

Politecnico di Torino

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle
Infrastrutture

Valutazione delle Curve di Durata delle Portate - Progetto RENERFOR

Manuale operativo

24 febbraio 2014

Obiettivi della procedura

La procedura sviluppata nel progetto **RENERFOR** permette di valutare la Curva di Durata delle Portate (CDP) nelle sezioni non strumentate del territorio piemontese utilizzando appropriate forme analitiche.

Consente inoltre di valutare in maniera semplificata, ma parsimoniosa, l'effetto sulle CDP dovuto ai prelievi in alveo.



ANALISI IDROLOGICHE E VALUTAZIONI DEL POTENZIALE IDROELETTRICO DEI BACINI PIEMONTESI

AUTORI

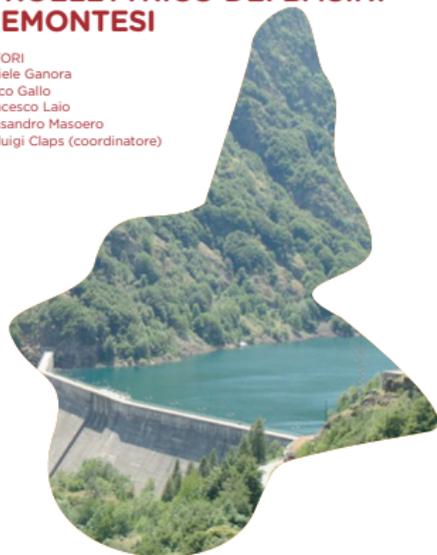
Daniele Ganora

Enrico Gallo

Francesco Laio

Alessandro Masoero

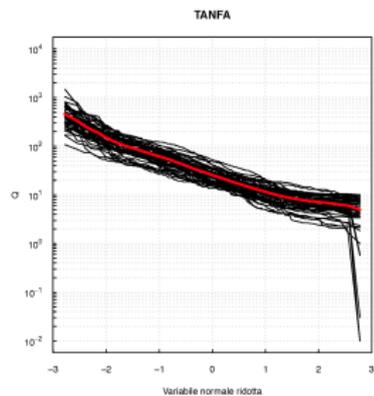
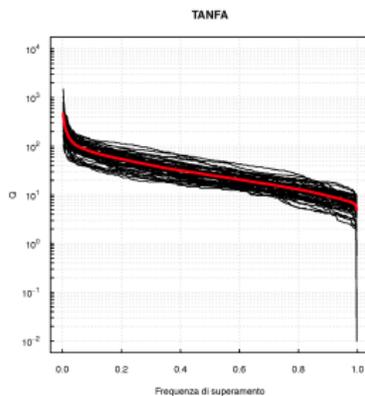
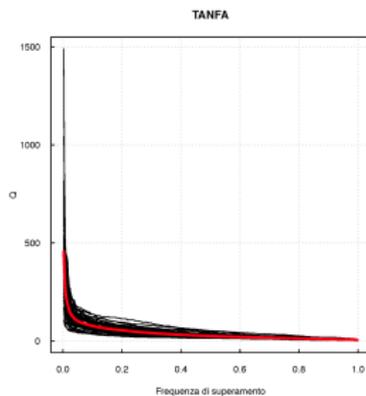
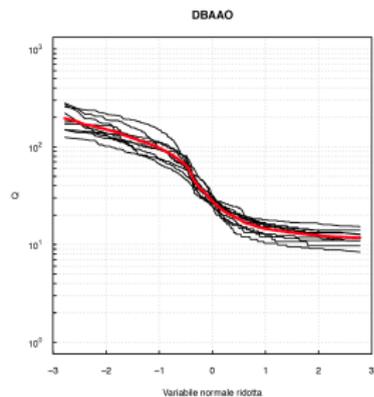
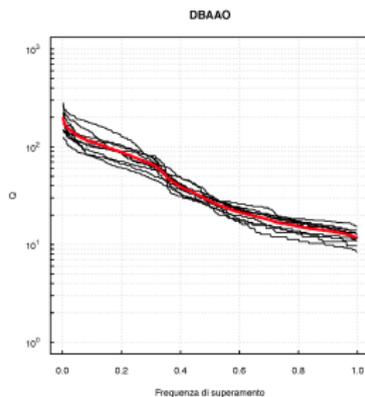
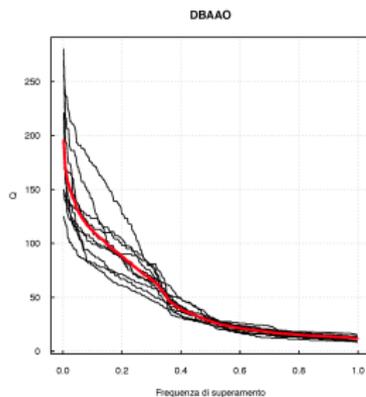
Pierluigi Claps (coordinatore)



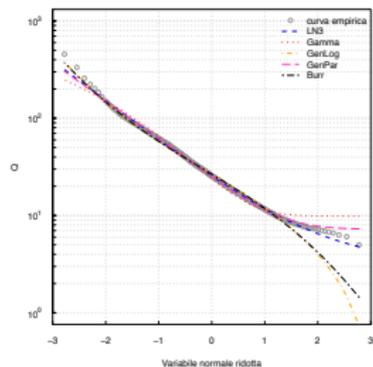
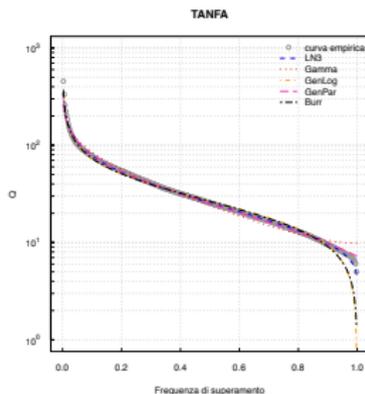
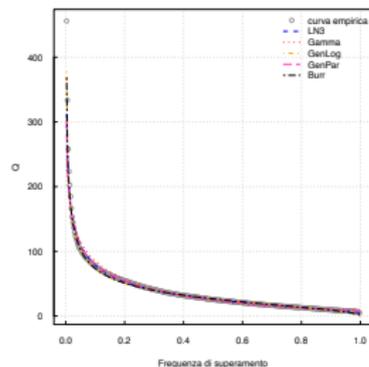
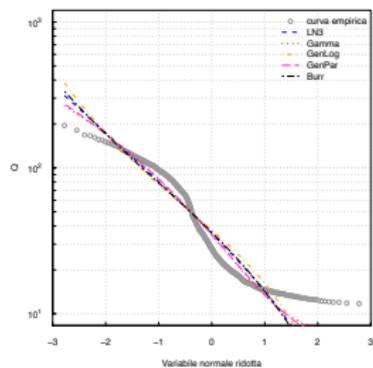
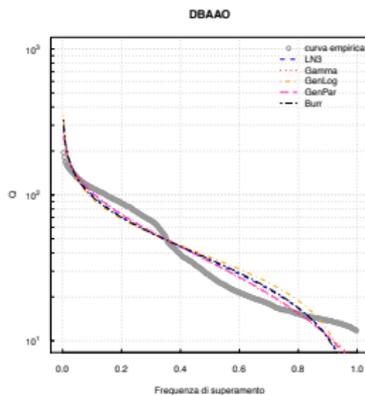
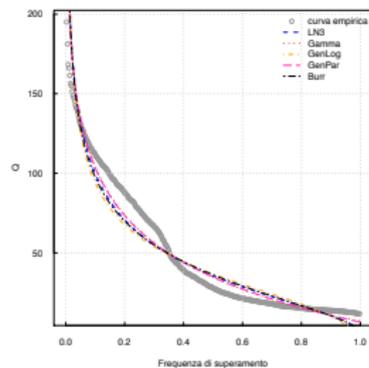

renefor



Curve empiriche

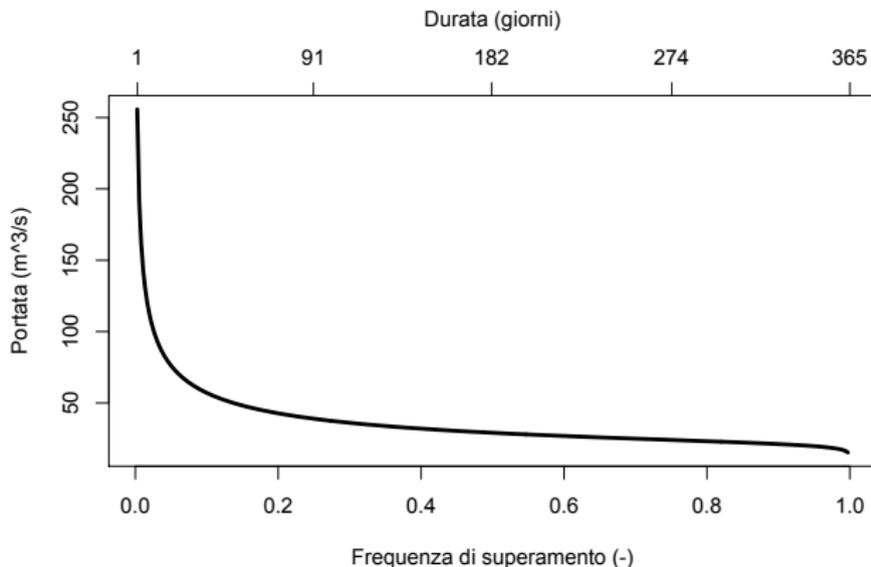


Curve analitiche



Definizione della CDP

La durata¹ d corrisponde al numero di giorni per i quali si ha una portata maggiore o uguale a quella indicata dalla curva; la frequenza di superamento è $F_{SUP} = \frac{d}{366}$



¹Il valore corrispondente a $d = 1$ è la portata massima e quello corrispondente a $d = 365$ la portata minima

Rappresentazione analitica della CDP

Per una fissata durata d in giorni, la CDP è definita come:

Burr

$$Q(d) = a \left(\frac{\left(\frac{d}{366}\right)^{-b} - 1}{b} \right)^{\frac{1}{c}}$$

Weibull

$$Q(d) = a_W \left(-\ln \left(\frac{d}{366} \right) \right)^{1/c_W}$$

Pareto

$$Q(d) = a_P \left(\frac{d}{366} \right)^{1/c_P}$$

I parametri sono estratti in maniera interattiva interrogando la mappa

Distribuzione di Burr

Funzione quantile:

$$x(P) = a \left(\frac{(1 - P)^{-b} - 1}{b} \right)^{\frac{1}{c}} \quad (2)$$

dove a è il parametro di scala, b e c sono i due parametri di forma. $P(x)$ è la probabilità di non superamento.

Stima dei parametri

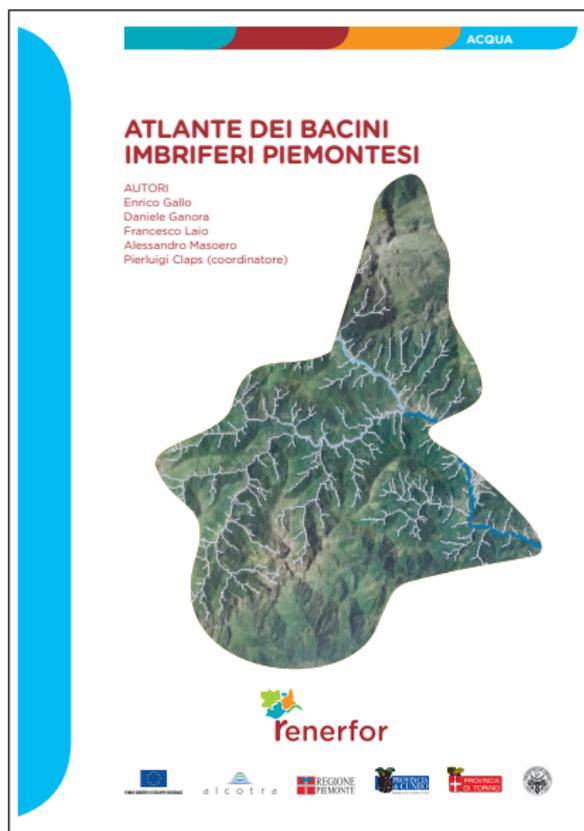
La stima dei parametri b e c può essere effettuata con diversi metodi:

- ▶ momenti;
- ▶ massima verosimiglianza;
- ▶ regressione;
- ▶ L-momenti.

Sezioni presenti all'interno
dell' *Atlante dei bacini imbriferi
piemontesi*

Utilizzo dell' *Atlante dei bacini imbriferi piemontesi*

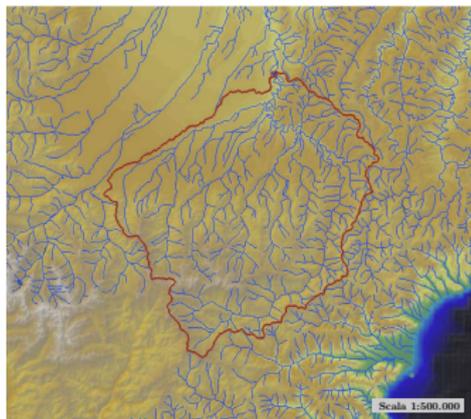
L' *Atlante dei bacini imbriferi piemontesi* raccoglie le principali caratteristiche geomorfologiche, climatiche, di uso del suolo, ecc di circa 200 bacini idrografici del Piemonte e Valle d'Aosta. Tali caratteristiche vengono utilizzate all'interno del modello RENERFOR per la valutazione della curva di durata delle portate.



Esempio di una scheda-bacino dell'atlante



Tanaro a Farigliano



cod (UTM2N WGS84)	412780	cod (UTM2N WGS84)	412804
cod DEM (UTM2N WGS84)	412784	cod DEM (UTM2N WGS84)	412808
area bacino	1502.15	quota media	945
quota massima	2025	quota minima	217

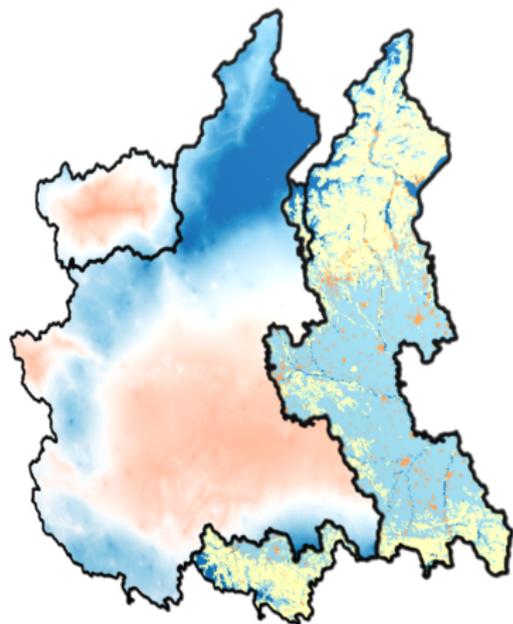
357

quota massima	2025	quota minima	217
curva spigolosa a 1%	4014	curva spigolosa 1%	4014
curva spigolosa a 2%	4019	curva spigolosa 2%	4019
curva spigolosa a 3%	398	curva spigolosa 3%	397
curva spigolosa a 4%	407	curva spigolosa 4%	394
curva spigolosa a 5%	347	curva spigolosa 5%	353
angolo di separazione media	42	lunghezza rettila orientamento	44.8
pendenza bacino	41.74	pendenza bacino: quotazione spaziale	4.75
cod bacinotto (UTM2N WGS84)	412780	cod bacinotto (UTM2N WGS84)	412804
fattore di forma	0.14	rapporto di allungamento	0.44
media funzione di ampiezza	2047	varianza funzione di ampiezza	4.44 * 10 ¹⁰
media funzione di ampiezza	0.013	varianza funzione di ampiezza	1.007
rapporto area media di due ordini adiacenti	3.18	rapporto di bilocazione	4.01
rapporto lunghezza media di due ordini adiacenti	1.70	rapporto prodotto media di due ordini adiacenti	4.167
densità di drenaggio	0.04	diámetro topografico	36
lunghezza LEP	417.720	lunghezza area principale	40424
lunghezza rettila rettila idrografica	41448	lunghezza media sezione	401
pendenza media LEP	2	media dell'allineato rettila zona	-0.44
deviazione standard dell'allineato rettila zona	170	media coeff. pendenza rettila zona	14.104
dev. standard coeff. pendenza rettila zona	1.104	media sezione CPP	0.404
dev. standard sezione CPP	1048	media di sezione	0.044
media LCV peggio 1 ore	0.171	dev. standard LCV peggio 1 ore	0.008
media LCV peggio 3 ore	0.04	dev. standard LCV peggio 3 ore	0.003
media LCV peggio 6 ore	0.10	dev. standard LCV peggio 6 ore	0.004
media LCV peggio 12 ore	0.06	dev. standard LCV peggio 12 ore	0.002
media LCV peggio 24 ore	0.17	dev. standard LCV peggio 24 ore	0.008
media LCA peggio 1 ora	0.07	dev. standard LCA peggio 1 ora	0.007
media LCA peggio 3 ore	0.08	dev. standard LCA peggio 3 ore	0.004
media LCA peggio 6 ore	0.06	dev. standard LCA peggio 6 ore	0.002
media LCA peggio 12 ore	0.05	dev. standard LCA peggio 12 ore	0.006
media LCA peggio 24 ore	0.05	dev. standard LCA peggio 24 ore	0.007
media coeff. Rv regime pluviometrico	0.4	media coeff. Cv regime pluviometrico	-0.3
media coeff. Rv regime pluviometrico	0.4	media coeff. Cv regime pluviometrico	-0.8
dev. standard regime pluviometrico	20.4	media coeff. Cc regime pluviometrico	0.104
classe 1 come land cover	3.14	classe 1 come land cover	3.14
classe 2 come land cover	33.48	classe 2 come land cover	0.73
classe 3 come land cover	41.41	media NAPI	0.103
dev. standard NAPI	1074	media corso numero 1	44.8
media corso numero 1	44.4	media corso numero 2	44.4
dev. standard corso numero 1	0.3	media indice di permeabilità tappi	0.48
dev. standard corso numero 2	7.4		
dev. standard indice di permeabilità tappi	0.177		

358

Caratteristiche dei bacini

Caratteristiche dei bacini ottenute da modello digitale del terreno e cartografie tematiche



- ▶ Quota Media del bacino
- ▶ Quota Massima del bacino
- ▶ Afflusso medio annuo
- ▶ Curva ipsografica (75%)
- ▶ Corine Land Cover classe 2
- ▶ Corine Land Cover classe 3
- ▶ Curva di possibilità pluviometrica
- ▶ Coefficiente Intensità
- ▶ Regime pluviometrico

Parametri Morfologici

Quota media del bacino

h_m [m s.l.m.], quota media del bacino calcolata sul modello digitale del terreno.

Quota Massima del bacino

quota_massima [m s.l.m.], quota massima del bacino calcolata sul modello digitale del terreno.

Curva Ipsografica (75%)

a75percento [m s.l.m.], quota oltre la quale si sviluppa il 75% dell'area del bacino (75-esimo percentile della curva ipsografica).

Parametri Climatici

Curva di possibilità pluviometrica

IDFa [mm/h], valore medio a scala di bacino del coefficiente pluviale orario della curva di possibilità pluviometrica nella forma $h = ad^n$.

IDFa_std [mm/h], deviazione standard a scala di bacino del coefficiente pluviale orario della curva di possibilità pluviometrica nella forma $h = ad^n$.

Afflusso medio annuo

MAP [mm], valore medio a scala di bacino dell'afflusso totale annuo.

Coefficiente di intensità

c_int [-], parametro climatico calcolato come il rapporto $c_{int} = \frac{IDF_a}{MAP}$

Variabilità climatica

Regime pluviometrico

fourier_{B1} [-], valore medio del coefficiente B_1 della rappresentazione in serie di Fourier del regime pluviometrico $RP(t)$:

$$RP(t) = A_0 + B_1 \cdot X_1(t) + C_1 \cdot Y_1(t) + B_2 \cdot X_2(t) + C_2 \cdot Y_2(t).$$

dove X_1 , X_2 , Y_1 e Y_2 sono le basi armoniche.

Regime pluviometrico

cv_{rp} [-], coefficiente di variazione del regime pluviometrico medio sul bacino, considerando i 12 valori medi mensili.

Uso del Suolo

Classi di copertura del suolo dal progetto CORINE Land Cover (COoRdination of INformation on Environment, **EEA**)

Corine Land Cover classe 2

clc2 [%], percentuale, sull'area del bacino, di boschi (311, 312, 313), vegetazione arborea, vegetazione arbustiva, cespugliati (324, 323, 321, 322).

Corine Land Cover classe 3

clc3 [%], percentuale, sull'area del bacino, di zone con vegetazione erbacea, prato-pascolo, colture speciali, oliveti, vigneti, seminativi (231, 222, 223, 221, 211, 241, 243, 242, 142).

Calcolo del deflusso medio

Stima del deflusso medio annuo per unità di superficie:

$$Y = -7.3605 \cdot 10^2 + 1.2527 \cdot MAP + 3.2569 \cdot 10^{-1} \cdot h_m + 5.2674 \cdot \text{fourier}_{B1} - 6.7185 \cdot \text{cl}_2$$

Il deflusso Y è espresso in mm, la portata media annua \bar{Q} è espressa in m^3/s e l'area A è in km^2 :

$$\bar{Q} = \frac{Y \cdot A}{31536}$$

Il valore di deflusso medio così ottenuto si riferisce a condizioni non alterate dagli effetti antropici (regime “naturalizzato”)

Calcolo degli L-momenti

Stima di L-CV:

$$L_{CV} = -2.896 \cdot 10^{-1} - 2.688 \cdot 10^{-3} c_{lc3} + 9.643 \cdot 10^{-5} a_{75percento} + \\ + 1.688 \cdot 10^{-4} MAP + 2.941 \cdot 10^1 c_{int}$$

Stima di L-CA:

$$L_{CA} = 4.7551 \cdot quota_massima^{-0.2702} \cdot IDFa_std^{0.06869} \cdot cv_rp^{0.21055}$$

Il valore degli L-momenti così ottenuti si riferisce a condizioni non alterate dagli effetti antropici (regime “naturalizzato”)

Scelta della forma analitica

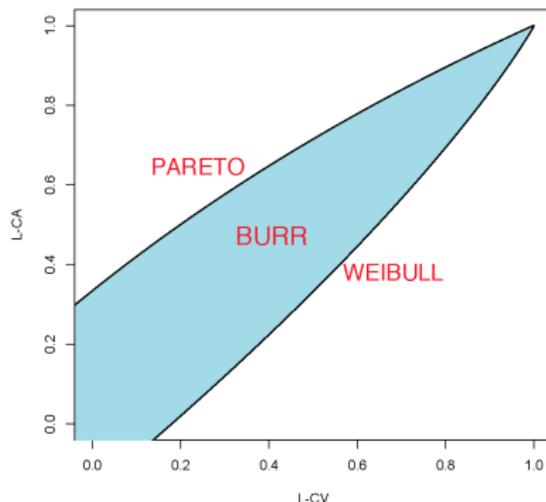
L-CV e L-CA determinano la forma analitica da utilizzare:
Burr se si ricade nel dominio evidenziato; Pareto o Weibull se si ricade fuori dal dominio

Limite superiore (distribuzione di Pareto):

$$L_{CA}^{\text{lim}} = \frac{1 + 3L_{CV}}{3 + L_{CV}}$$

Limite inferiore (distribuzione di Weibull):

$$L_{CA}^{\text{lim}} = \frac{1}{L_{CV}} \left(-2 + 2 \cdot 3^{\frac{\ln(1-L_{CV})}{\ln(2)}} + 3L_{CV} \right)$$



Distribuzione di Burr

I parametri b e c non si possono stimare in forma chiusa, ma possono essere valutati tramite apposite griglie

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2				LCA													
3				-0.01	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.11	0.12
4		LCV	0.02	0.8031	0.867	0.9325	1	1.07	1.141	1.216	1.293	1.373	1.457	1.545	1.637	1.733	1.835
5	0.03		0.7417	0.8038	0.8674	0.9328	1	1.069	1.141	1.215	1.292	1.372	1.456	1.543	1.635	1.731	
6	0.04		0.6821	0.7426	0.8045	0.8679	0.933	1	1.069	1.141	1.214	1.291	1.371	1.455	1.542	1.633	
7	0.05		0.6241	0.6832	0.7435	0.8051	0.8683	0.9332	1	1.069	1.14	1.214	1.29	1.37	1.453	1.54	
8	0.06		0.5675	0.6253	0.6842	0.7443	0.8057	0.8687	0.9334	1	1.069	1.14	1.213	1.29	1.369	1.452	
9	0.07		0.5121	0.5688	0.6264	0.6851	0.745	0.8063	0.8691	0.9336	1	1.069	1.139	1.213	1.289	1.368	
10	0.08		0.4578	0.5136	0.5701	0.6275	0.686	0.7457	0.8068	0.8694	0.9338	1	1.068	1.139	1.212	1.288	
11	0.09		0.4045	0.4593	0.5149	0.5712	0.6285	0.6868	0.7464	0.8073	0.8698	0.9339	1	1.068	1.139	1.212	
12	0.1		0.3518	0.406	0.4607	0.5161	0.5723	0.6294	0.6876	0.747	0.8078	0.8701	0.9341	1	1.068	1.138	
13	0.11		0.2998	0.3534	0.4074	0.462	0.5173	0.5733	0.6303	0.6883	0.7476	0.8082	0.8704	0.9342	1	1.068	
14	0.12		0.2481	0.3014	0.3549	0.4088	0.4633	0.5184	0.5743	0.6311	0.689	0.7481	0.8086	0.8706	0.9344	1	
15	0.13		0.1968	0.2498	0.3029	0.3563	0.4101	0.4644	0.5194	0.5752	0.6319	0.6896	0.7486	0.809	0.8709	0.9345	
16	0.14		0.1456	0.1984	0.2512	0.3042	0.3575	0.4112	0.4655	0.5203	0.576	0.6326	0.6902	0.7491	0.8093	0.8711	
17	0.15		0.09441	0.1472	0.1999	0.2526	0.3055	0.3587	0.4123	0.4664	0.5212	0.5767	0.6332	0.6907	0.7495	0.8096	
18	0.16		0.04301	0.09587	0.1486	0.2012	0.2539	0.3067	0.3598	0.4133	0.4673	0.522	0.5774	0.6338	0.6912	0.7498	
19	0.17		Weibull	0.04438	0.09719	0.1498	0.2024	0.255	0.3077	0.3607	0.4142	0.4681	0.5226	0.578	0.6343	0.6916	
20	0.18		Weibull	Weibull	0.04559	0.09837	0.151	0.2035	0.256	0.3087	0.3616	0.4149	0.4688	0.5233	0.5785	0.6347	
21	0.19		Weibull	Weibull	Weibull	0.04664	0.09939	0.1519	0.2044	0.2569	0.3095	0.3624	0.4156	0.4694	0.5238	0.579	
22				0.2	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	0.04753	0.1003	0.1528	0.2052	0.2576	0.3102	0.363	0.4162	0.4699
23	0.21	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	0.04826	0.101	0.1535	0.2059	0.2583	0.3108	0.3636	0.4167	0.4704	
24	0.22	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	Weibull	0.04883	0.1016	0.154	0.2064	0.2588	0.3113	0.364	0.4171		
25	0.23	Weibull	0.04922	0.102	0.1545	0.2068	0.2592	0.3116	0.3643								
26	0.24	Weibull	0.04946	0.1022	0.1547	0.2071	0.2594	0.3119									
27	0.25	Weibull	0.04952	0.1023	0.1549	0.2072	0.2596										
28	0.26	Weibull	0.04941	0.1023	0.1548	0.2072											
29	0.27	Weibull	0.04912	0.102	0.1546												
30	0.28	Weibull	0.04865	0.1016													
31	0.29	Weibull	0.048														
32	0.3	Weibull															

Distribuzione di Burr

Il parametro a si calcola come:

$$a = \frac{\bar{Q}}{b^{-1/c}} \frac{\Gamma\left[\frac{1}{b}\right]}{\Gamma\left[\frac{1}{b} - \frac{1}{c}\right] \Gamma\left[1 + \frac{1}{c}\right]}$$

dove Γ è la funzione Gamma.

Per una fissata durata d in giorni, la Curva di Durata delle Portate è definita come:

$$Q(d) = a \left(\frac{\left(\frac{d}{366}\right)^{-b} - 1}{b} \right)^{\frac{1}{c}}$$

NB: in Excel² la funzione $\Gamma(x)$ si implementa con:

$$= \text{EXP}(\text{LN.GAMMA}(x))$$

²Il comando può variare a seconda della versione di Excel

Distribuzioni limite: Weibull

Si calcolano i parametri c_W e a_W della distribuzione di Weibull:

$$c_W = -\frac{\ln(2)}{\ln(1 - L_{CV})} \quad a_W = \frac{\bar{Q} \cdot c_W}{\Gamma\left[\frac{1}{c_W}\right]}$$

Per una fissata durata d in giorni, la Curva di Durata delle Portate è definita come:

$$Q(d) = a_W \left(-\ln \left(\frac{d}{366} \right) \right)^{1/c_W}$$

Distribuzioni limite: Pareto

Si calcolano i parametri c_P e a_P della distribuzione di Pareto:

$$c_P = -\frac{L_{CV} + 1}{2L_{CV}} \quad a_P = \bar{Q} \frac{1 + c_P}{c_P}$$

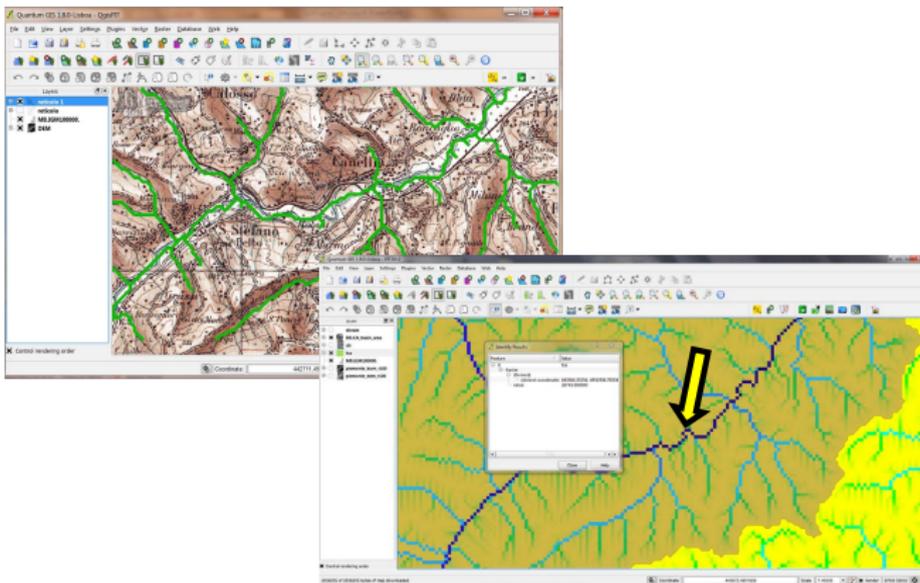
Per una fissata durata d in giorni, la Curva di Durata delle Portate è definita come:

$$Q(d) = a_P \left(\frac{d}{366} \right)^{1/c_P}$$

Sezioni generiche non catalogate

Sezione non catalogata

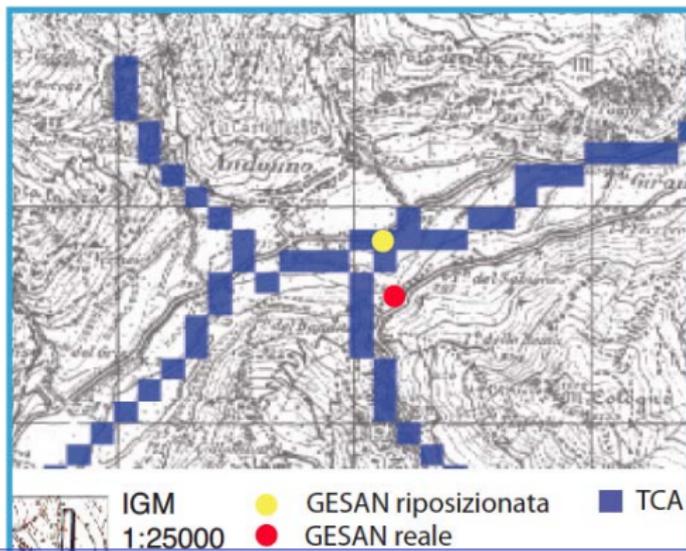
Se il bacino non è stato precedentemente delimitato, occorre farlo ed estrarre le caratteristiche necessarie mediante analisi GIS del DEM e di alcune cartografie tematiche.



Delimitazione automatica?

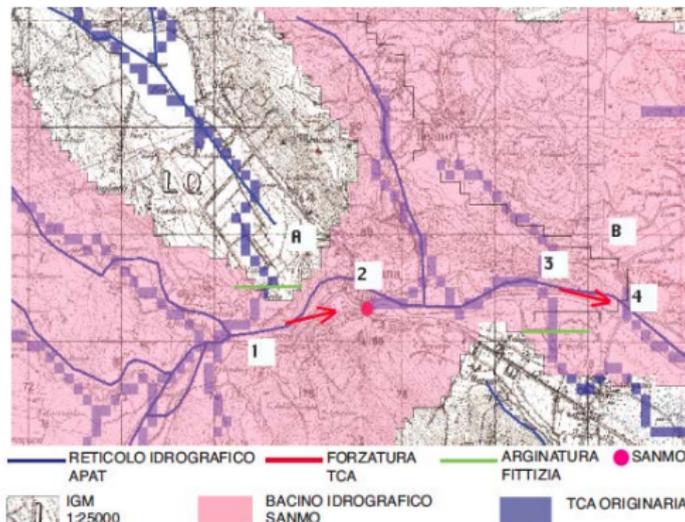
La delimitazione automatica è possibile, ma richiede alcune attenzioni:

- ▶ la sezione di chiusura deve essere identificata su un reticolo congruente con quello ottenuto analizzando le direzioni di drenaggio del DEM. Ciò può richiedere un riposizionamento della sezione rispetto a quella reale.



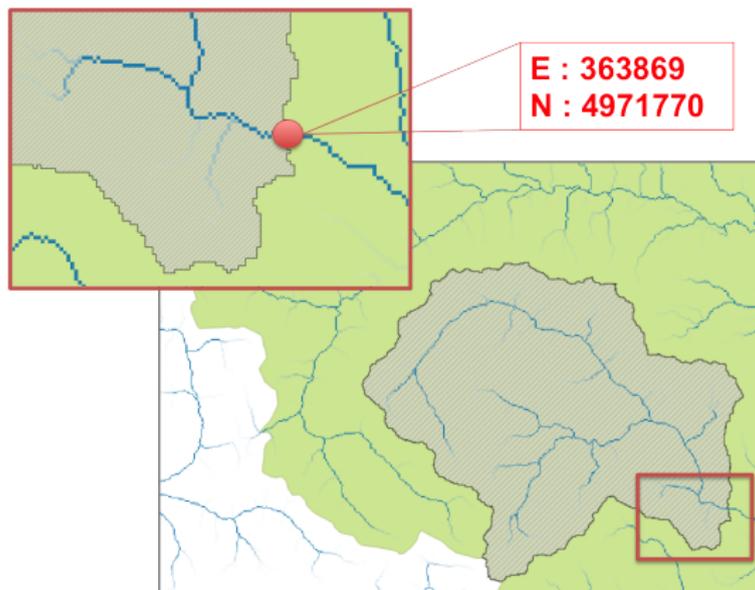
Delimitazione automatica?

- ▶ la delimitazione automatica **non è affidabile** quando le pendenze del DEM non sono tali da identificare chiaramente lo spartiacque. Occorre **sempre verificare** la congruenza del perimetro delimitato ed eventualmente modificarlo manualmente. Questa problematica insorge tipicamente nelle zone di pianura.



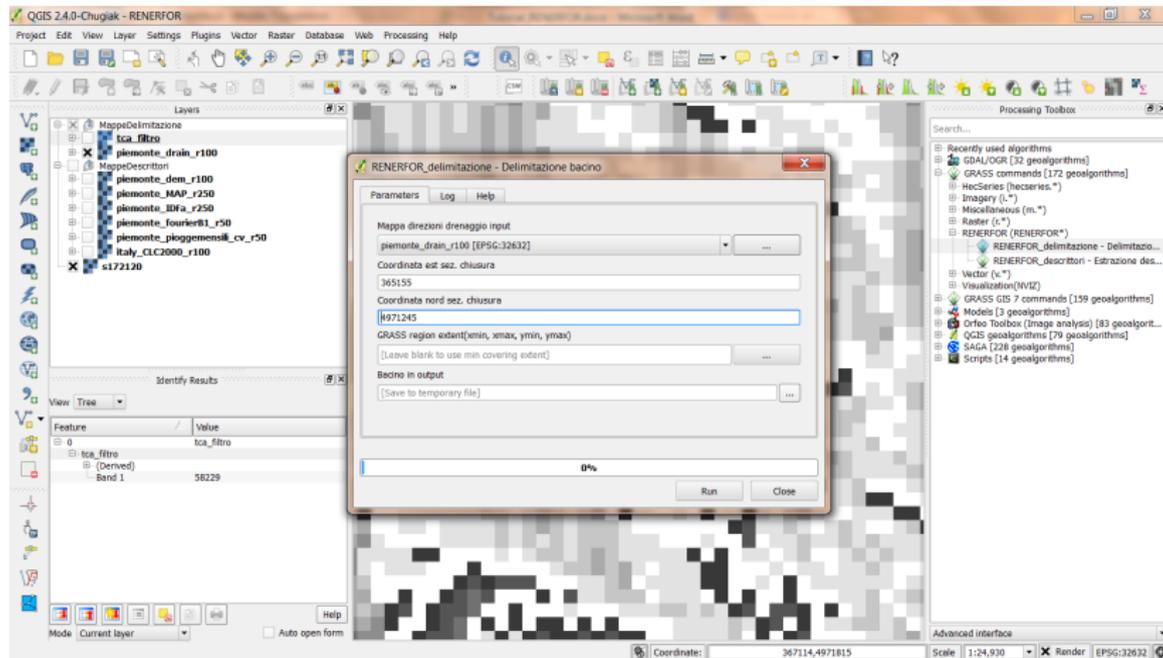
Esempio applicazione: delimitazione bacino

Identificazione delle coordinate E e N della sezione di chiusura; esse devono ricadere sul reticolo idrografico ottenuto dal DEM



Esempio applicazione: delimitazione bacino

La delimitazione può essere effettuata in Qgis attraverso uno script che richiede le coordinate della sezione di chiusura



La delimitazione viene salvata in uno shapefile

Esempio applicazione: calcolo descrittori

Il calcolo dei descrittori viene eseguito in Qgis attraverso uno script che richiede la delimitazione del bacino

The screenshot displays the QGIS 2.4.0-Chugiak interface. The main window shows a map with a grayscale DEM and a vector layer representing a basin boundary. A 'Layers' panel on the left lists various data layers, including 'ChisoneProva', 'MappeDelimitazione', and 'MappeDescrittori'. A 'Processing Toolbox' on the right shows a list of available algorithms, with 'RENERFOR (RENERFOR*)' selected. A 'Parameters' dialog box is open in the center, titled 'RENERFOR_descrittori - Estrazione descrittori di bacino per il modello RENERFOR'. The dialog contains the following parameters:

- Delimitazione bacino: ChisoneProva [EPSC:32632]
- DEM input: piemonte_dem_r100 [EPSC:32632]
- Mappe MAP input: piemonta_MAP_r250 [EPSC:32632]
- Mappe IDFe input: piemonte_IDFe_r250 [EPSC:32632]
- Mappe fourierB1 input: piemonta_fourierB1_r50 [EPSC:32632]
- Mappe rp-cv input: piemonte_ploggemensil_cv_r50 [EPSC:32632]
- Mappe CLC2000 input: italy_CLC2000_r100 [EPSC:32632]
- GRASS region extent (xmin, xmax, ymin, ymax): [Leave blank to use min covering extent]
- Risultato in output: D:/00_RENERFOR_ProceduraOperativa/AltreMappeEsempi/ChisoneProva

The progress bar at the bottom of the dialog shows 0% completion. The status bar at the bottom of the QGIS window indicates the coordinate system as EPSG:32632 and the scale as 1:355,914.

Esempio applicazione: calcolo descrittori

I risultati sono mostrati a video e/o su file di testo



```
RENERFOR_descrittori - Estrazione descrittori di bacino per il modello RENERFOR
Parameters Log Help

GRASS_INFO_MESSAGE(2194,5): Converted areas: 2 of 2
GRASS_INFO_END(2194,5)

GRASS_INFO_MESSAGE(2194,6): v.to.rastr complete.
GRASS_INFO_END(2194,6)

GRASS_INFO_MESSAGE(9448,1): Removing raster
GRASS_INFO_END(9448,1)

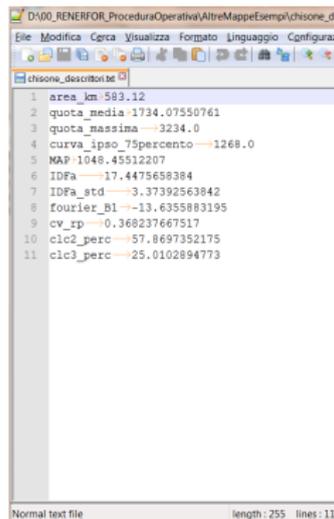
GRASS_INFO_MESSAGE(8408,1): Removing raster
GRASS_INFO_END(8408,1)

GRASS_INFO_MESSAGE(9000,1): Removing vector
GRASS_INFO_END(9000,1)

*****
area_km 593.12
quota_media 1734.07550761
quota_massima 3234.0
curva_ipso_75percento 1268.0
MAP 1048.45512207
IDFa 17.4475658384
IDFa_std 3.37392563842
fourier_B1 -13.6355883195
cv_rp 0.368237667517
c1c2_perc 57.8697352175
c1c3_perc 25.0102894773

D:\S2_Vinaggi\Analisi>exit
Converting outputs
Loading resulting layers
Algorithm RENERFOR_descrittori - Estrazione descrittori di bacino per il modello RENERFOR finished

0%
Run Close
```



```
D:\00_RENERFOR_ProceduraOperativa\AltreMappeEsemp\chitone_d
File Modifica Cerca Visualizza Formato Linguaggio Configuraz
chitone_descrittori.txt
1 area_km 593.12
2 quota_media 1734.07550761
3 quota_massima 3234.0
4 curva_ipso_75percento 1268.0
5 MAP 1048.45512207
6 IDFa 17.4475658384
7 IDFa_std 3.37392563842
8 fourier_B1 -13.6355883195
9 cv_rp 0.368237667517
10 c1c2_perc 57.8697352175
11 c1c3_perc 25.0102894773

Normal text file length: 255 lines: 11
```

Proseguire con la procedura descritta per i bacini già catalogati dalla slide 21

Effetti antropici

Antropizzazione

I valori ottenuti dall'analisi regionale sono “naturalizzati”, ovvero sono stime che non tengono in conto dei prelievi esistenti.

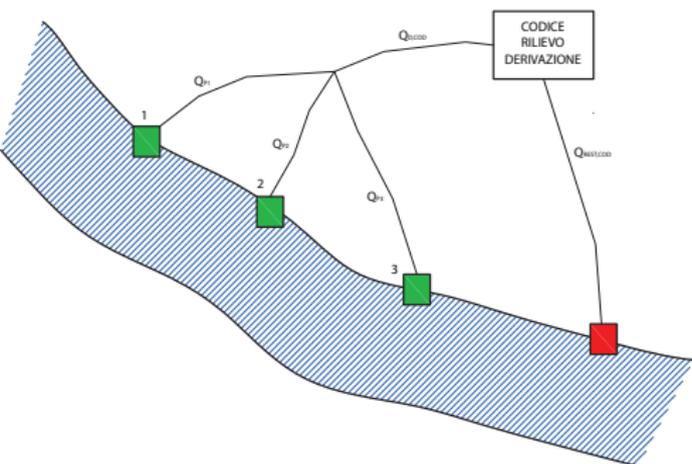
Qualora esistano dei prelievi all'interno del bacino che vengono restituiti a valle della sezione di chiusura (o in un altro corso d'acqua), è possibile valutare la CDP “antropizzata” correggendo Q_{REG} , L-CV e L-CA e ricalcolando la curva sugli L-momenti corretti.

Il metodo è parsimonioso in quanto non è richiesta la serie storica delle portate, ma soltanto lo scompensamento complessivo sul bacino.

Effetto delle derivazioni

Occorre calcolare il parametro di squilibrio

$$z = \frac{\Delta Q}{\bar{Q}}$$

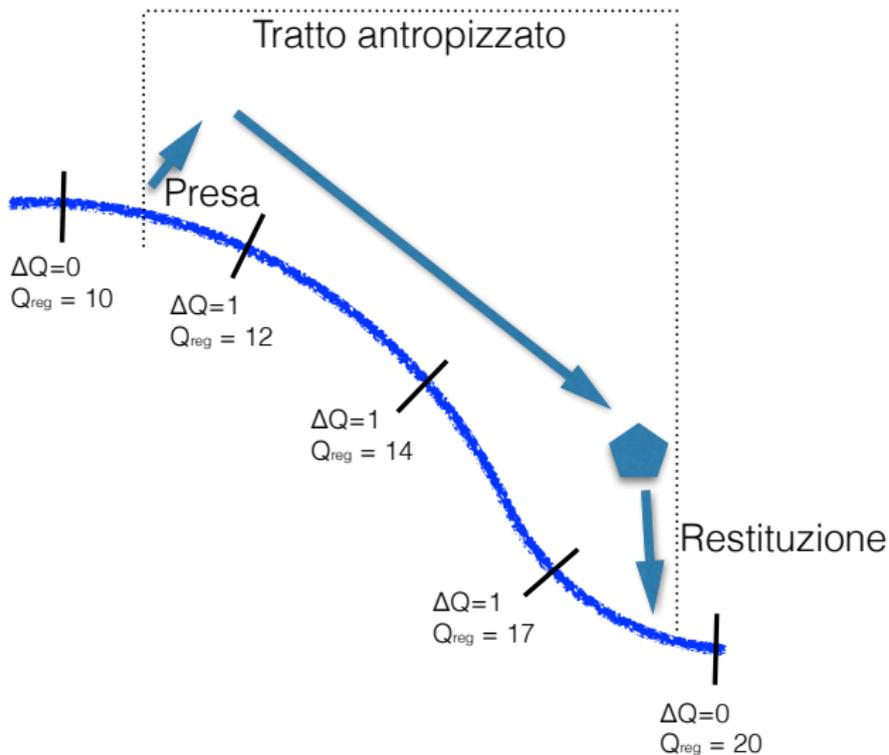


- ▶ ΔQ = somma delle portate **massime derivabili** di ogni presa “scompensata”
- ▶ Q_{REG} = portata media annua ottenuta dal modello regionale

Si considerano “scompensate” le prese che non restituiscono prima del punto di calcolo

Effetto delle derivazioni

“Propagazione” dell’effetto del prelievo



Fattori di correzione

Correzione Portata Media:

$$Q_{\text{Antro}} = Q_{\text{REG}} \cdot e^{-z}$$

Correzione LCV:

$$LCV_{\text{Antro}} = 2 \cdot LCV \cdot L2[z]$$

Correzione LCA:

$$LCA_{\text{Antro}} = 3 \cdot LCA \cdot \frac{L3[z]}{L2[z]}$$

dove:

$$L2[z] = 1 - 1/2 \cdot e^{-z}$$

$$L3[z] = 1/6 \cdot (4 - 9e^z + 6e^{2z})$$

I valori di portata media, L-CV e L-CA corretti per gli effetti antropici (pedice "Antro") vengono utilizzati al posto dei valori originali nel calcolo dei parametri della distribuzione.