Length Regimes in Rivers.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2021WR031344>, consultato il 12/09/2022.
- https://www.agordinodolomiti.it/it_IT/, consultato il 27/04/2022.
- <https://www.regione.veneto.it>, consultato il 27/04/2022.
- <https://www.arpa.veneto.it/previsioni/it/html/index.php>, consultato il 10/10/2021.
- Progetto DyNET , Versione 2, 10/12/2018, Protocolli e guide per i rilievi visuali della rete idrografica con supporto GPS da smartphone, consultato il 03/07/2020.

