



# ***L'evento estremo di Porretta Terme del 24 Ottobre 2023***

***Dott. Geol. Giulio Torri***

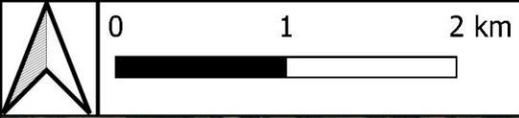
***Rocchetta Mattei  
Grizzana Morandi – 13 Marzo 2024***

# Il nostro percorso (in salsa Gis):

---

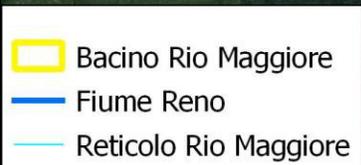


- *Il contesto: il bacino del Rio Maggiore*
  - *Il ritratto storico di un problema;*
- *L'evento meteorologico del 24 Ottobre 2023*
- *Un'analisi dell'evento su base Gis:*
  - *Analisi delle piogge*
  - *Analisi del bacino, morfometria*
  - *«diamo i numeri!»*
  - *Evento Estremo?*
  - *E' andata bene...*



# Un po' di storia

- Fondazione a Torino nel 1898 della *Federazione Nazionale Italiana Pro Montibus*, associazione per promuovere il restauro forestale;
- A ruota viene fondata la sezione bolognese *Pro Montibus et Sylvis*
- La sezione organizza a Castiglione dei Pepoli nel 1899 la prima **Festa degli Alberi**;
- Nel 1901 viene costituito il *Consorzio per il rimboscamento ed il rinsaldamento dei terreni montani*.
- Nel 1902 iniziano i *lavori di sistemazione del bacino del Rio Maggiore*



Porretta Terme

# Cosa si diceva in quegli anni del Rio Maggiore?



*«È noto che il Reno, divenuto celebre negli annali dell'idraulica per le numerose sue fiumane che si ripetono quasi ogni anno, per la violenza delle sue rotte, per la mole colossale dei suoi argini, altrettanto giganteschi quanto impotenti, infine per l'enorme elevazione del suo letto al disopra delle pianure circostanti, elevazione che minaccia ormai di giungere a misura irreparabile, aveva richiamato da molti anni l'attenzione degli studiosi e, quel ch'è più, il danaro dei contribuenti. È noto che si erano ormai sparsi in pianura una trentina di milioni per questo fiume-torrente senza che si fosse mai pensato a spenderne un decimo almeno, per soffocare nelle alte gole dell'Appennino la terribile irruenza del ruscello devastatore.»*

*tratto dall' «Alpe» – Primo numero – 15/06/1903 –  
periodico quindicinale della Pro Montibus et  
Sylvis*

*Porretta verme allagata  
Piazza Vittorio Emanuele*

**...e così, grazie alla  
Fondazione della Pro  
Montibus et Sylvis,  
iniziarono nel 1902 i lavori  
nel bacino del Rio Maggiore.**

*Oltre all'asta principale i lavori si  
concentrarono sui principali  
tributari di essa, come il Rio  
Rampaio, il Rio di Ronco Berna, il  
Rio Fonti. Vennero inoltre fatte  
molte piantumazioni e per fare ciò  
venne creato un vivaio vicino alla  
frazione di Castelluccio.*

Località del Rio Fonti, prima della costruzione della Briglia

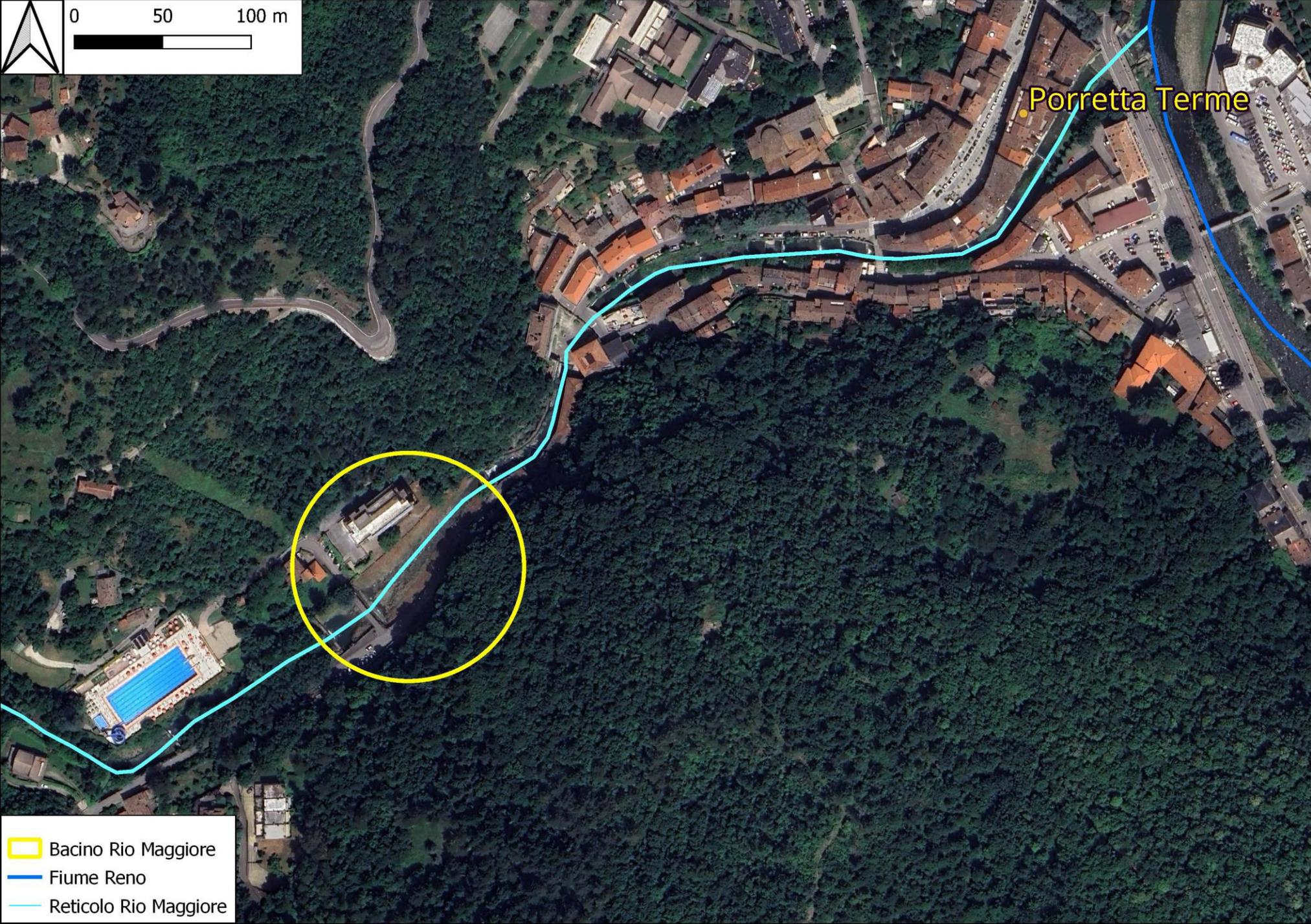
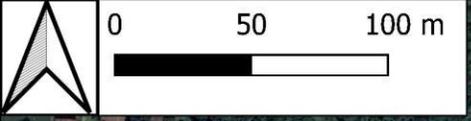
*(immagine da: Università degli Studi di Firenze, Fondi  
Archivistici delle Biblioteche, collezione istituto di  
Silvicoltura, raccolta Corpo Forestale dello Stato)*

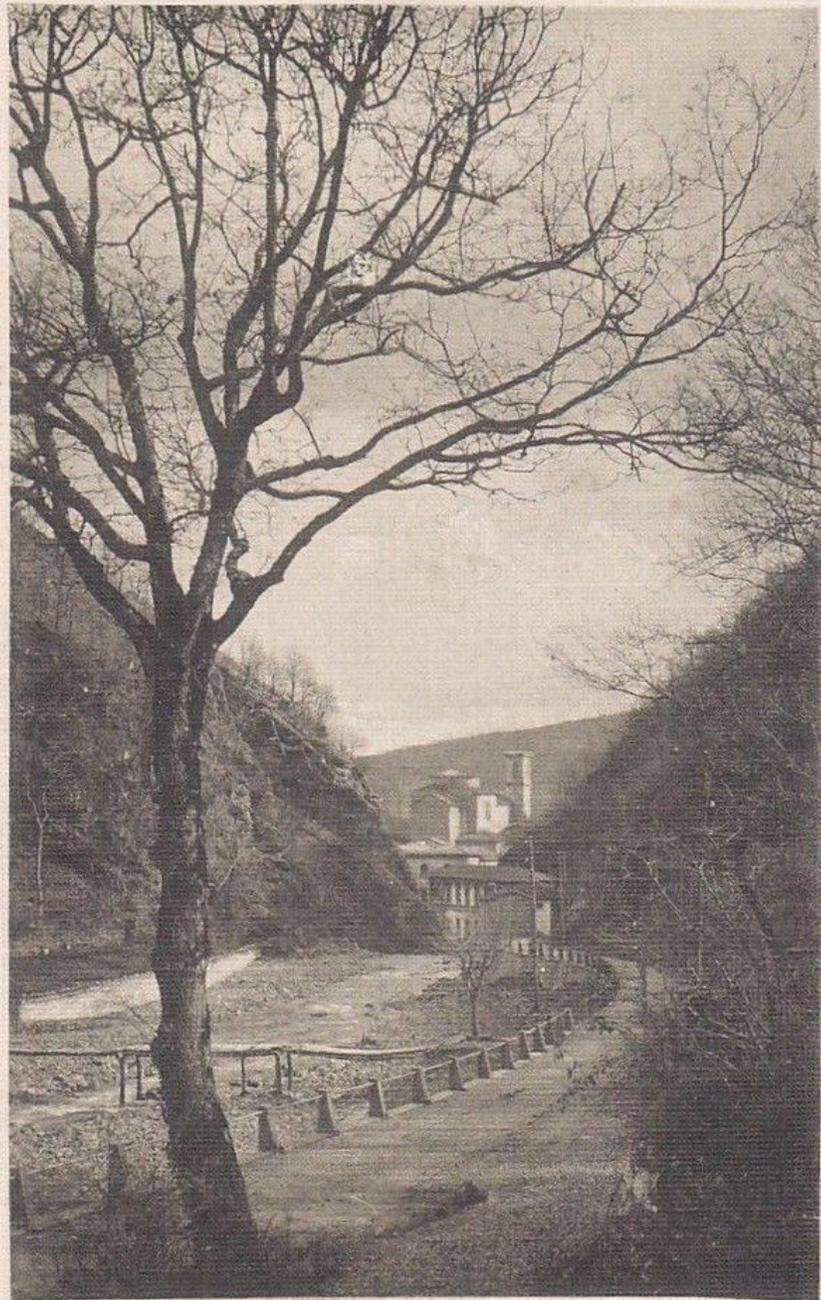


Gran briglia in muratura a calce sul Rio Fonti



Vivaio di piante forestali di Castelluccio

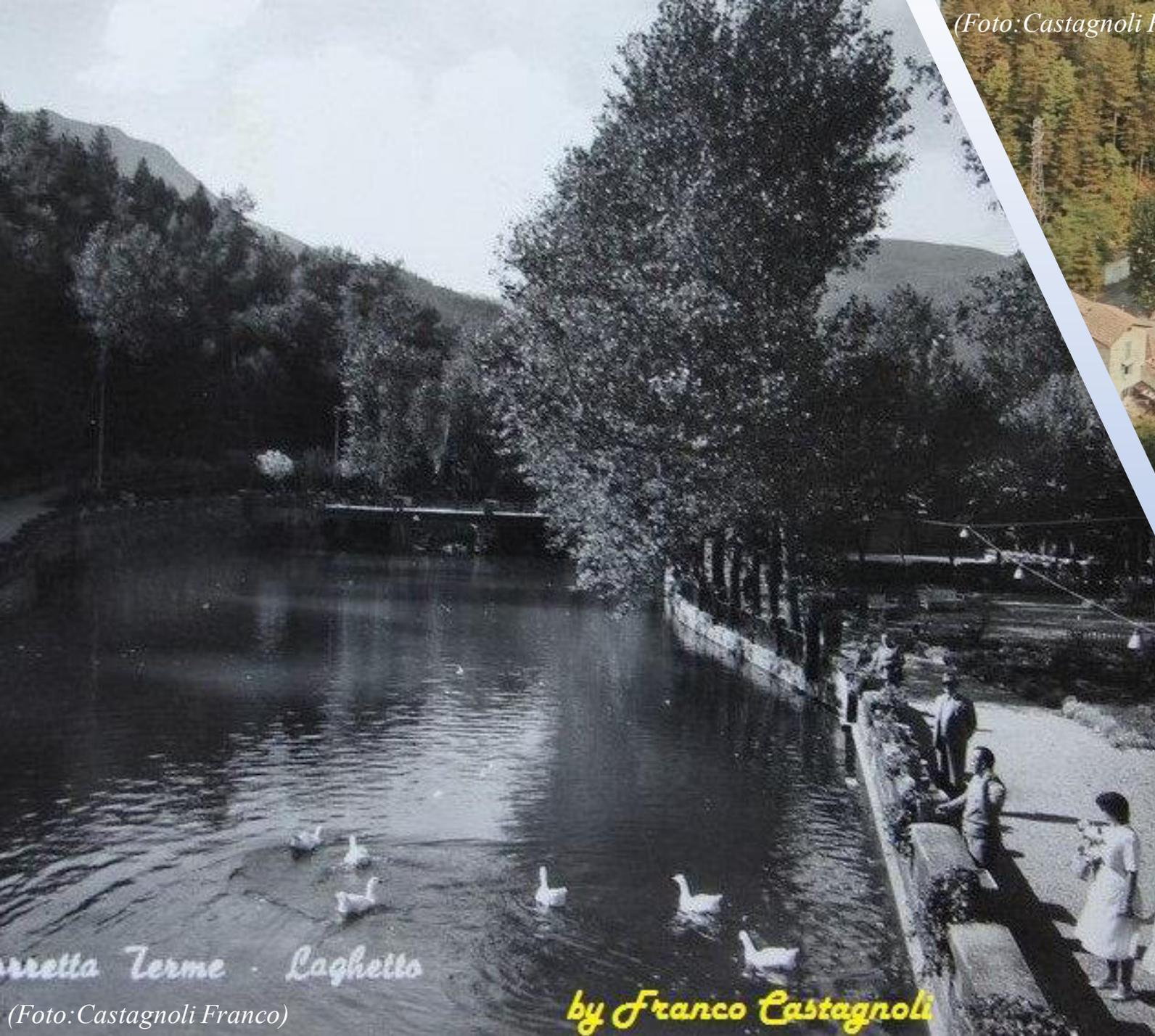




BAGNI DELLA PORRETTA - Vallata del Rio Maggiore



(immagini da: Collezione Castagnoli Franco)

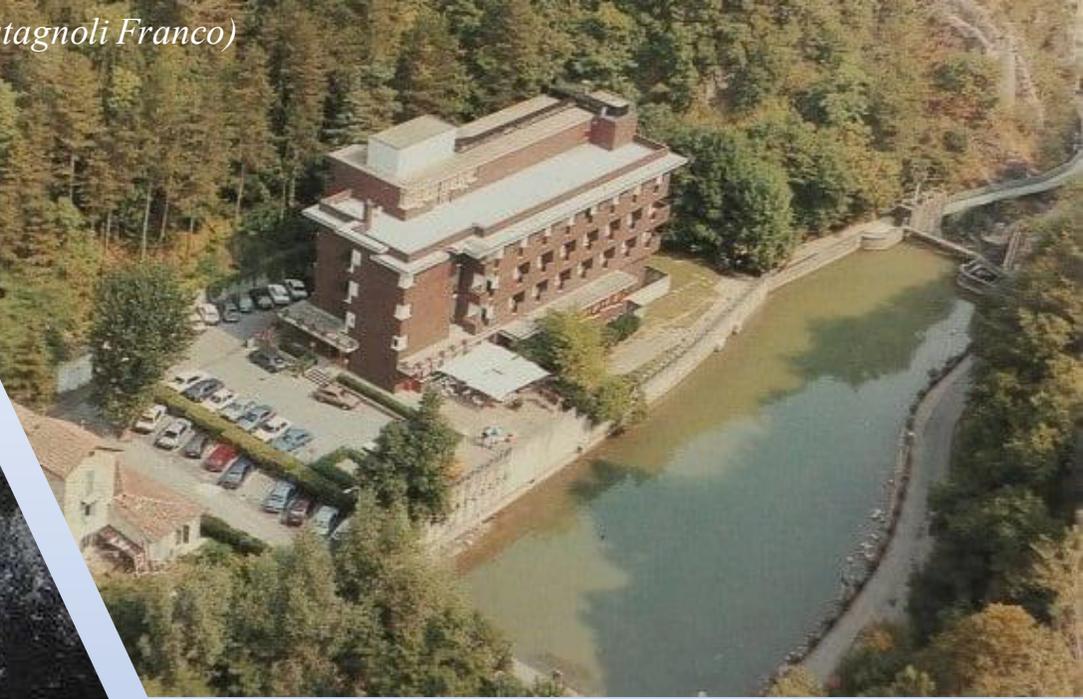


*Arretona Terme - Laghetto*

*(Foto: Castagnoli Franco)*

*by Franco Castagnoli*

*(Foto: Castagnoli Franco)*



*(Foto: Giulio Torri)*



**Ma dopo i lavori di inizio  
secolo....problemi?**

**Piazza della Libertà,  
Porretta Terme, fine anni '70**



*(Fonte: Archivio Franco Castagnoli)*

## Rapporto dell'evento idro-meteorologico del 23 e 24 ottobre 2023



Porretta Terme - Video Facebook Graziano Utami

*A cura di:*

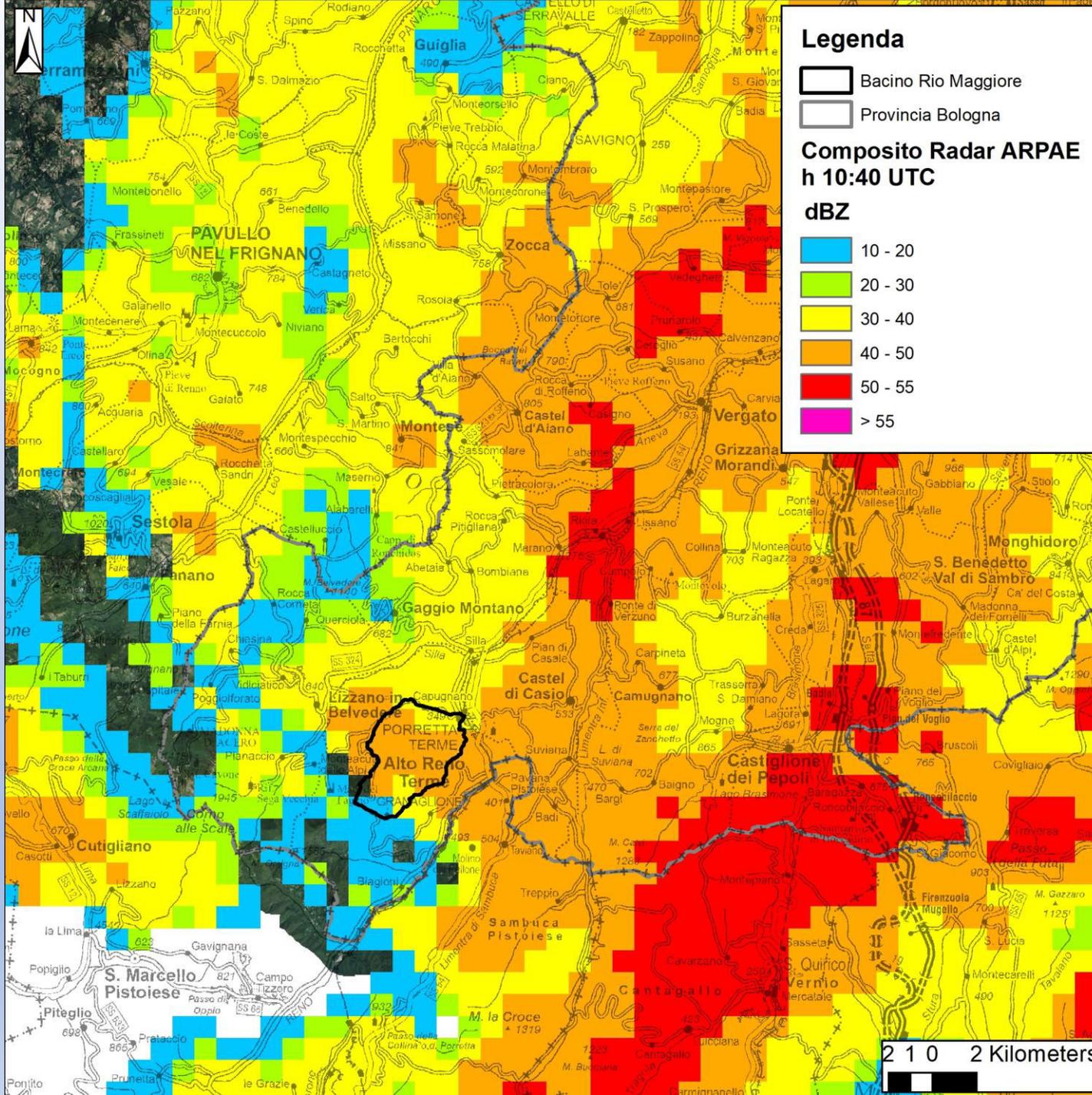
*Miria Celano, Staff Modellistica Meteorologica Numerica e Radarmeteorologia*

*Stefano Costa e Rosanna Foraci, Servizio Sala Operativa e Centro Funzionale*

*BOLOGNA, 23/11/2023*

# 24 Ottobre 2023, cosa succede?

*(Fonte: <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/meteo/report-meteo/rapporti-post-evento>)*

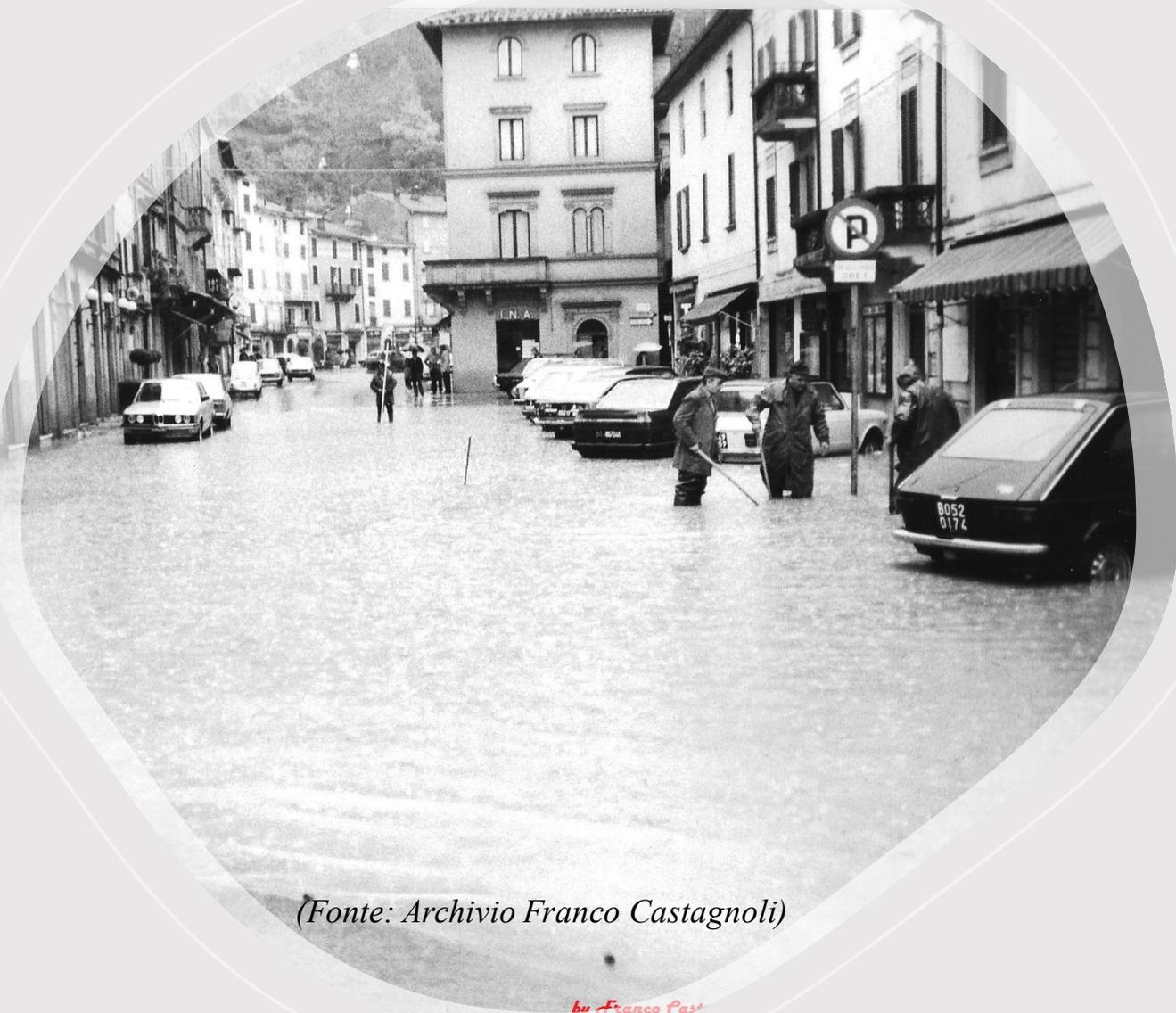


# 1 ora di tempo negli scatti del composito Radar Meteo di ARPAE

- Dati processati in Gis per meglio rappresentare l'area in esame
- N.B. il tempo è UTC, ed essendo il 23/10/2023 in ora legale, l'ora locale è UTC +2 (09:40 = 11:40)
- Unità di misura della riflettività dBZ che viene convertito poi in pioggia come intensità di precipitazione (maggiore è il valore e maggiore è la pioggia precipitante)

(Fonte: <https://dati.arpae.it/dataset/radar-meteo>)

**Sembra di tornare alle immagini del passato, piazza nuovamente allagata...**



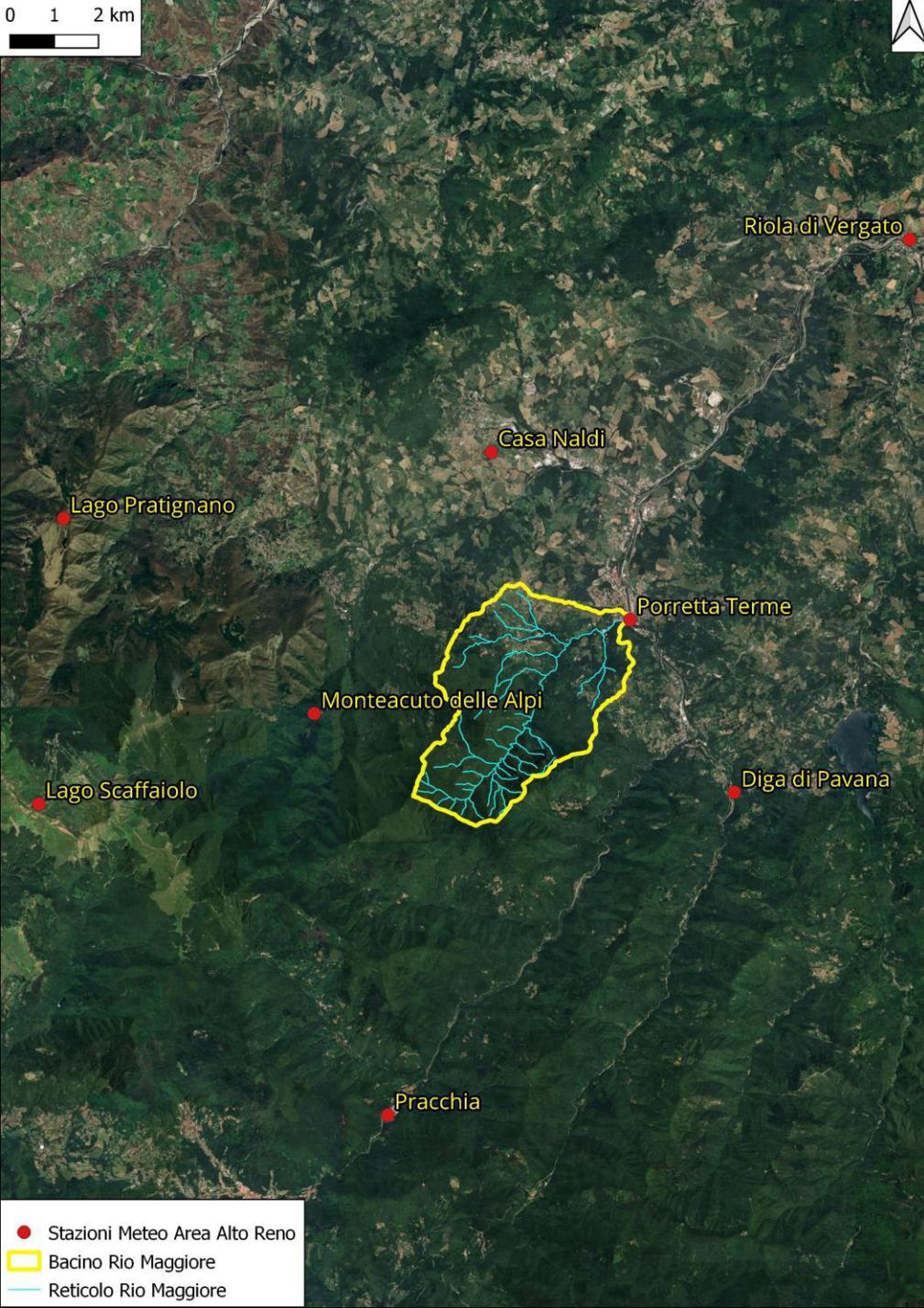
*(Fonte: Archivio Franco Castagnoli)*

*by Franco Cast*

**Ma c'è qualcosa di diverso, l'acqua questa volta non arriva dal Rio Maggiore...**

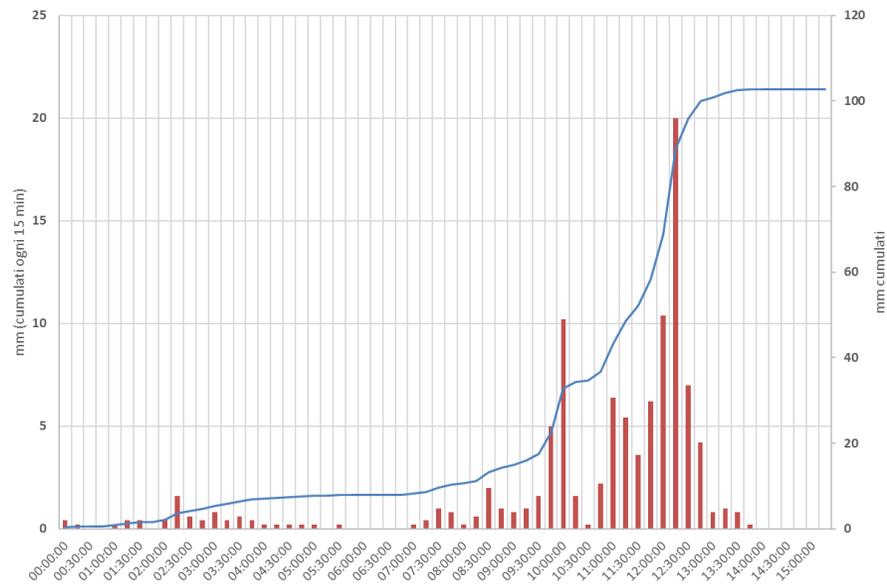
*(Fonte: foto pubblicata su Facebook da Luciano Bernardi)*





- Stazioni Meteo Area Alto Reno
- Bacino Rio Maggiore
- Reticolo Rio Maggiore

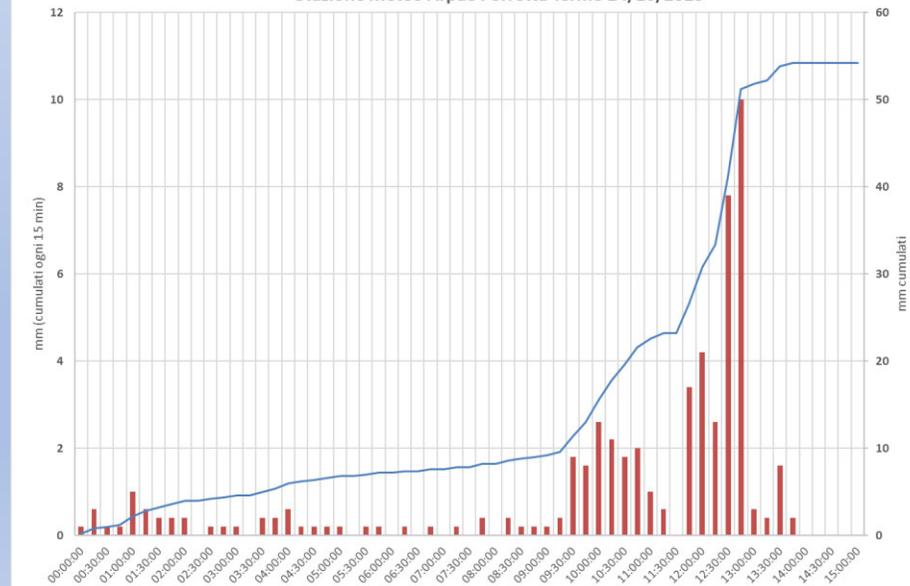
Stazione Meteo Arpae Monteacuto delle Alpi 24/10/2023



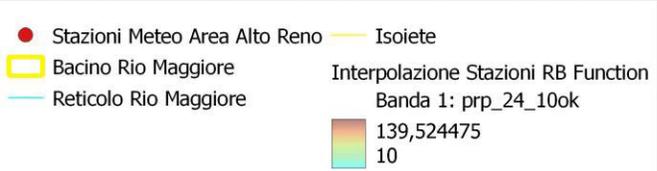
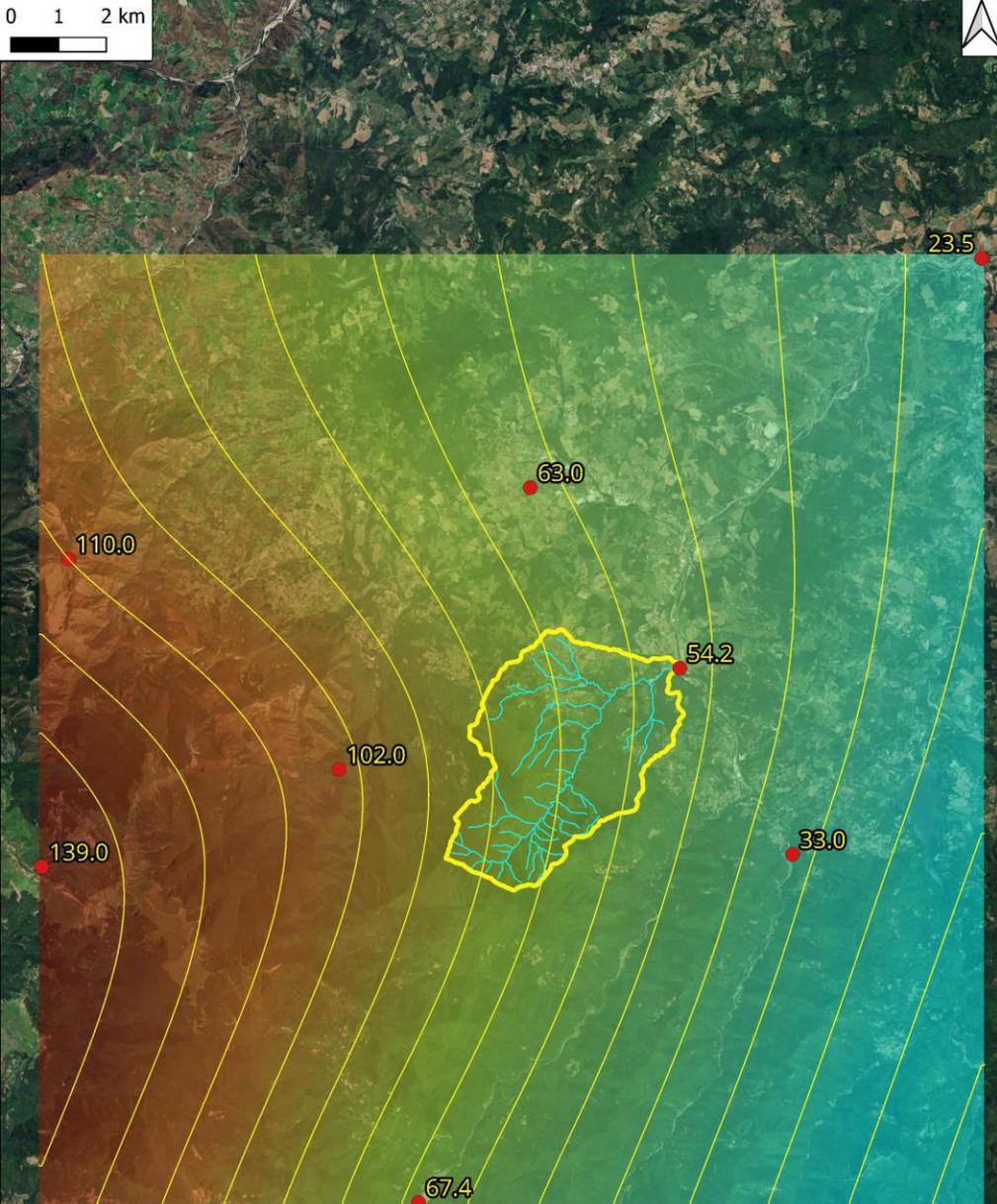
Dati delle precipitazioni: analisi di 8 stazioni meteo che racchiudono spazialmente il bacino del Rio Maggiore

N.B. il tempo UTC, è stato convertito in ora locale (UTC+2)

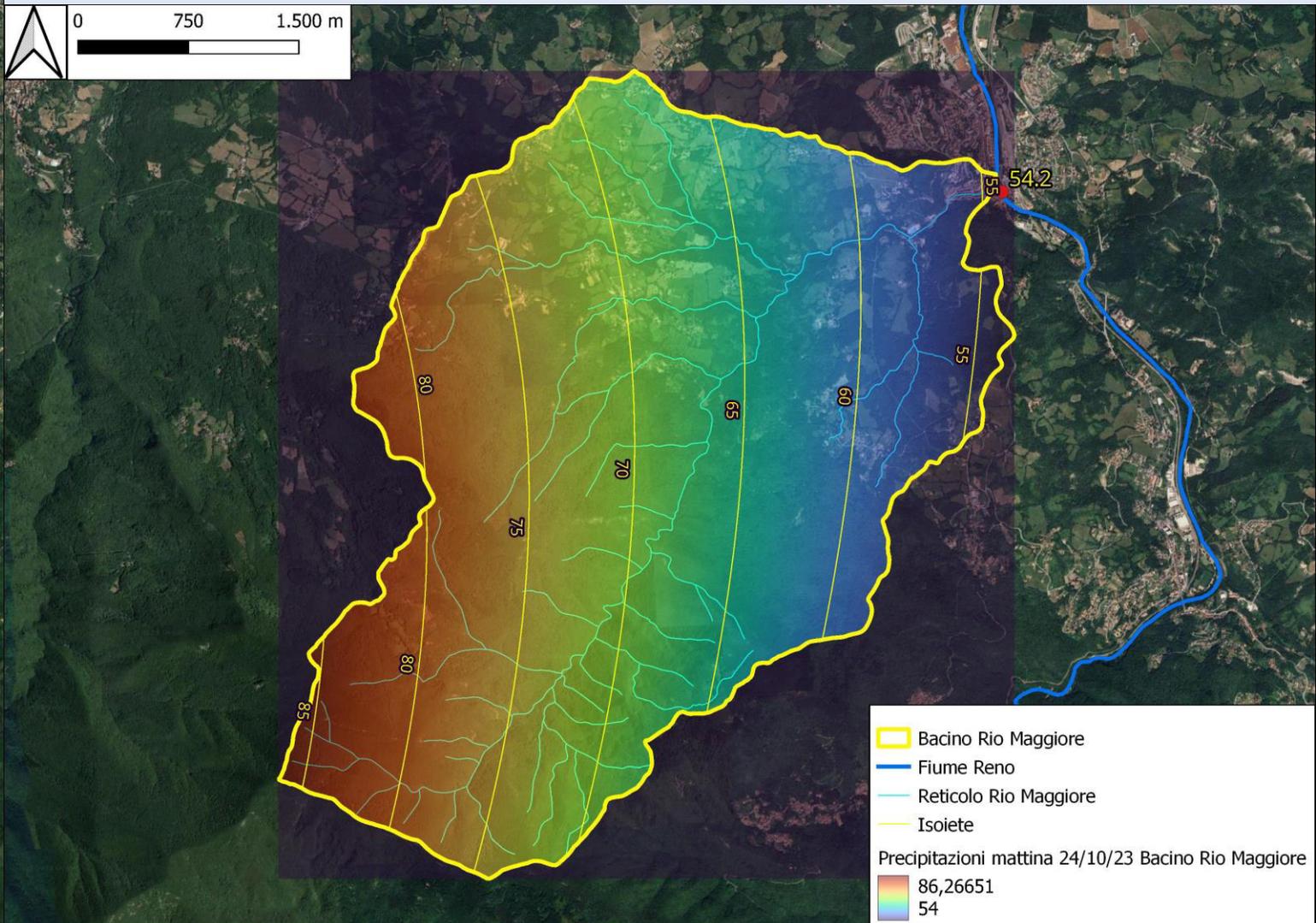
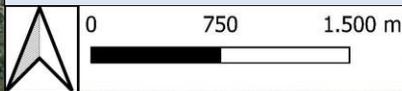
Stazione Meteo Arpae Porretta Terme 24/10/2023



(Fonte: <https://simc.arpae.it/dext3r/>)

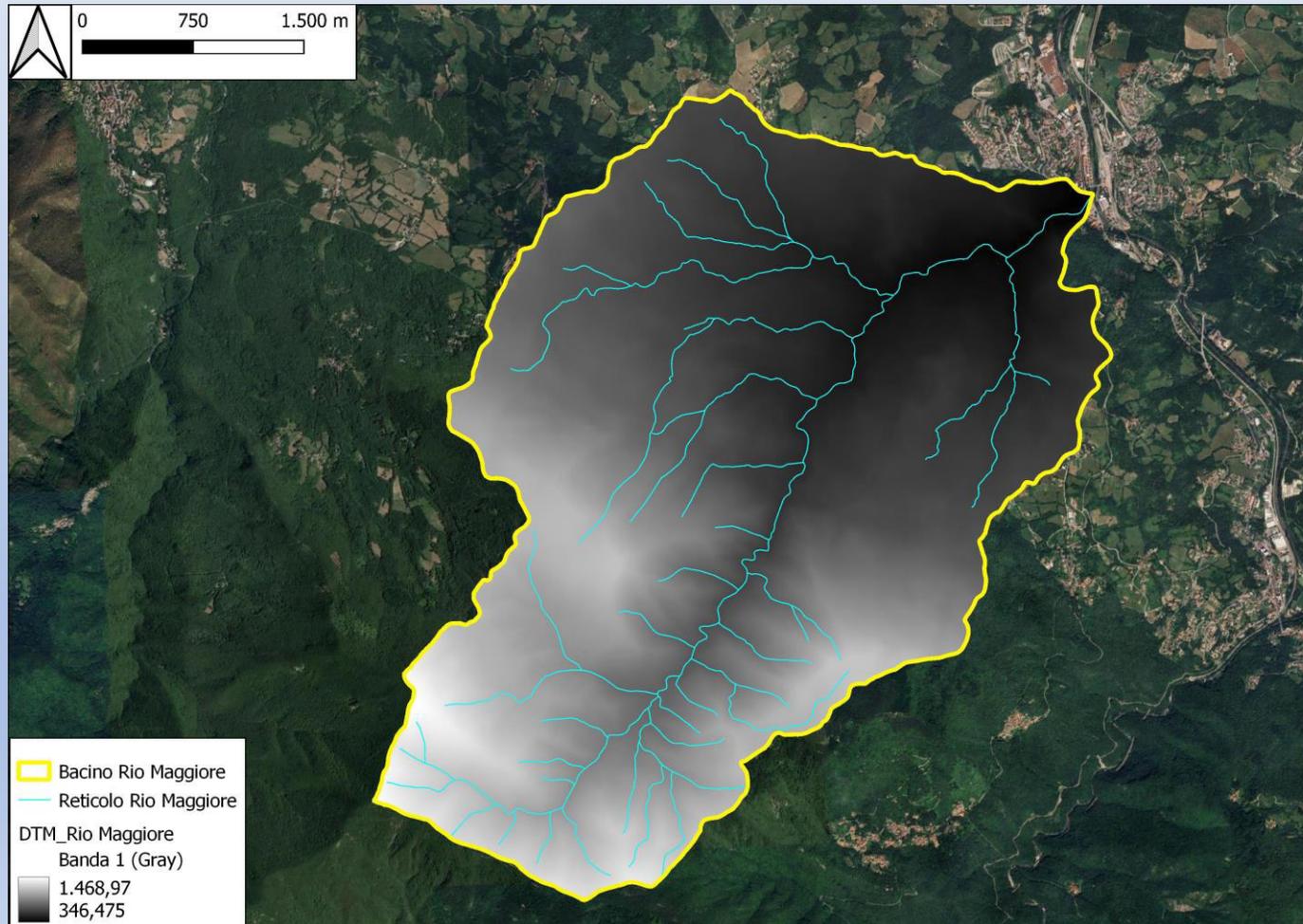


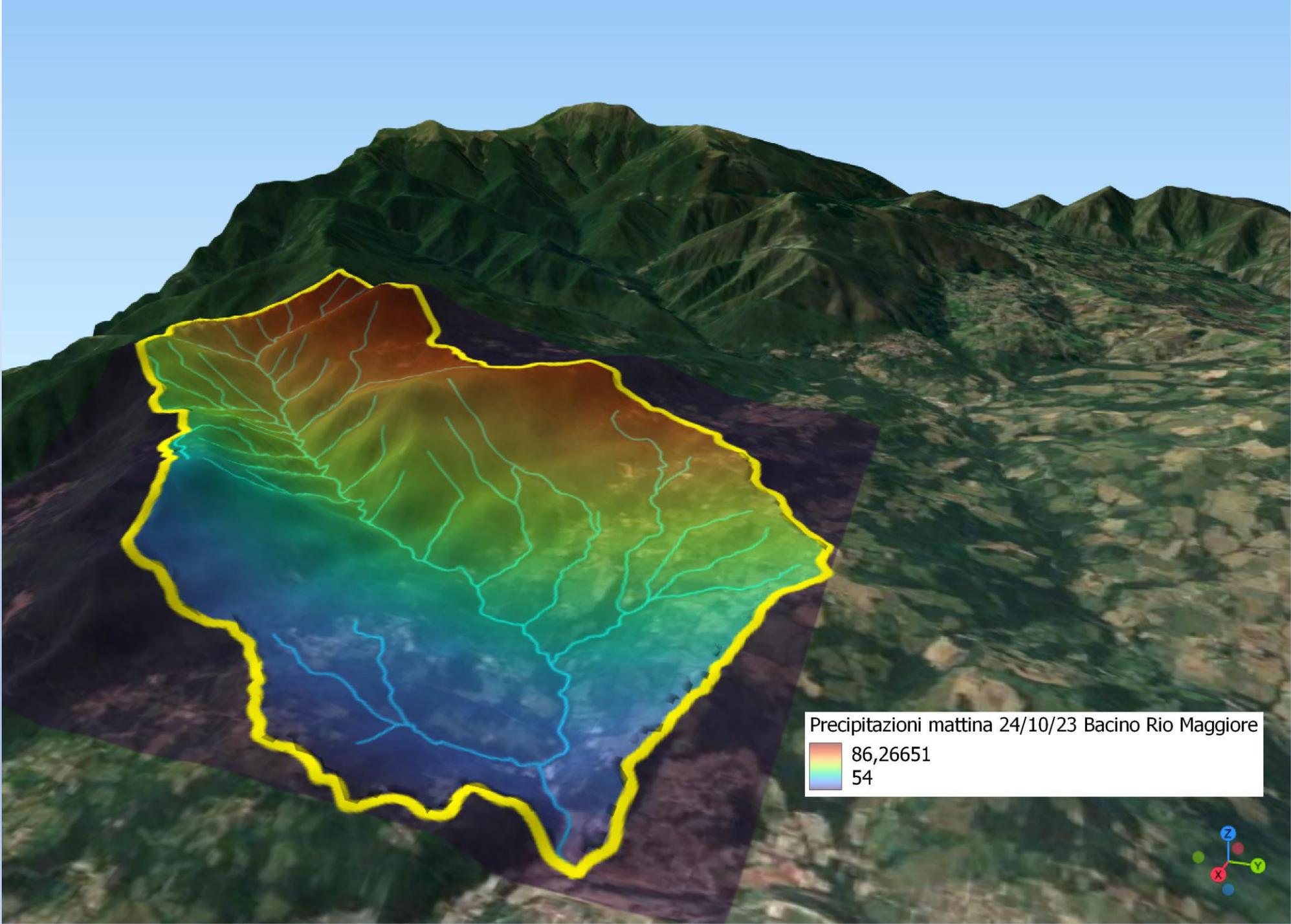
Il dato di pioggia cumulata è stato interpolato in ambiente Gis attraverso il metodo della RBF (Radial Basis Function) un metodo esatto (deterministico) molto utilizzato per interpolare i dati di pioggia caduta.



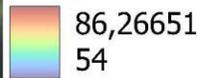
# Analisi del Bacino del Rio Maggiore in ambiente Gis

1. Primo dato necessario: shapefile del bacino in esame, Fonte Minerva Emilia-Romagna → **Immediato calcolo dell'area = 16,4 Km<sup>2</sup>**
2. Secondo dato: shapefile dell'asta principale, Fonte Geoportale Emilia-Romagna → **Immediato calcolo della lunghezza = 7,9 km**
3. **Terzo dato di fondamentale importanza: modello digitale del terreno (DTM).**
4. Download delle sezioni al 1:10.000 di interesse (risoluzione 5x5) dal Geoportale della Regione Emilia-Romagna;
5. Merge dei raster per ottenere un singolo file e quindi clip (ritaglio) dello stesso sulla base dello shapefile del bacino idrografico





Precipitazioni mattina 24/10/23 Bacino Rio Maggiore



# Con il Raster DTM di dettaglio del bacino si possono quindi svolgere molte operazioni interessanti in Gis al fine di caratterizzare dal punto di vista morfometrico il bacino

1. I dati più interessanti da ottenere sono sicuramente rappresentati da:

- Altezza media del bacino
- Pendenza media del bacino
- Pendenza dell'asta principale
- Curva ipsografica

L'altezza media è molto semplice da calcolare in quanto sarà sufficiente far calcolare al Gis le statistiche del Raster DTM, ottenendo quindi molto rapidamente i valori:

- Altezza Max
- Altezza Min
- Altezza Media

Per il caso in esame si ottiene

- Altezza max: 1468,9 m s.l.m.
- Altezza min: 346,4 m s.l.m.
- Altezza media: 793,2 m s.l.m.

# Pendenza Media

La pendenza media ( $i_m$ ) di un bacino è solitamente ricavata attraverso la formula di Alvord-Horton

$$i_m = \left( \frac{L_t \cdot e}{A} \right) \cdot 100$$

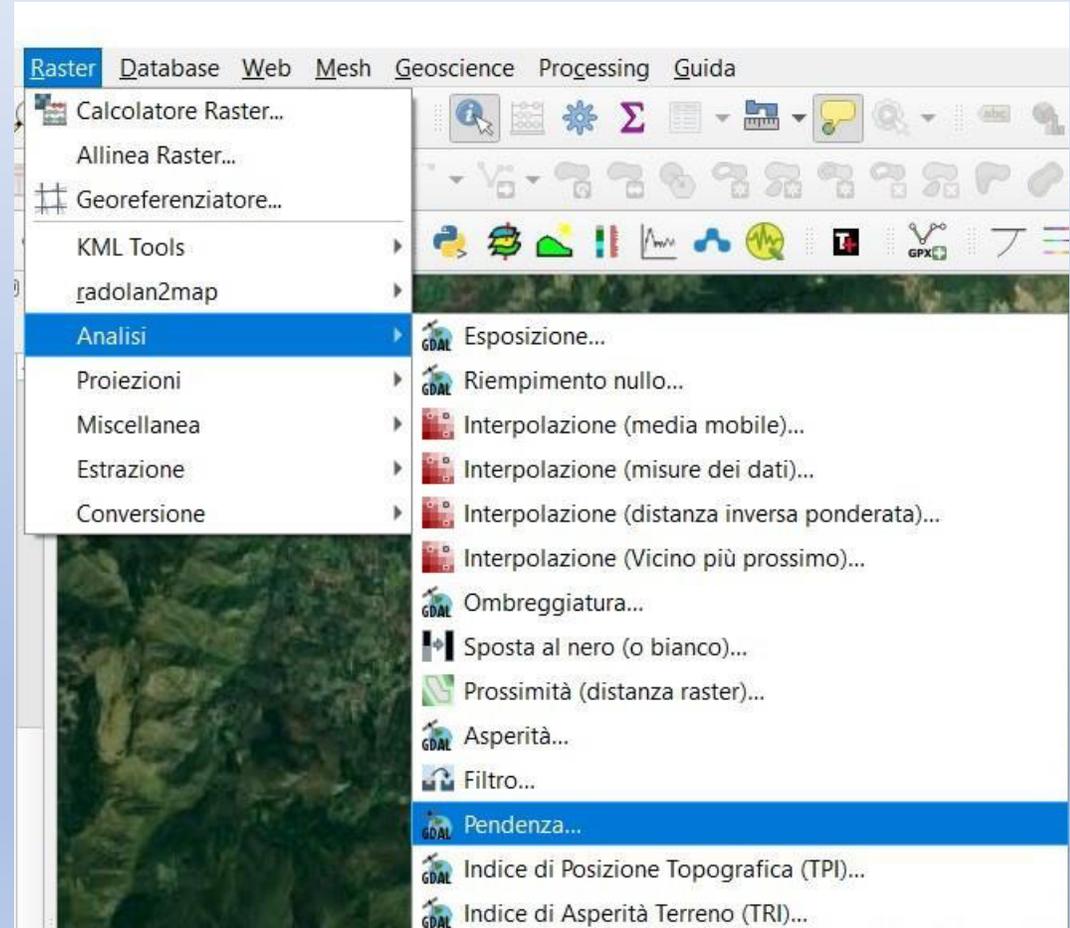
Dove:

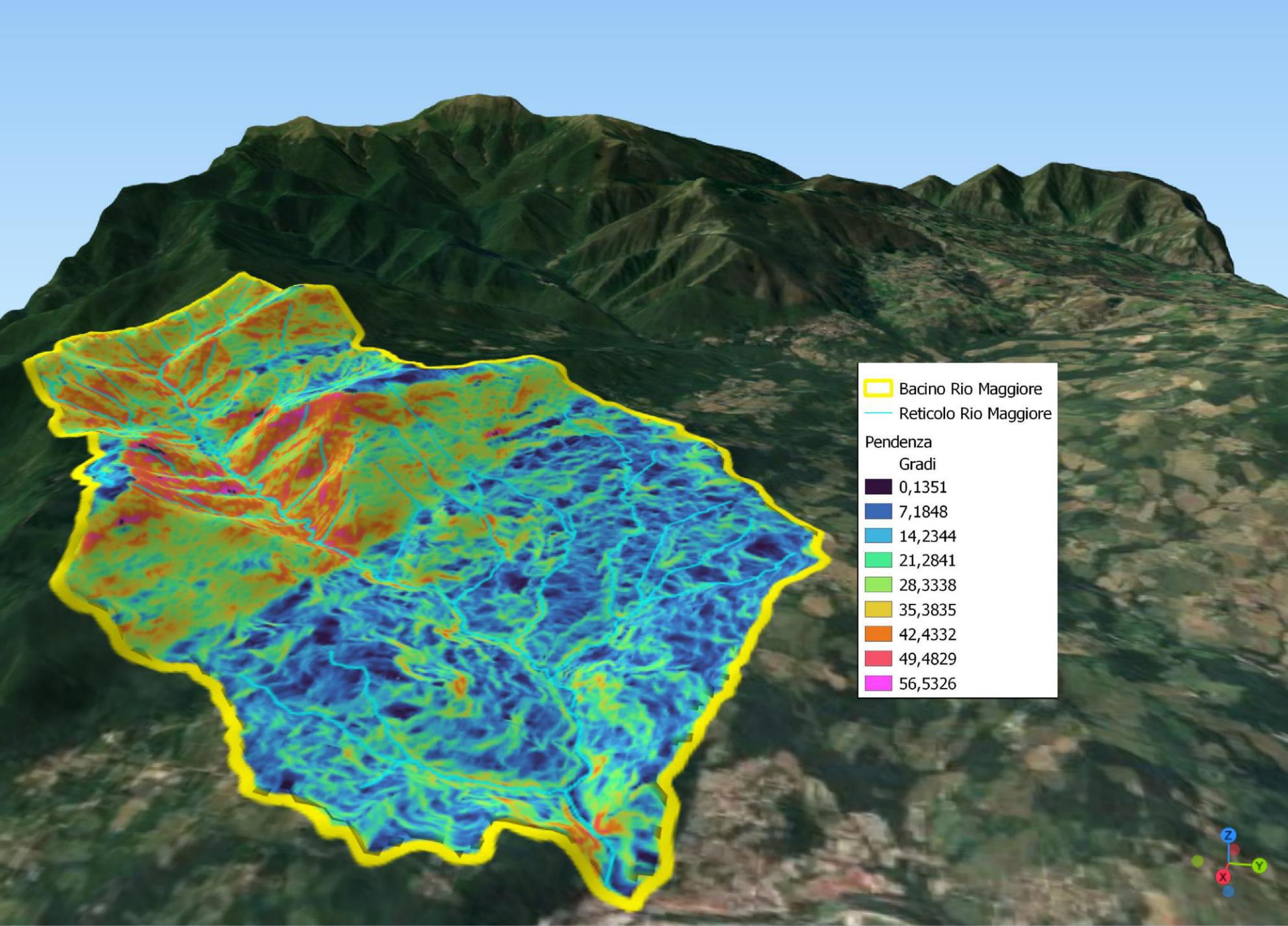
$L_t$  = lunghezza totale isoipse

$e$  = equidistanza fra le isoipse

$A$  = superficie del bacino

Il Gis può ovviamente svolgere quanto sopra, tuttavia l'analisi raster permette di fare tutto molto più rapidamente!

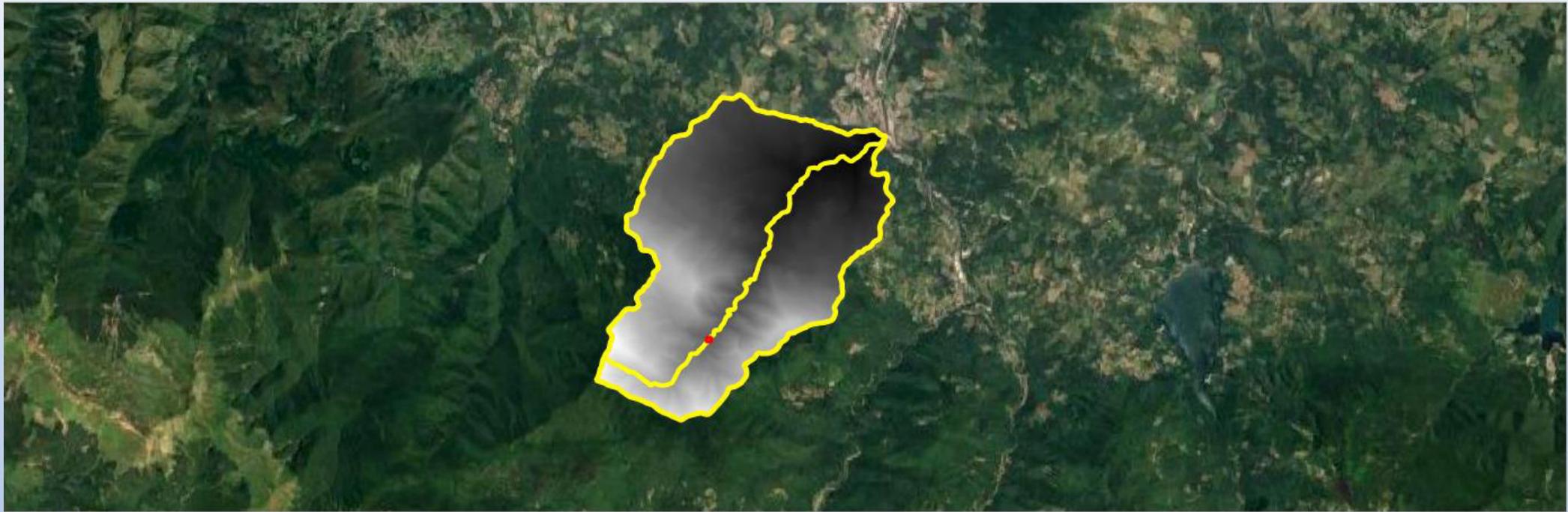




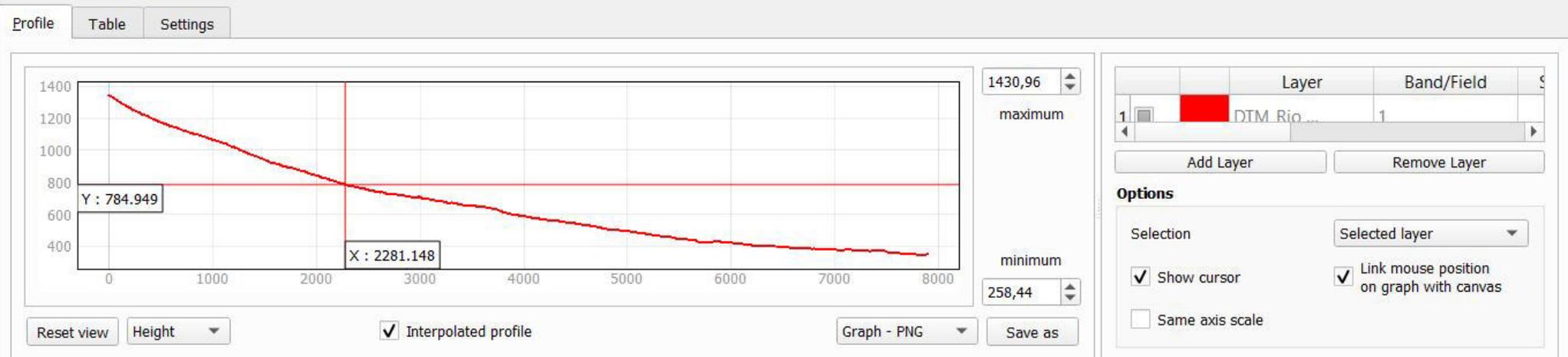
Creato quindi il raster della pendenza, esattamente come con le quote, il Gis potrà calcolare tutte le statistiche tra cui la media



Anche per quanto riguarda la pendenza media dell'asta principale si può estrarre, attraverso lo shapefile del corso principale, i dati dal DTM attraverso un plugin che estrae i valori numerici del DTM sulla base della traccia del corso d'acqua, ottenendo un dato molto preciso. Anche in questo caso il Gis potrà quindi effettuare tutte le statistiche del caso.

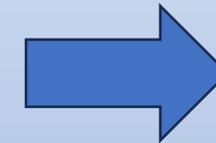
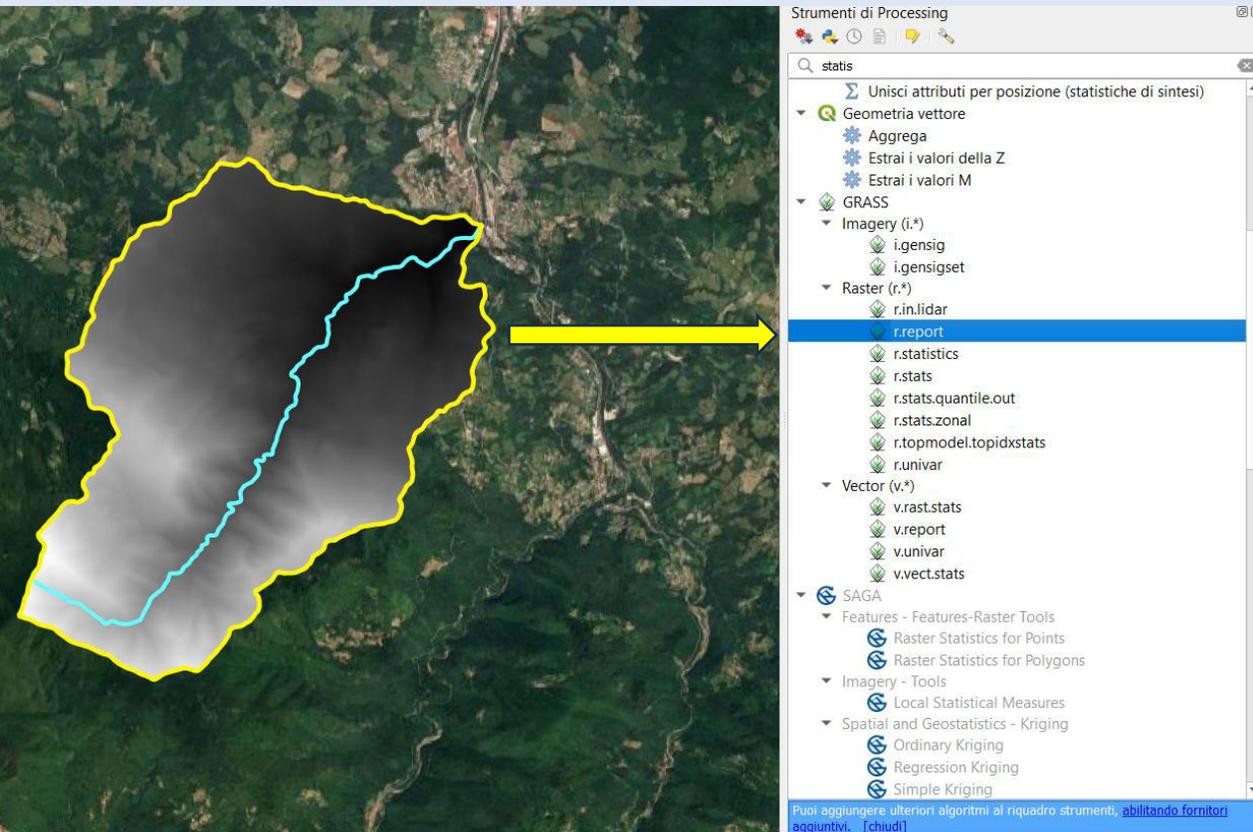


Profile Tool



# Curva Ipsografica

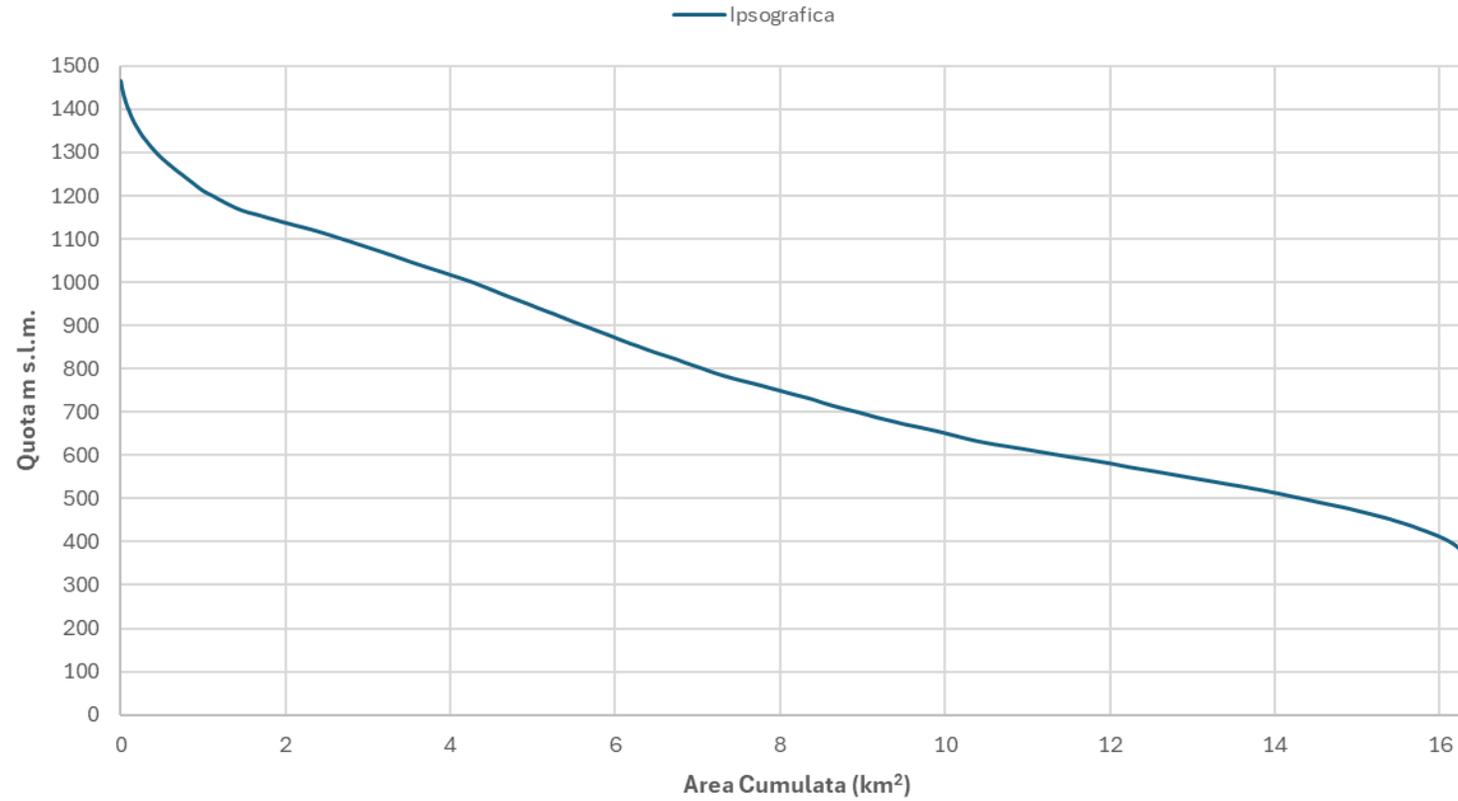
Anche questo descrittore può essere ricavato facilmente in Gis con l'ausilio di Excel. Si utilizza la funzione di GRASS «r.report» la quale crea un file di testo, importabile in excel, contenente le aree suddivise per quote.



	A	B	C	D	E	F
1	<b>Da</b>	<b>a</b>	<b>Area (km2)</b>	<b>Area Cumulata</b>	<b>Area Superiore</b>	<b>Quota Media</b>
2	346,475	350,877	0,013775	0,013775	16,36675	793,2
3	350,877	355,279	0,00845	0,022225	16,3583	793,2
4	355,279	359,6809	0,009025	0,03125	16,349275	793,2
5	359,6809	364,0829	0,00655	0,0378	16,342725	793,2
6	364,0829	368,4848	0,00595	0,04375	16,336775	793,2
7	368,4848	372,8868	0,014725	0,058475	16,32205	793,2
8	372,8868	377,2888	0,018675	0,07715	16,303375	793,2
9	377,2888	381,6907	0,025225	0,102375	16,27815	793,2
10	381,6907	386,0927	0,02335	0,125725	16,2548	793,2
11	386,0927	390,4946	0,029775	0,1555	16,225025	793,2
12	390,4946	394,8966	0,02785	0,18335	16,197175	793,2
13	394,8966	399,2986	0,03065	0,214	16,166525	793,2
14	399,2986	403,7005	0,03895	0,25295	16,127575	793,2
15	403,7005	408,1025	0,04075	0,2937	16,086825	793,2
16	408,1025	412,5044	0,0468	0,3405	16,040025	793,2
17	412,5044	416,9064	0,0528	0,3933	15,987225	793,2
18	416,9064	421,3084	0,055525	0,448825	15,9317	793,2
19	421,3084	425,7103	0,0605	0,509325	15,8712	793,2
20	425,7103	430,1123	0,061425	0,57075	15,809775	793,2
21	430,1123	434,5142	0,064425	0,635175	15,74535	793,2
22	434,5142	438,9162	0,060325	0,6955	15,685025	793,2
23	438,9162	443,3182	0,065625	0,761125	15,6194	793,2
24	443,3182	447,7201	0,076975	0,8381	15,542425	793,2
25	447,7201	452,1221	0,074525	0,912625	15,4679	793,2
26	452,1221	456,5241	0,072275	0,9849	15,395625	793,2
27	456,5241	460,926	0,084325	1,069225	15,3113	793,2
28	460,926	465,328	0,08995	1,159175	15,22135	793,2

In excel si calcolano quindi facilmente le aree cumulate

### Curva Ipsografica Bacino Rio Maggiore



# Tutti i parametri estratti dal Gis e mostrati finora sono sufficienti per un calcolo dei tempi di corrivazione del bacino in esame

$$T_c = \frac{1}{0,8 \cdot \sqrt{Q_{med} - Q_{min}}} \cdot \sqrt{A_b} + 1,5 \cdot L$$

Aronica e Paltrinieri  
(Giandotti modificata, per bacini piccoli)

$$T_c = \frac{6 \cdot \sqrt[3]{L^2}}{\sqrt[3]{Q_{max} - Q_{min}}}$$

Puglisi

$$T_c = 0,396 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_a}} \cdot \left( \frac{A}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{i_a}{i_b}} \right)^{0,72}$$

Tournon

$$T_c = \frac{0,108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i_a}}$$

Pasini

$$T_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_a}}$$

Ventura

$$T_c = \frac{0,055 \cdot L}{\sqrt{i_a}}$$

Pezzoli

$$T_c = \frac{L}{3,5 \cdot V}$$

Viparelli

$$T_c = \frac{\left( \boxed{CN} - 9 \right)^{0,7} \cdot (1000 \cdot D_{max})^{0,8}}{441 \cdot \sqrt{100 \cdot i_b}}$$

**NRCS - SCS**

Alcune delle formule empiriche presenti in letteratura usate nella pratica, dove:

- A (Km<sup>2</sup>) Area del bacino idrografico
- L (Km) Lunghezza dell'asta principale
- Q<sub>max</sub> (m) Quota massima del bacino idrografico
- Q<sub>med</sub> (m) Quota media del bacino idrografico
- Q<sub>min</sub> (m) Quota minima del bacino idrografico
- **CN (0-100) Curve Number**
- D<sub>max</sub> (Km) Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura
- i<sub>b</sub> (m/m) Pendenza media del bacino idrografico
- i<sub>a</sub> (m/m) Pendenza media dell'asta principale
- V Velocità media di deflusso all'interno dei canali (valore 1,5 m/s)

## Tempi di corrivazione calcolati

	Aronica e Paltrinieri	Pasini	Ventura	Pezzoli	Viparelli	Puglisi	Tournon	SCS-NRCS
$T_c$ (h)	1,64	1,52	1,43	1,21	1,50	2,29	2,19	???

**N.B. il tempo di corrivazione è il tempo impiegato da una singola particella d'acqua piovuta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura.**

# NRCS-SCS (ora USDA) National Resources Conservation Service – Soil Conservation Service (1972-1988)

È generalmente noto come metodo del «numero di curva», che deriva dal simbolo usato per la sua parametrizzazione, CN. Il metodo assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale, P, sia proporzionale a quello precipitato, I, depurato dell'assorbimento iniziale,  $I_a$ , in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato, F, e un volume specifico, S, che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

**Il CN dipende da caratteristiche quali: uso del suolo, condizioni idrologiche, classe di suolo, condizioni di umidità antecedenti l'evento di pioggia.**

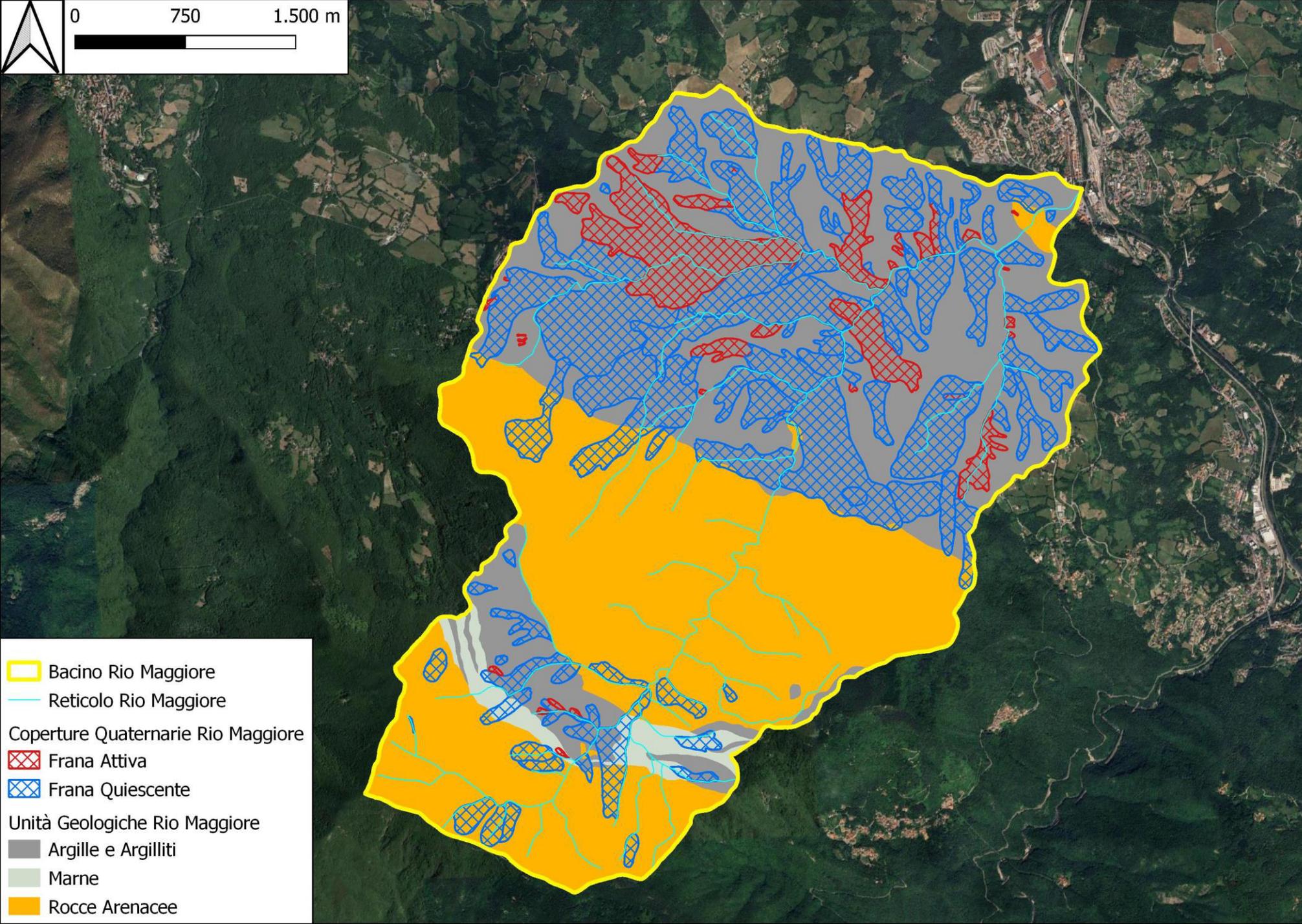
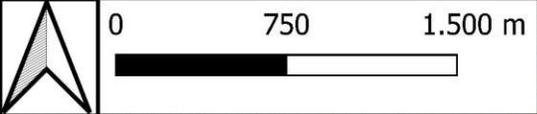
AMC	Altezza di precipitazione antecedente di 5 giorni	
Categoria CN	Stagione di riposo	Stagione vegetativa
	[mm]	[mm]
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7 - 27,9	35,6 - 53,3
III	> 27,9	> 53,3

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013CN(II)}$$
$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

Correzioni di CN in funzione dell'umidità precedente al giorno di pioggia.  
AMC (antecedent moisture condition).

Tipo di copertura			Classe del suolo											
Uso del suolo	Trattamento	Condizione	A			B			C			D		
	o pratica	idrologica	CN <sub>I</sub>	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	CN <sub>I</sub>	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	CN <sub>I</sub>	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>	CN <sub>I</sub>	CN <sub>II</sub>	CN <sub>III</sub>
Maggese	a solchi dritti		59	77	89	72	86	94	80	91	97	85	94	98
Colture a solchi	a solchi dritti	cattiva	53	72	86	64	81	92	75	88	95	80	91	97
	a solchi dritti	buona	47	67	83	60	78	90	70	85	94	76	89	96
Grani piccoli	a solchi dritti	cattiva	45	65	82	58	76	89	68	84	93	75	88	95
	a solchi dritti	buona	43	63	80	57	75	88	67	83	93	73	87	95
	a reggipoggio	cattiva	43	63	80	55	74	88	66	82	92	70	85	94
	a reggipoggio	buona	41	61	78	54	73	87	64	81	92	68	84	93
	a re. e terrazze	cattiva	41	61	78	53	72	86	62	79	91	66	82	92
	a re. e terrazze	buona	39	59	77	51	70	85	60	78	90	64	81	92
Legumi	a solchi dritti	cattiva	46	66	82	59	77	89	70	85	94	76	89	96
seminati	a solchi dritti	buona	38	58	76	53	72	86	64	81	92	70	85	94
folti o prati	a reggipoggio	cattiva	44	64	81	57	75	88	67	83	93	70	85	94
in rotazione	a reggipoggio	buona	35	55	74	50	69	84	60	78	90	67	83	93
	a re. e terrazze	cattiva	43	63	80	54	73	87	63	80	91	67	83	93
	a re. e terrazze	buona	31	51	70	47	67	83	58	76	89	63	80	91
Pascoli		cattiva	48	68	84	62	79	91	72	86	94	76	89	96
		discreta	30	49	69	50	69	84	62	79	91	68	84	93
		buona	21	39	59	41	61	78	55	74	88	63	80	91
	a reggipoggio	cattiva	28	47	67	47	67	83	64	81	92	75	88	95
	a reggipoggio	discreta	12	25	43	39	59	77	57	75	88	67	83	93
	a reggipoggio	buona	2	6	13	18	35	55	51	70	85	62	79	91
Prati		buona	15	30	50	38	58	76	52	71	86	60	78	90
Boschi		cattiva	26	45	65	46	66	82	59	77	89	67	83	93
		discreta	19	36	56	40	60	78	54	73	87	62	79	91
		buona	12	25	43	35	55	74	51	70	85	59	77	89
Aziende agricole		39	59	77	55	74	88	66	82	92	72	86	94	
Strade sterrate		53	72	86	66	82	92	73	87	95	76	89	96	
Strade pavimentate		55	74	88	68	84	93	78	90	96	81	92	97	
Aree residenziali	area impermeabile (%)	65	59	77	89	70	85	94	78	90	96	81	92	97
		38	41	61	78	57	75	88	67	83	93	73	87	95
		30	37	57	75	53	72	86	64	81	92	72	86	94
		25	34	54	73	51	70	85	63	80	91	70	85	94
		20	31	51	70	48	68	84	62	79	91	68	84	93
		12	27	46	66	45	65	82	59	77	89	66	82	92
Parcheggi pavimentati, tetti, viali di accesso (impermeabili per il 95%)			94	98	99	94	98	99	94	98	99	94	98	99
Strade urbane ed extraurbane	strade pavimentate a dorso di mulo e con fognatura		94	98	99	94	98	99	94	98	99	94	98	99
	strade in ghiaia		58	76	89	70	85	94	76	89	96	80	91	97
	strade sterrate		53	72	86	66	82	92	73	87	95	76	89	96
Aree commerciali e professionali (impermeabili per l'85%)			76	89	96	81	92	97	85	94	98	87	95	98
Distretti industriali (impermeabili per il 72%)			64	81	92	75	88	95	80	91	97	83	93	98
Spazi aperti, prati, parchi, campi da golf, cimiteri, etc.	copertura erbosa (%)	>75	21	39	58	41	61	78	55	74	88	63	80	91
		50-75	30	49	69	50	69	84	62	79	91	68	84	93
		<50	48	68	84	62	79	91	72	86	94	76	89	96

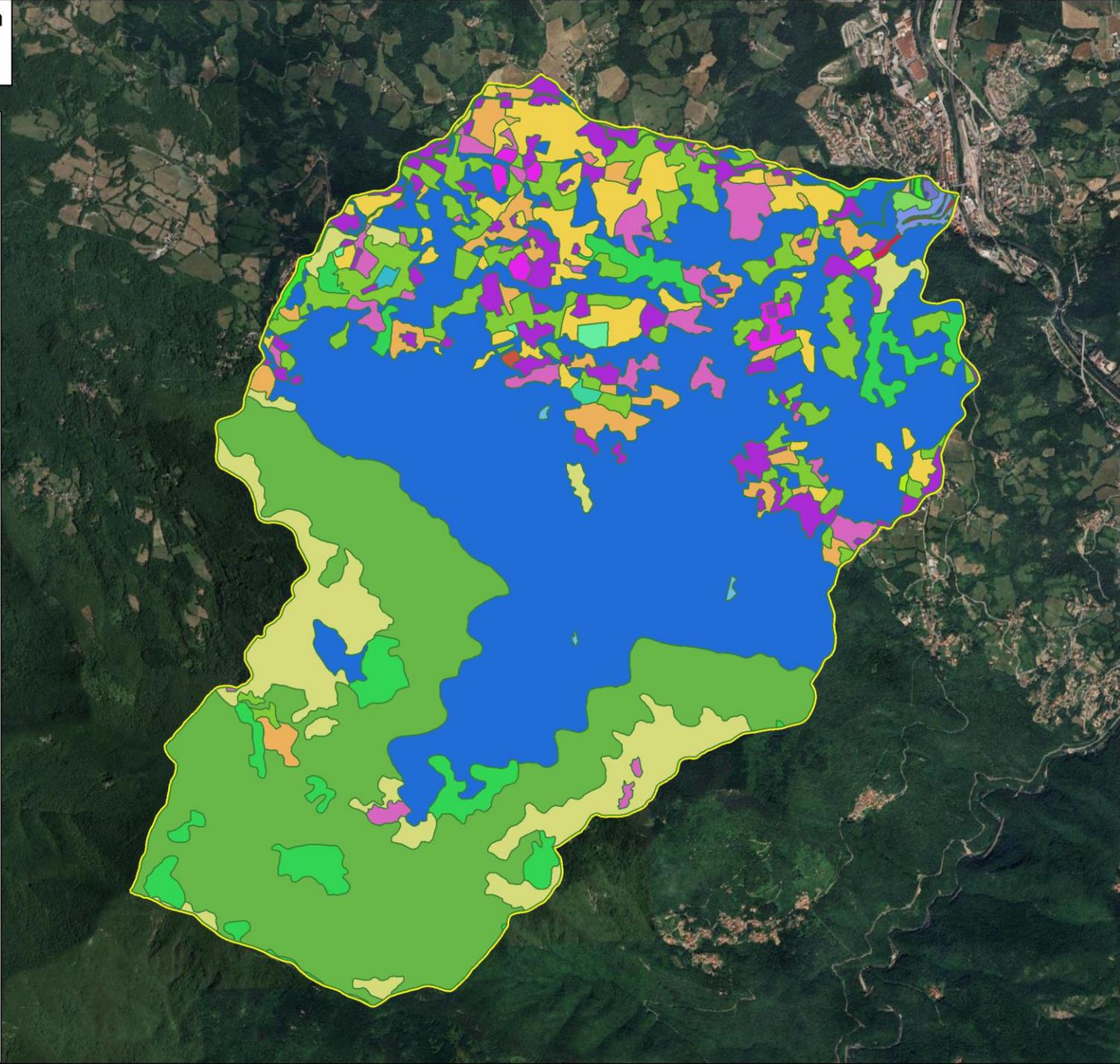
Esempio di tabella per CN



**Informazioni,  
ovviamente, di tipo  
geologico**



- Bacino Rio Maggiore
- Usa Del Suolo 2020 Rio Maggiore**
- Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa
  - Aree con colture agricole e spazi naturali importanti
  - Aree con vegetazione rada di altro tipo
  - Aree sportive
  - Boschi a prevalenza di faggi
  - Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni
  - Boschi di conifere
  - Boschi misti di conifere e latifoglie
  - Cimiteri
  - Colture temporanee associate a colture permanenti
  - Frutteti
  - Insediamenti agro-zootecnici
  - Insediamenti commerciali
  - Insediamenti di servizi
  - Insediamenti produttivi
  - Parchi
  - Prati
  - Reti stradali
  - Seminativi non irrigui
  - Sistemi colturali e particellari complessi
  - Strutture residenziali isolate
  - Tessuto residenziale rado
  - Tessuto residenziale compatto e denso
  - Tessuto residenziale urbano
  - Vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione
  - Ville



**Informazioni sull'uso del  
suolo, Regione Emilia-  
Romagna, progetto  
Europeo Corine Land  
Cover (CLC)**

	SIGLA	COD_1	COD_2	COD_3	COD_4	COD_TOT	DESCR	Area	CN	AREAtotale	Cnx_area	Cn_med
10	Ba	3	1	2	0	3120	Boschi di conifere	493474,316	70	16384182,8000	34543202,120	72,244
11	Ba	3	1	2	0	3120	Boschi di conifere	17208,678	77	16384182,8000	1325068,206	72,244
12	Ba	3	1	2	0	3120	Boschi di conifere	49636,520	77	16384182,8000	3822012,040	72,244
13	Ba	3	1	2	0	3120	Boschi di conifere	29558,651	77	16384182,8000	2276016,127	72,244
14	Ba	3	1	2	0	3120	Boschi di conifere	16529,579	77	16384182,8000	1272777,583	72,244
15	Bf	3	1	1	1	3111	Boschi a prevalenza di faggi	4173251,293	70	16384182,8000	292127590,500	72,244
16	Bm	3	1	3	0	3130	Boschi misti di conifere e latifoglie	230,914	70	16384182,8000	16163,980	72,244
17	Bm	3	1	3	0	3130	Boschi misti di conifere e latifoglie	708,422	70	16384182,8000	49589,540	72,244
18	Bm	3	1	3	0	3130	Boschi misti di conifere e latifoglie	16447,166	70	16384182,8000	1151301,620	72,244
19	Bm	3	1	3	0	3130	Boschi misti di conifere e latifoglie	43698,357	70	16384182,8000	3058884,990	72,244
20	Bm	3	1	3	0	3130	Boschi misti di conifere e latifoglie	87514,595	70	16384182,8000	6126021,650	72,244

$$CN_{med} = \frac{\sum CN_i A_i}{A_{tot}}$$

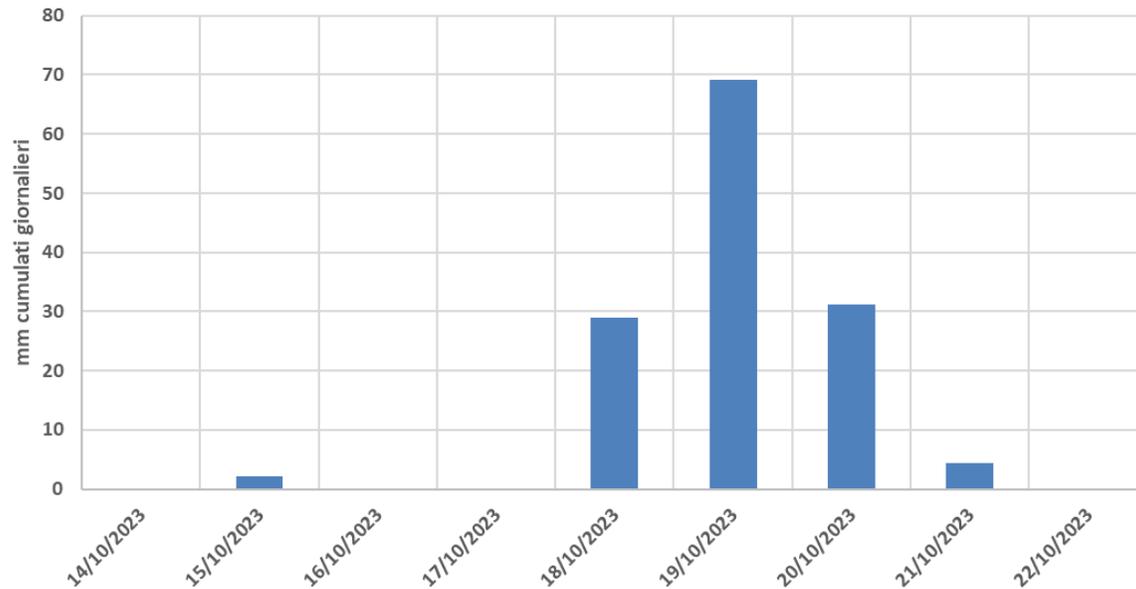
Ora è sufficiente aprire un foglio di calcolo excel ed effettuare la correzione di CN ai sensi di AMC.....ma l'umidità precedente dei 5 giorni, sulla base della pioggia caduta cosa ci dice?



(Fonte: <https://simc.arpae.it/dext3r/>)

AMC	Altezza di precipitazione antecedente di 5 giorni	
Categoria CN	Stagione di riposo	Stagione vegetativa
	[mm]	[mm]
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7 - 27,9	35,6 - 53,3
III	> 27,9	> 53,3

Stazione Meteo Arpae Porretta Terme - 14/10/23/ - 22/10/23  
Cumulate giornaliere

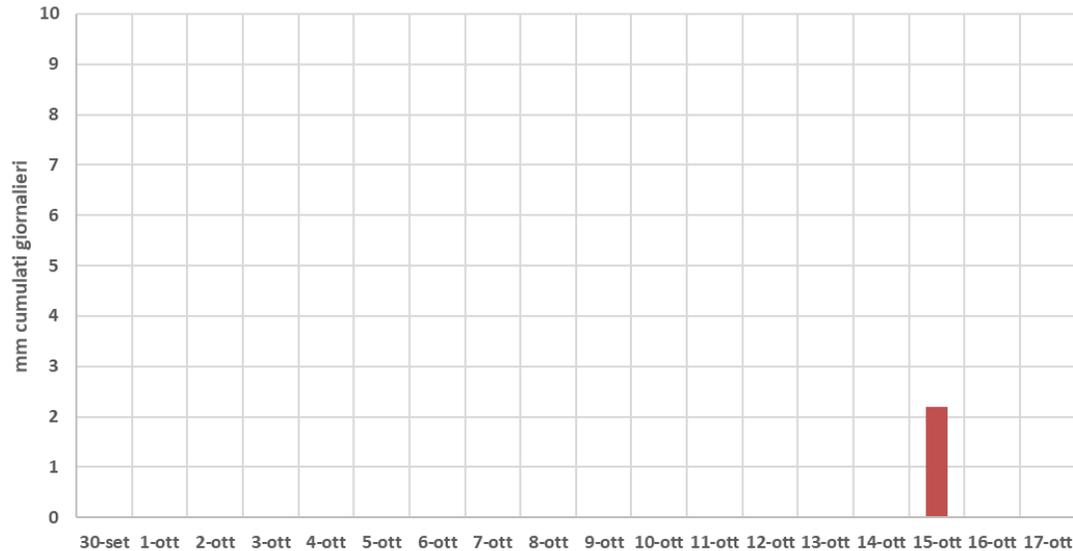


La cumulata del giorno 19 è fin maggiore di quella del 24/10, ma in quella data il Rio Maggiore non ha prodotto la stessa piena.



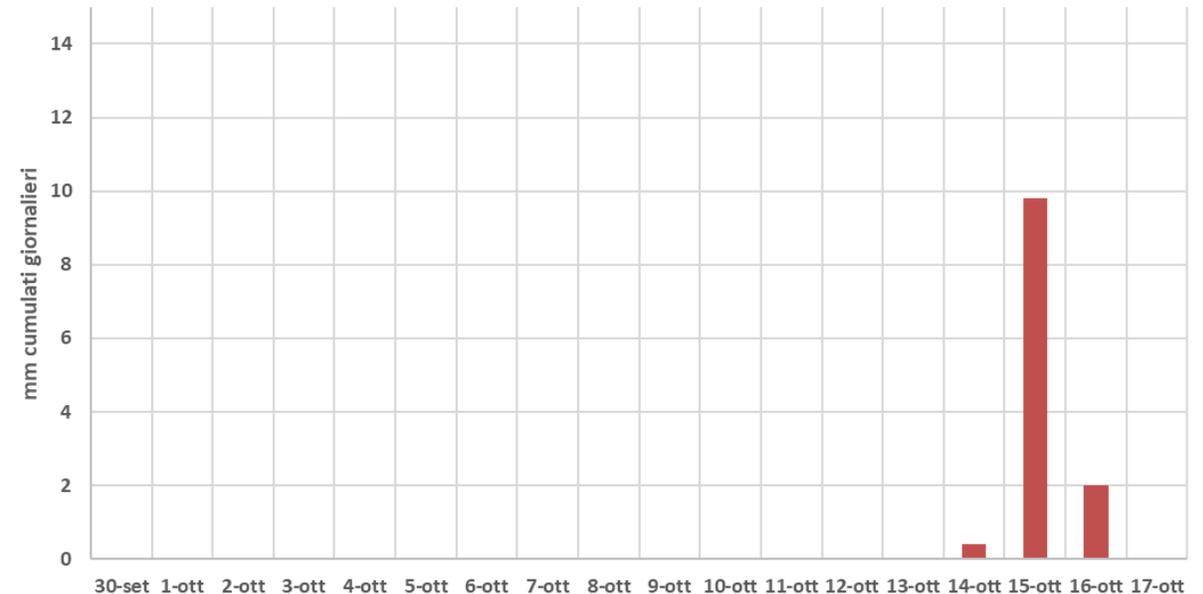
**Si procede quindi alla correzione di CN, che per AMC III da 72 passa a 85. Risulta però interessante analizzare l'evento del 18-19/10 e paragonarlo a quello del 24/10**

Stazione Meteo Arpae Porretta Terme - 30/09/23 - 17/10/23 Cumulate giornaliera



AMC	Altezza di precipitazione antecedente di 5 giorni	
Categoria CN	Stagione di riposo	Stagione vegetativa
	[mm]	[mm]
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7 - 27,9	35,6 - 53,3
III	> 27,9	> 53,3

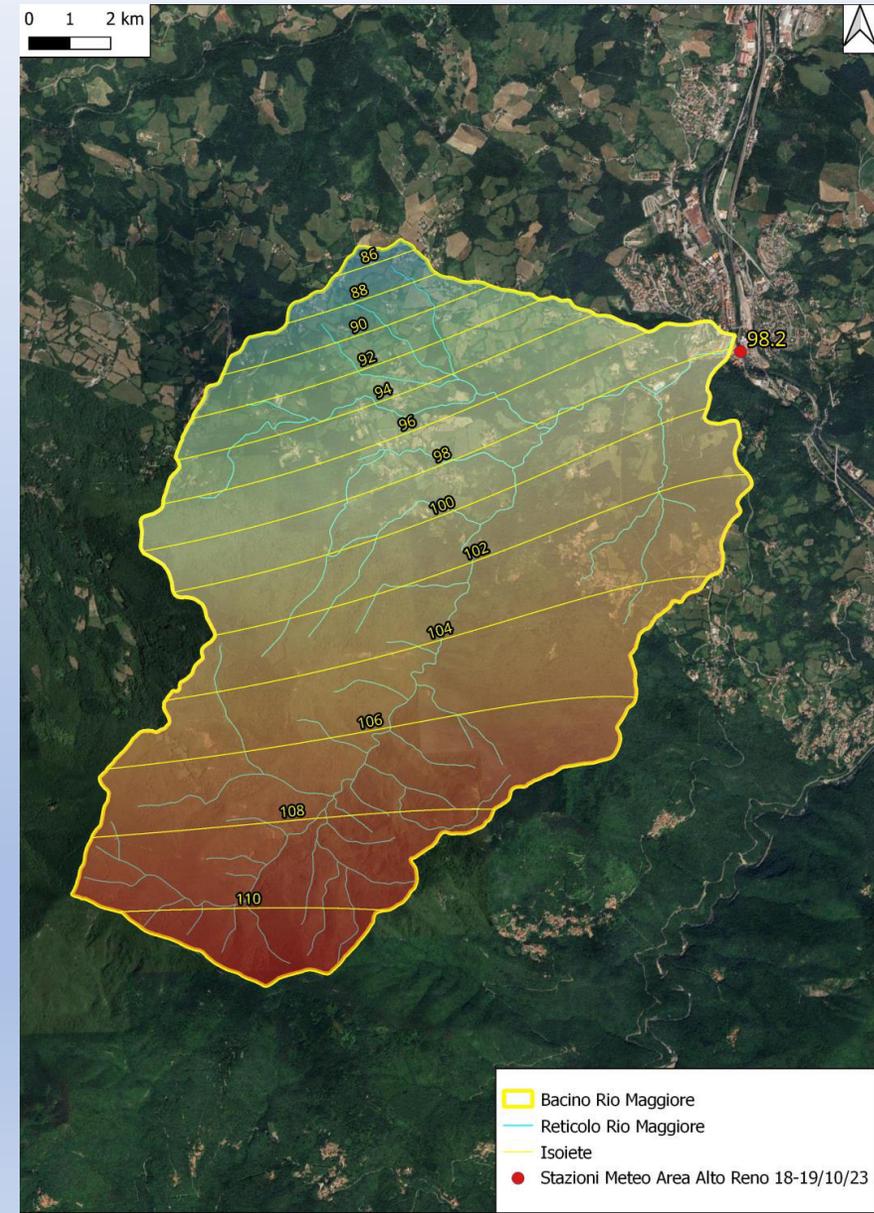
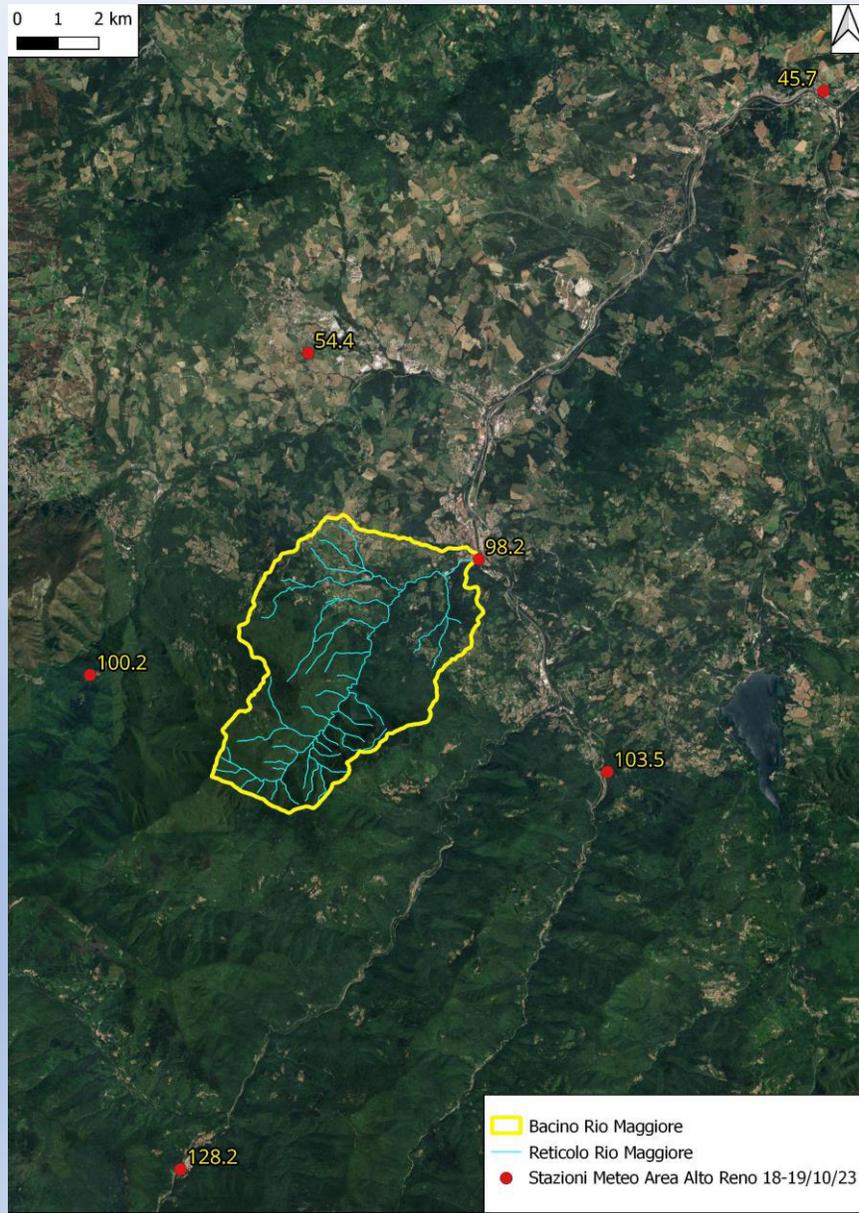
Stazione Meteo Arpae Monteacuto delle Alpi - 30/09/23 - 17/10/23 Cumulate giornaliera



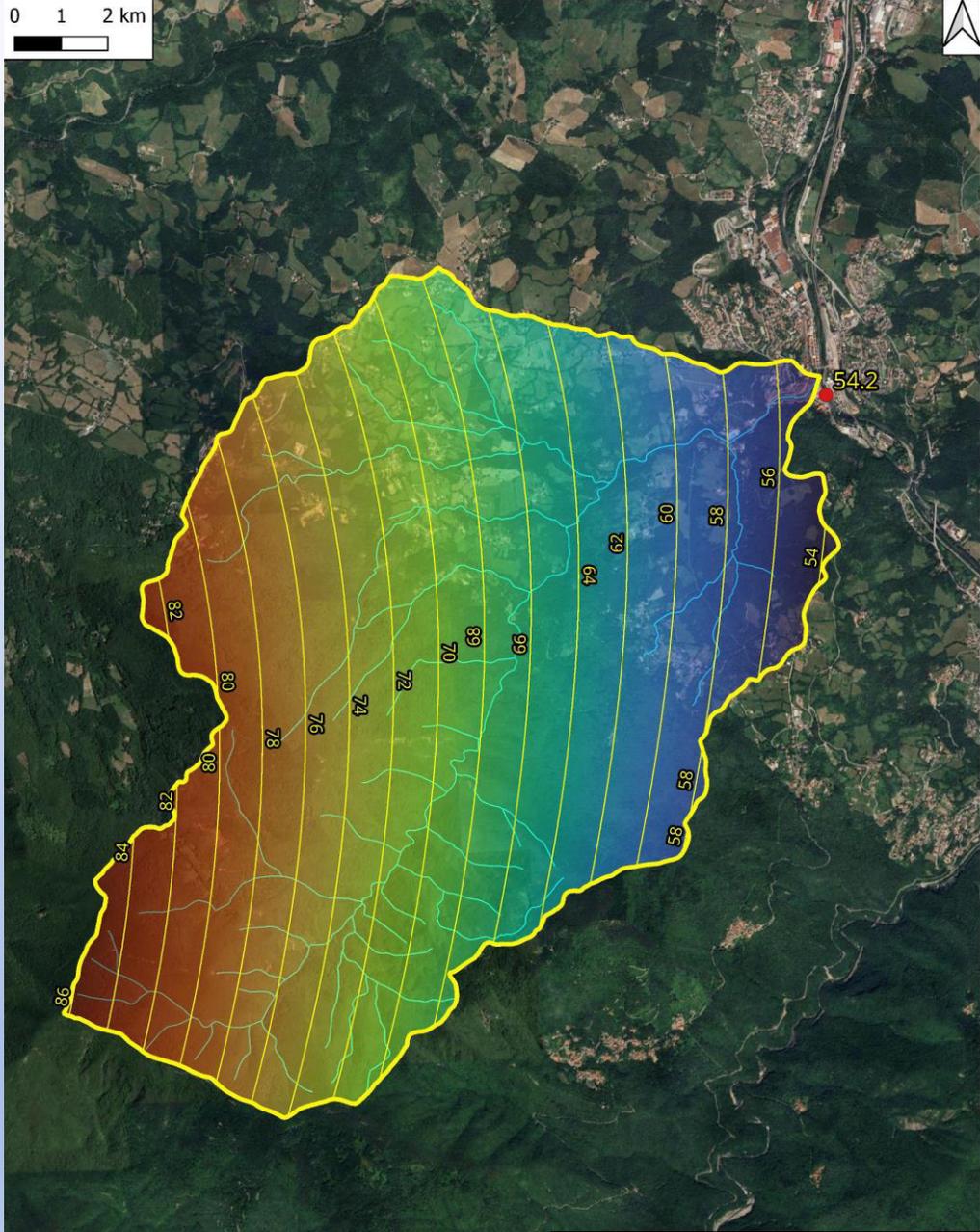
I giorni che precedono l'evento del 18-19/10, al contrario del 24/10, possono essere ricondotti ad una situazione AMC I, da CN 72 a CN 58

(Fonte: <https://simc.arpae.it/dext3r/>)

# Esattamente come mostrato in precedenza, sono stati interpolati i dati di precipitazione in ambiente Gis relativamente ai giorni 18-19/10/2023

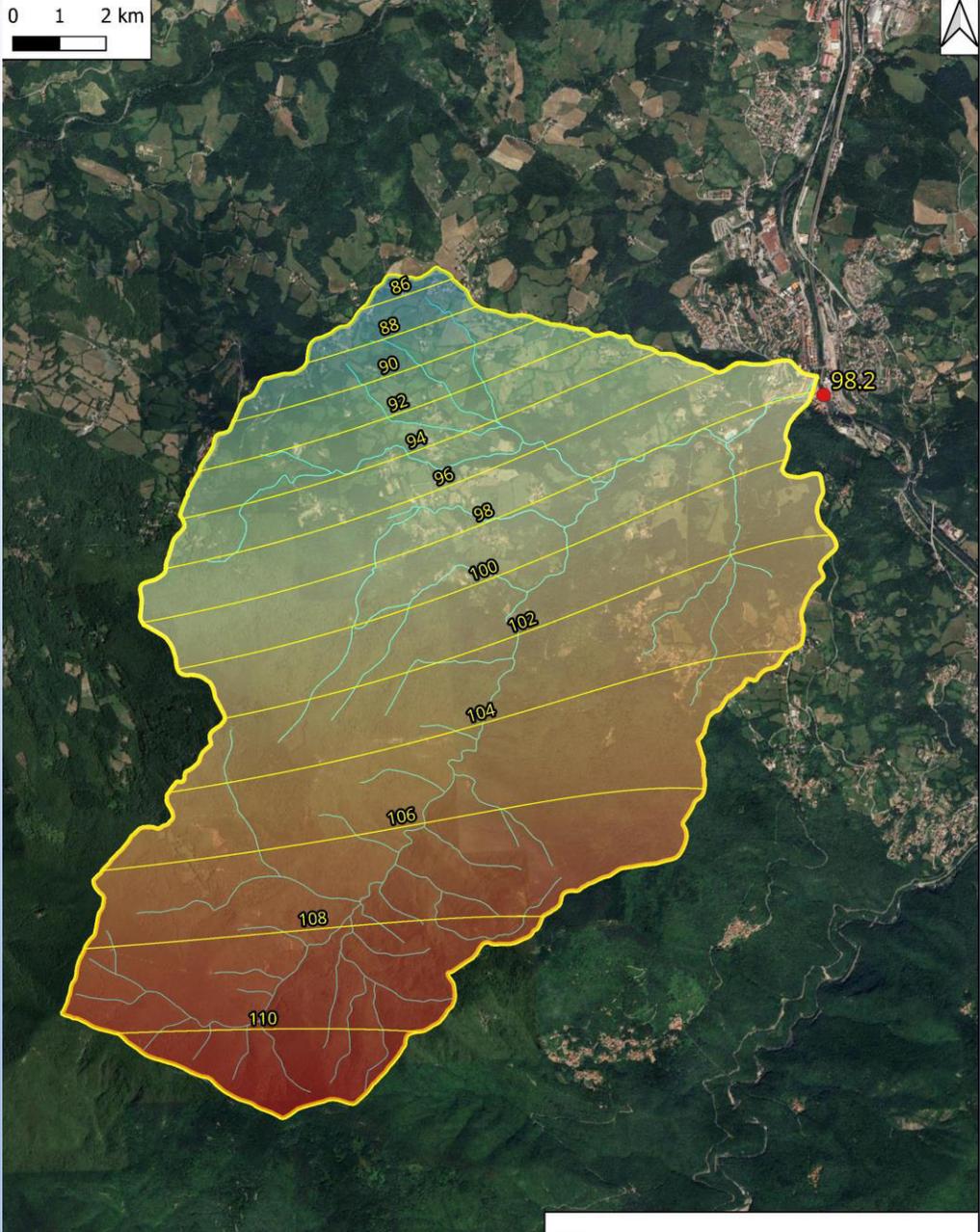


0 1 2 km



- Stazioni Meteo Area Alto Reno - PRP 24/10
- Isoiete
- Bacino Rio Maggiore
- Reticolo Rio Maggiore

0 1 2 km



- Bacino Rio Maggiore
- Reticolo Rio Maggiore
- Isoiete
- Stazioni Meteo Area Alto Reno 18-19/10/23

## Informazioni dalla sorgente

<b>Estensione</b>	653205.0000000000000000,4886206.0000000000000000 : 658202.0000000000000000,4891707.0000000000000000
<b>Larghezza</b>	4997
<b>Altezza</b>	5501
<b>Tipo di dato</b>	Float32 - numero in virgola mobile di 32 bit
<b>Descrizione</b>	GTiff
<b>Driver GDAL</b>	
<b>Metadato Driver GDAL</b>	GeoTIFF
<b>Descrizione dell'insieme di dati</b>	D:\Dropbox\PRESENTAZIONI_POWERPOINT\OGER_13_03_2024_Rocchetta Mattei\Gis\Raster\PRP Rio M 24_10.tif
<b>Compressione</b>	
<b>Banda 1</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• STATISTICS_APPROXIMATE=YES</li><li>• STATISTICS_MAXIMUM=86.26016998291</li><li>• STATISTICS_MEAN=69.488715357746</li><li>• STATISTICS_MINIMUM=53.403133392334</li><li>• STATISTICS_STDDEV=7.5361465604443</li><li>• STATISTICS_VALID_PERCENT=59.04</li></ul>

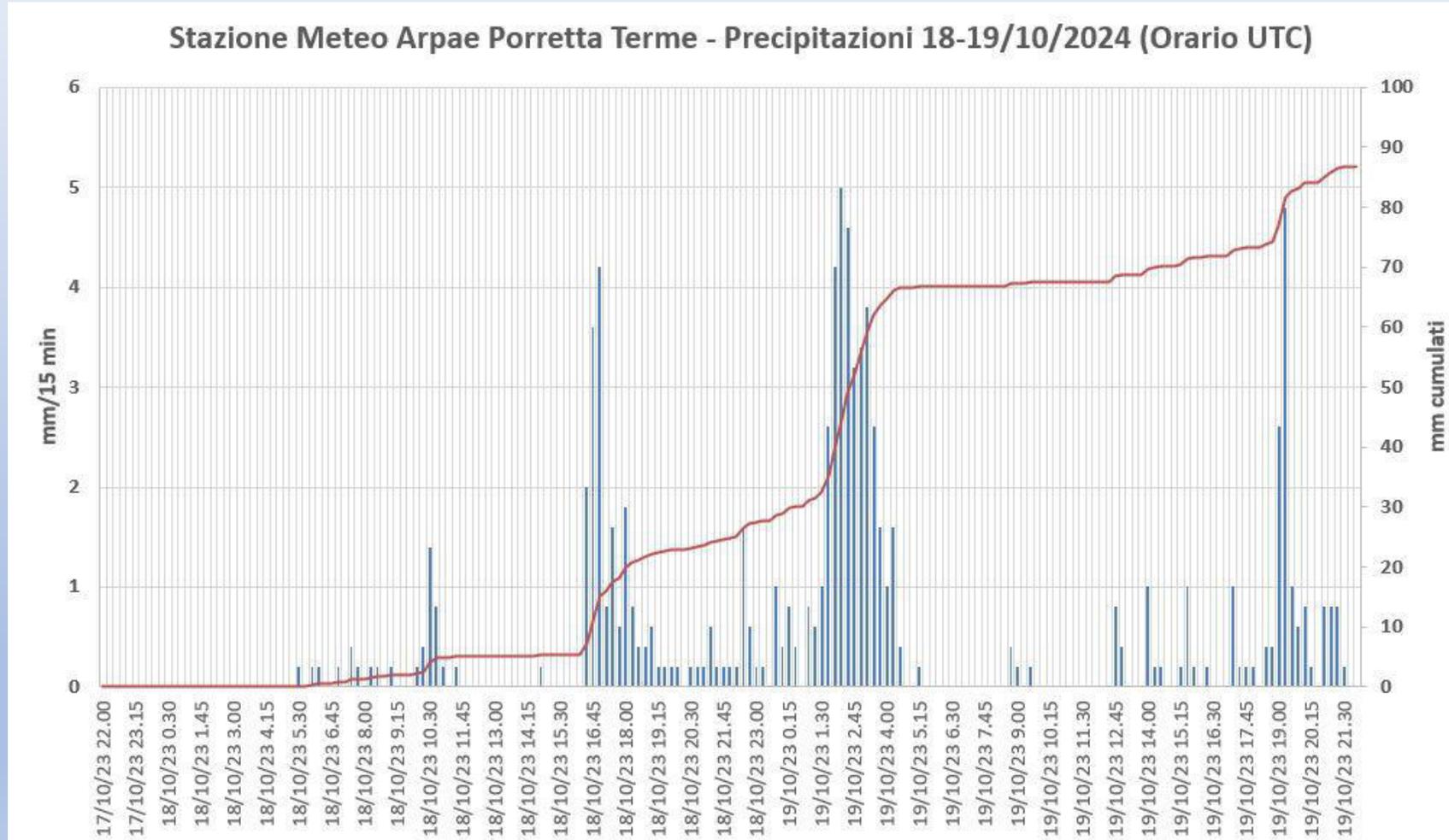
24/10/23

## Informazioni dalla sorgente

<b>Estensione</b>	653204.9513814758975059,4886206.5406606113538146 : 658201.9513814758975059,4891707.5406606113538146
<b>Larghezza</b>	4997
<b>Altezza</b>	5501
<b>Tipo di dato</b>	Float32 - numero in virgola mobile di 32 bit
<b>Descrizione Driver GDAL</b>	GTiff
<b>Metadato Driver GDAL</b>	GeoTIFF
<b>Descrizione dell'insieme di dati</b>	D:\Dropbox\PRESENTAZIONI_POWERPOINT\OGER_13_03_2024_Rocchetta Mattei\Gis\Raster\18_19_RioM.tif
<b>Compressione</b>	LZW
<b>Banda 1</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• RepresentationType=ATHEMATIC</li><li>• STATISTICS_COVARIANCES=34.69677001032051</li><li>• STATISTICS_MAXIMUM=111.63611602783</li><li>• STATISTICS_MEAN=101.59316401321</li><li>• STATISTICS_MINIMUM=84.606941223145</li><li>• STATISTICS_SKIPFACTORX=1</li><li>• STATISTICS_SKIPFACTORY=1</li><li>• STATISTICS_STDDEV=5.8903964221706</li></ul>

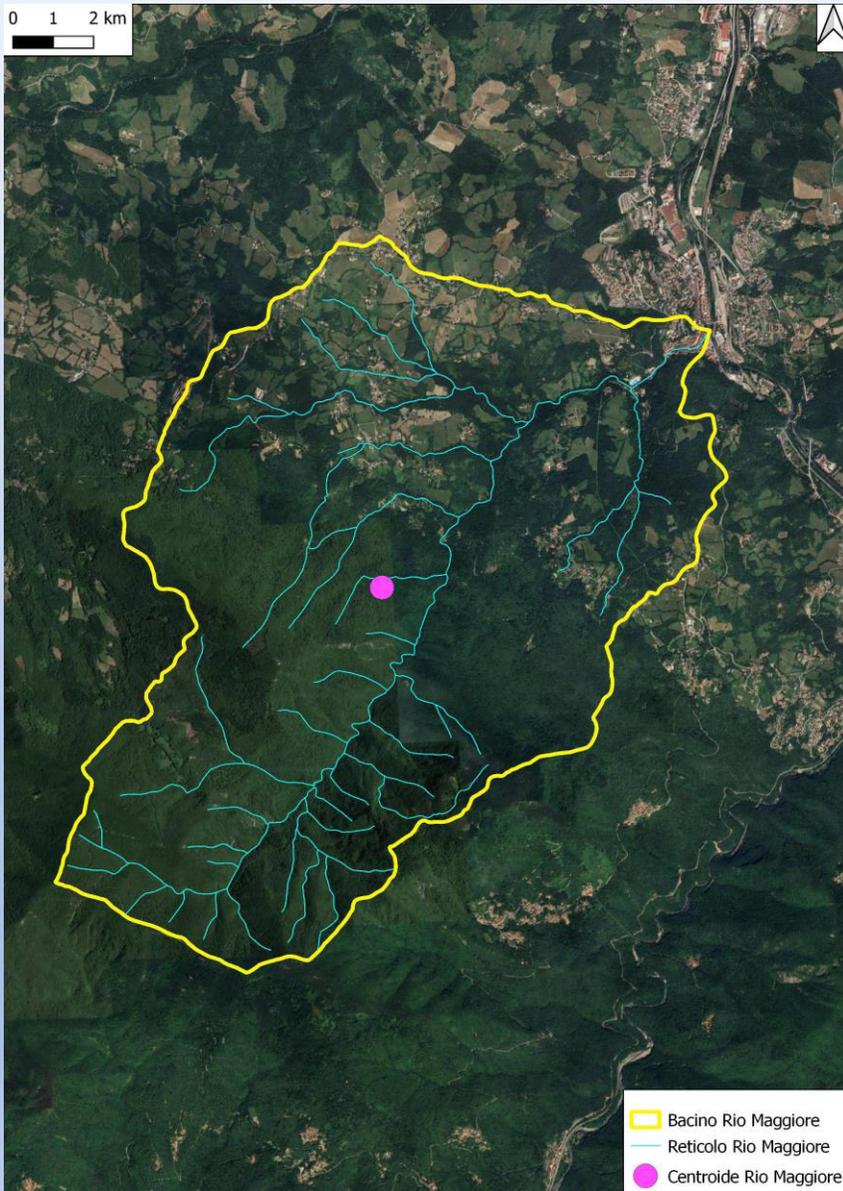
18-19/10/23

**La pioggia del 18/19 Ottobre risulta cumulata diversamente nel tempo e con picchi ogni 15 min leggermente inferiori al 24 Ottobre, tuttavia la cumulata su 1 + ½ giorni nel bacino riporta una media di precipitazioni di 101,6 mm**



(Fonte: <https://simc.arpae.it/dext3r/>)

## 24/10/23 – Evento Estremo? v

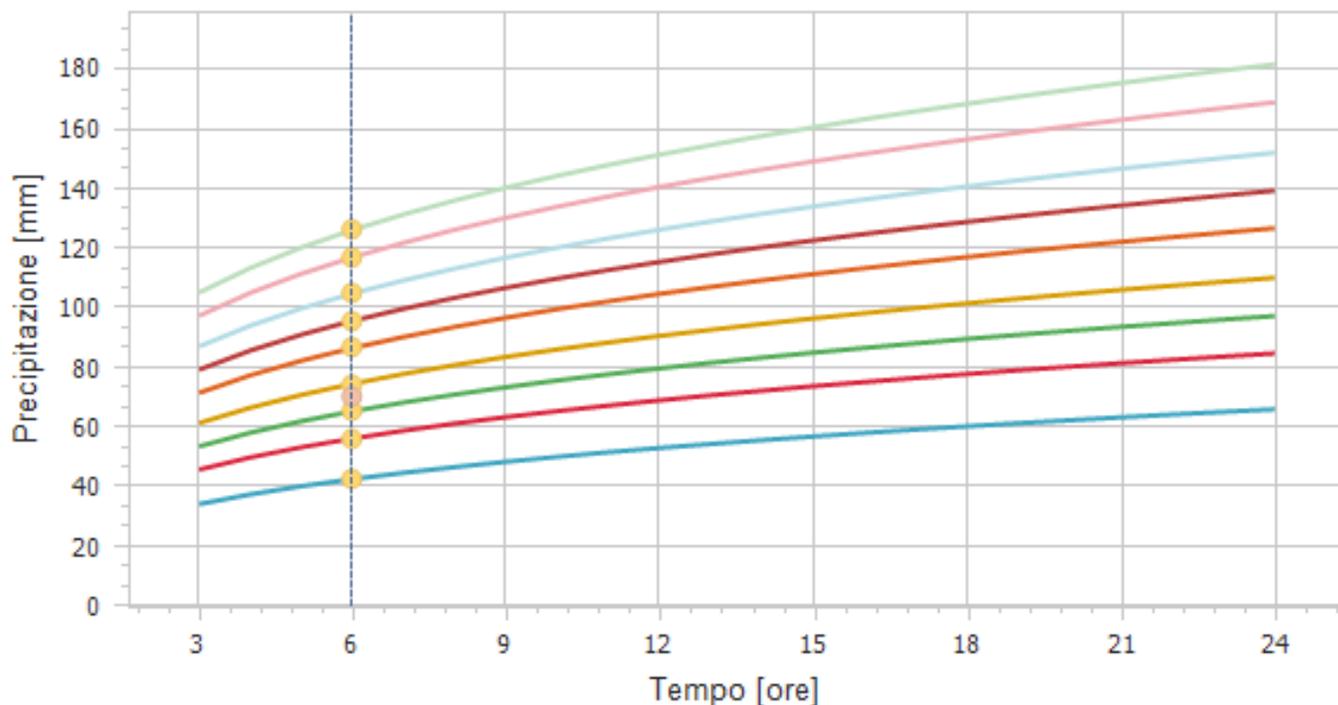


- Al centroide del bacino è stata attribuita la pioggia cumulata nelle 6 ore, pari a 70 mm (valore medio sul bacino), ma estremamente simili all'isoieta passante per il punto in esame;
- Tramite un software, sulla base delle coordinate del punto, pioggia caduta e durata, è stato stimato il tempo di ritorno;
- La metodologia usata, una delle più diffuse in ambito di analisi regionale, è la Two Component Extreme Value (TCEV);

$$F_x(x) = \exp \left\{ -\Lambda_1 \exp \left( -\frac{x}{\theta_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left( -\frac{x}{\theta_2} \right) \right\} \text{ con } x \geq 0$$

- Detta legge «doppio Gumbel»;
- Analisi regionale che permette di ridurre le incertezze stimando alcuni dei parametri sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone interne di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee omogenee;
- Nel caso in esame il software conduce una distribuzione probabilistica al secondo livello di regionalizzazione,

Curve di probabilità pluviometrica



- T=2 anni; a=24,2, n=0,316
- T=5 anni; a=33,1, n=0,296
- T=10 anni; a=39,1, n=0,287
- T=20 anni; a=45,1, n=0,281
- T=50 anni; a=52,9, n=0,275
- T=100 anni; a=58,9, n=0,271
- T=200 anni; a=64,9, n=0,268
- T=500 anni; a=72,8, n=0,265
- T=1000 anni; a=78,8, n=0,263
- Evento di pioggia
- - - Durata corrispondente all'evento di pioggia

**Curva di probabilità pluviometrica, che segue la seguente legge monomia**

$$h_{t,T} = at^n$$

Tr (anni)	a	n
2	24,2	0,316
5	33,1	0,296
10	39,1	0,287
20	45,1	0,281
50	52,9	0,275
100	58,9	0,271
200	64,9	0,268
500	72,8	0,265
1000	78,8	0,263

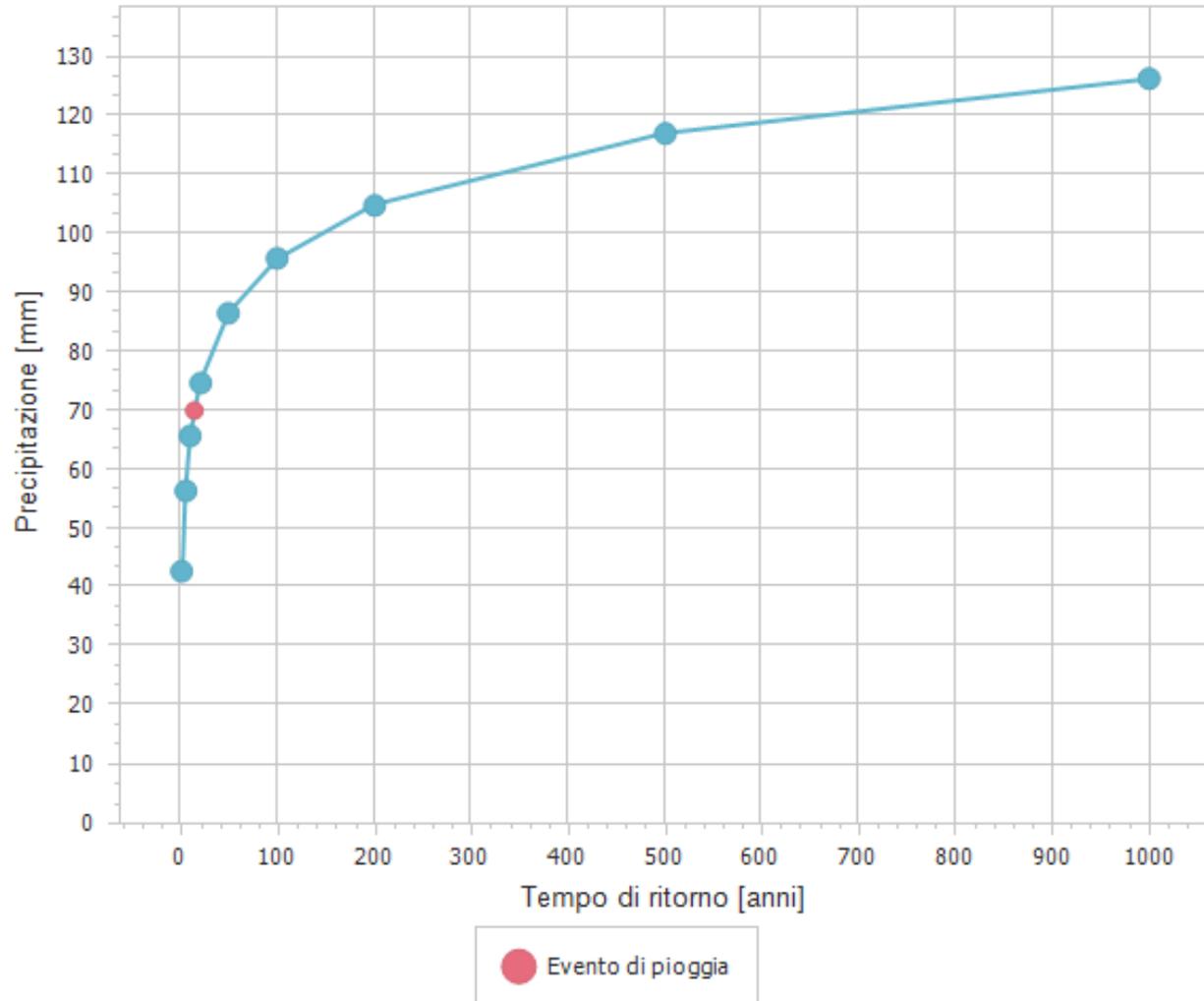
(Fonte: <https://www.hydronline.it/>)

# Curva Tempi di Ritorno - Precipitazione

Tr (anni)	a
2	42,6
5	56,2
10	65,5
20	74,6
50	86,6
100	95,7
200	104,9
500	117,0
1000	126,2

Risultati Calcolo	
Stazione di riferimento	Porretta Terme
Precipitazione	70 mm
Durata	6 h
Tipo di Calcolo	TCEV II Livello di regionalizzazione
Tempo di ritorno stimato	13,8 (anni)

Curva Tempo di ritorno - Precipitazione



(Fonte: <https://www.hydronline.it/>)

**Non si può quindi parlare di evento estremo...**

## Torniamo al ragionamento fatto sul Curve Number CN

### Formule indicate dal NRCS-SCS

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \quad S = \text{massima capacit\`a di ritenzione idrica del suolo (mm)}$$

$$t_c = \frac{\left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7} \cdot (1000 \cdot D_{max})^{0,8}}{441 \cdot \sqrt{100 \cdot i_b}}$$

$$V = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad V = \text{deflusso superficiale o pioggia netta, ovvero la pioggia lorda depurata dall'assorbimento iniziale } i_a = 0,2S$$

$$V_{m^3} = V \cdot 10^{-3} \cdot A_b \cdot 10^6 \quad A_b = \text{area bacino}$$

$$\text{Coeff. Deflusso} = \frac{V}{P}$$

CN calcolato sul bacino (AMC II)	CN AMC I Situazione Pre 19/10	CN AMC III Situazione Pre 24/10
72	53	85

RISULTATI		
	CN AMC I Situazione Pre 18-19/10	CN AMC III Situazione Pre 24/10
<b>Cumulata (mm)</b>	<b>101,6</b>	<b>70,0</b>
<b>S (mm)</b>	<b>227,188</b>	<b>42,47</b>
<b>i<sub>a</sub> (mm)</b>	<b>45,43</b>	<b>8,49</b>
<b>T<sub>c</sub> (h)</b>	<b>2,34</b>	<b>0,93</b>
<b>V (mm)</b>	<b>11,13</b>	<b>36,38</b>
<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,83 x 10<sup>5</sup></b>	<b>5,97 x 10<sup>5</sup></b>
<b>Coeff. Deflusso</b>	<b>0,11</b>	<b>0,52</b>

Notevoli quindi le differenze per quanto riguarda il potenziale di infiltrazione e il deflusso superficiale derivato...

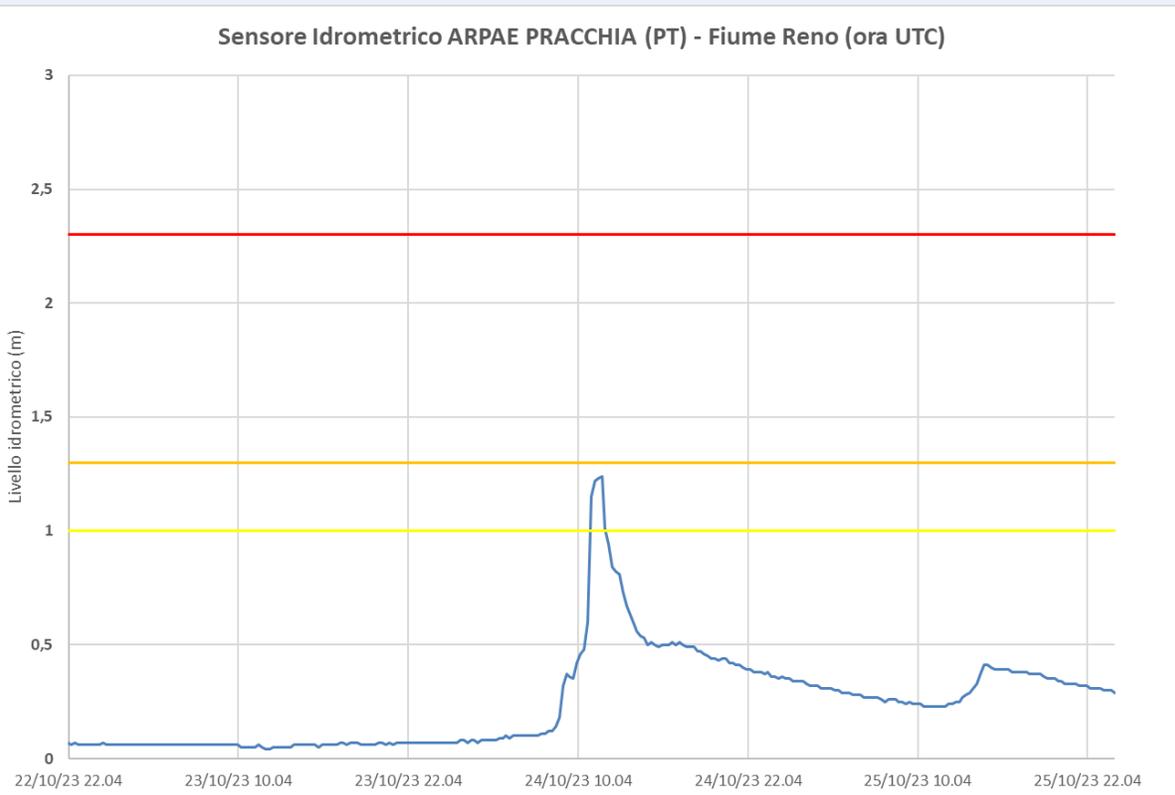
## Un ultimo confronto sui tempi di corrivazione

	Aronica e Paltrinieri	Pasini	Ventura	Pezzoli	Viparelli	Puglisi	Tournon	SCS-NRCS CN I Pre 19/10	SCS-NRCS CN III Pre 24/10	SCS-NRCS CN II (media)
$T_c$ (h)	1,64	1,52	1,43	1,21	1,50	2,29	2,19	2,34	0,93	1,42

- In conclusione, l'analisi svolta suggerisce che le condizioni precedenti al 24/10 del bacino hanno influito in maniera negativa su:
  - Tempi di corrivazione;
  - Capacità del suolo di trattenere acqua per infiltrazione;
  - Deflusso superficiale;
  - Un supporto a tale ipotesi deriverebbe anche dal quantitativo enorme di acqua che le reti scolanti hanno riversato nelle strade e di conseguenza l'allagamento di Piazza della Libertà.

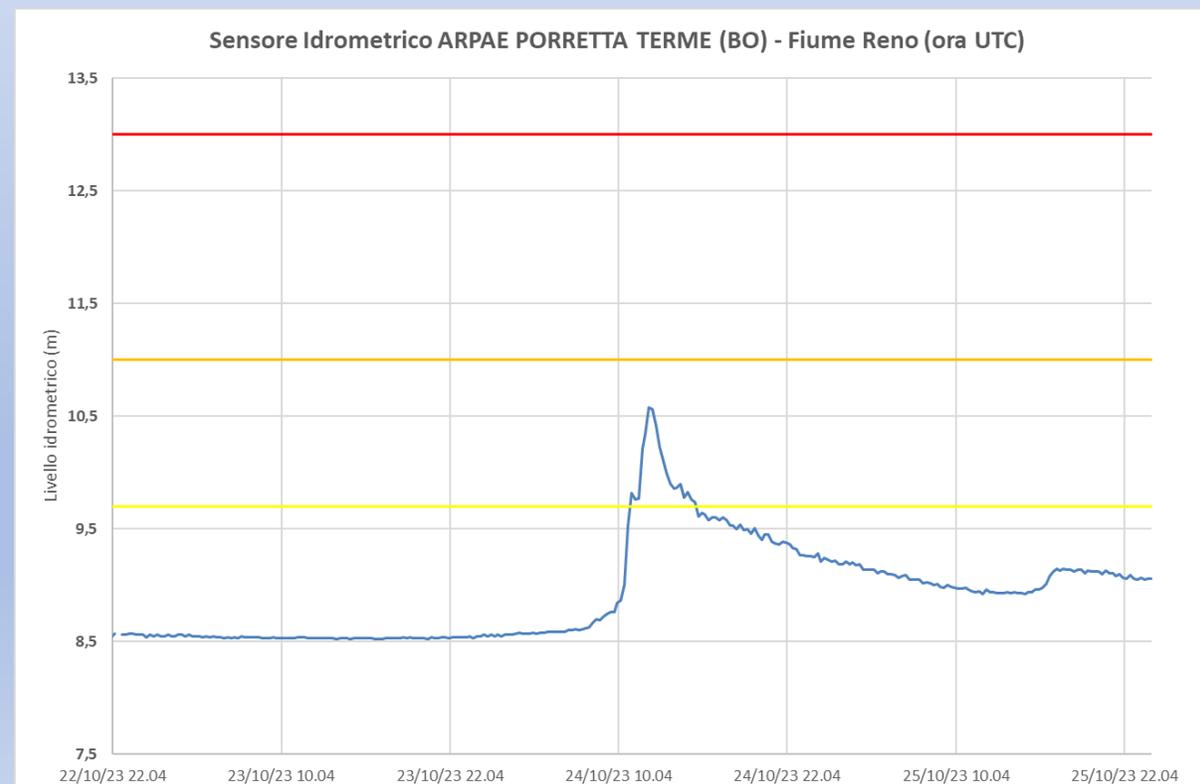
# È andata comunque bene....

- Storicamente, a Porretta Terme, le piene del Rio Maggiore associate alle piene del Reno sono state le più disastrose;
- Il Reno molto alto non permette un facile deflusso dell'onda di piena del Rio Maggiore creando fenomeni di rigurgito;
- Fortunatamente questa volta non si è verificato...ma la piazza si è comunque allagata!
- PS: la stazione idrometrica sul Reno è posta a monte rispetto al punto di confluenza tra Rio Maggiore e Reno;



- Un suggerimento?

Sarebbe molto interessante, ai fini di studio e monitoraggio, avere maggiori sensori nel bacino del Rio Maggiore, sia pluviometrici, sia idrometrici.





***Grazie per l'attenzione!***

***L'evento estremo di Porretta Terme del 24 Ottobre 2023***

***Dott. Geol. Giulio Torri***

***Rocchetta Mattei  
Grizzana Morandi – 13 Marzo 2024***