
APPLICAZIONE PROCEDURA RENERFOR

per la stima delle Curve di Durata delle Portate

TUTORIAL

A cura di Daniele Ganora e Silvia Isacco – Politecnico di Torino

23 Settembre 2015

Indice

1. Premessa.....	2
2. Introduzione.....	3
3. Delimitazione bacino.....	5
4. Estrazione descrittori.....	12
5. Determinazione della curva di durata delle portate naturali.....	15
6. Quantificazione degli effetti antropici.....	21
7. Correzione della curva di durata.....	25
Considerazioni sui prelievi annuali.....	25
Considerazioni sui prelievi stagionali.....	25
Appendice.....	29
Configurazione generale di Qgis.....	29
Installazione script.....	30
Preparazione progetto Qgis.....	31

1. Premessa

Il presente tutorial descrive i passi per implementare la procedura di calcolo della curva di durata delle portate con la metodologia sviluppata nel progetto RENERFOR. Sono inoltre riportate indicazioni pratiche per tenere in conto degli eventuali prelievi presenti a monte della sezione fluviale di interesse e che creano una riduzione dell'effettiva disponibilità idrica.

La procedura di stima delle curve di durata delle portate RENERFOR è un modello di tipo regionale, basato sull'utilizzo di informazioni idrometriche distribuite a grande scala territoriale. Questo consente di effettuare stime utilizzando una metodologia omogenea su tutto il territorio su cui il modello è stato calibrato. Tuttavia, i risultati dell'applicazione devono essere sempre utilizzati in maniera critica, ricordando che:

- In alcuni casi le stime prodotte potrebbero essere inconsistenti, ad esempio in bacini caratteristiche geomorfoclimatiche significativamente diverse da quelle dei bacini usati nella calibrazione della procedura;
- Il metodo non tiene in conto esplicitamente di eventuali informazioni locali disponibili, come misure idrometriche;
- Le stime possono risultare anche significativamente differenti da quelle ottenute con altre metodologie.

L'applicazione della procedura suggerita dal presente tutorial porta alla definizione di una curva di durata definita per punti e basata su 365 valori rappresentativi della curva di durata media annua di un dato bacino (capitoli 3-5). Eventuali effetti antropici, definiti come prelievi presenti all'interno del bacino, possono essere identificati (capitolo 6) e quantificati correggendo la curva ottenuta in condizioni "naturali" (capitolo 7) per ottenere una curva "effettiva". La curva di durata così ottenuta può essere utilizzata per le valutazioni del caso (stima dei volumi derivabili, quantificazione dei deflussi ambientali, ecc).

2. Introduzione

La procedura si basa sull'utilizzo del software Qgis a cui sono state aggiunte funzionalità specifiche attraverso due script open source sviluppati presso il Politecnico di Torino. Tali script permettono di utilizzare in maniera semplice ed efficiente alcuni strumenti presenti nel software GRASS, già presente nell'installazione di Qgis. Le cartografie tematiche essenziali per l'applicazione sono fornite come mappe raster in formato GeoTIFF e possono essere facilmente importate e visualizzate in Qgis. Qgis dispone inoltre degli strumenti tipici dei sistemi informativi territoriali che possono essere utilizzati per analisi di supporto legate alle applicazioni di stima delle curve di durata. Il presente tutorial fornisce indicazioni sufficienti per consentire di eseguire la procedura anche a utenti che non abbiano una specifica formazione nell'utilizzo di Qgis; per trattazioni più complete sull'utilizzo di Qgis, si rimanda alla documentazione ufficiale (e non) del software.

Innanzitutto occorre avviare QGIS, verificare che sia configurato correttamente e aprire il progetto contenente le cartografie tematiche da analizzare. Selezionare **Open** dal menu **Project** e caricare il file di progetto precedentemente salvato.

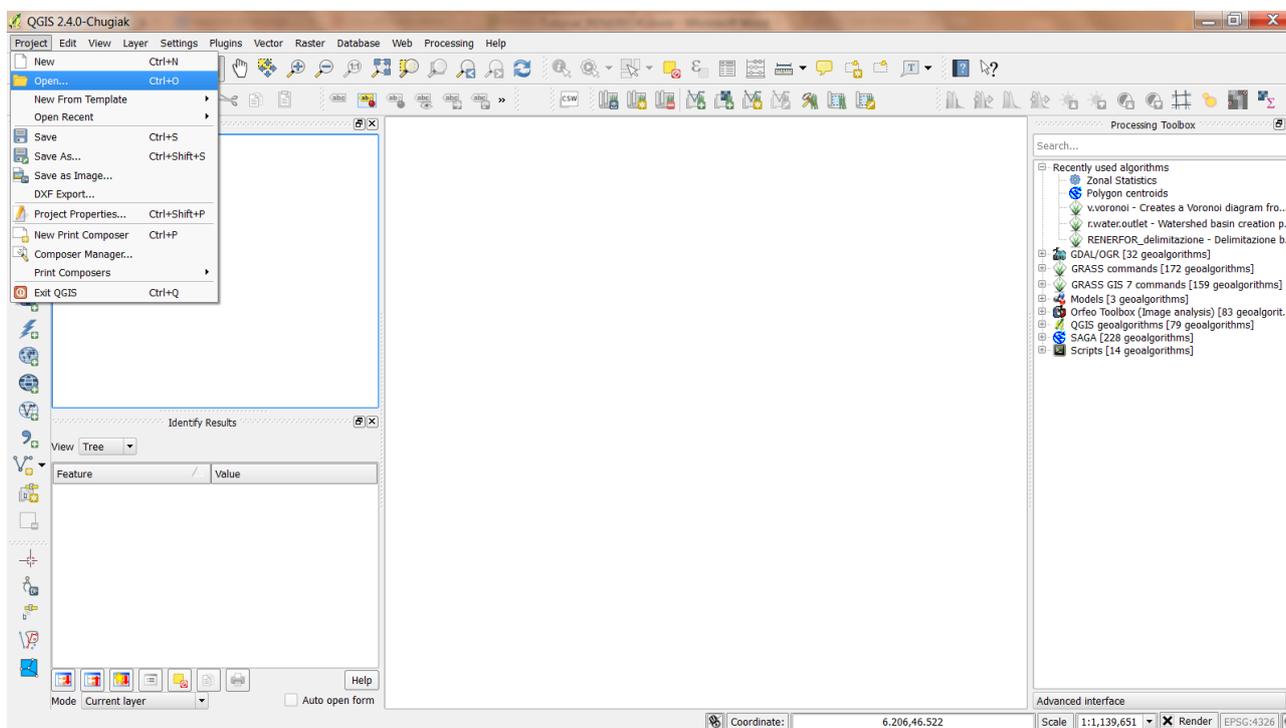


Figura 1 Apertura di un progetto precedentemente salvato

Sia la configurazione che la preparazione del progetto sono operazioni che possono essere effettuate una sola volta in via preliminare. Per dettagli su come effettuare tali operazioni, riferirsi all'Appendice.

Dopo l'apertura del progetto la schermata apparirà simile alla seguente, con una serie di layer che rappresentano le cartografie tematiche che fanno da base per l'estrazione dei descrittori di bacino.

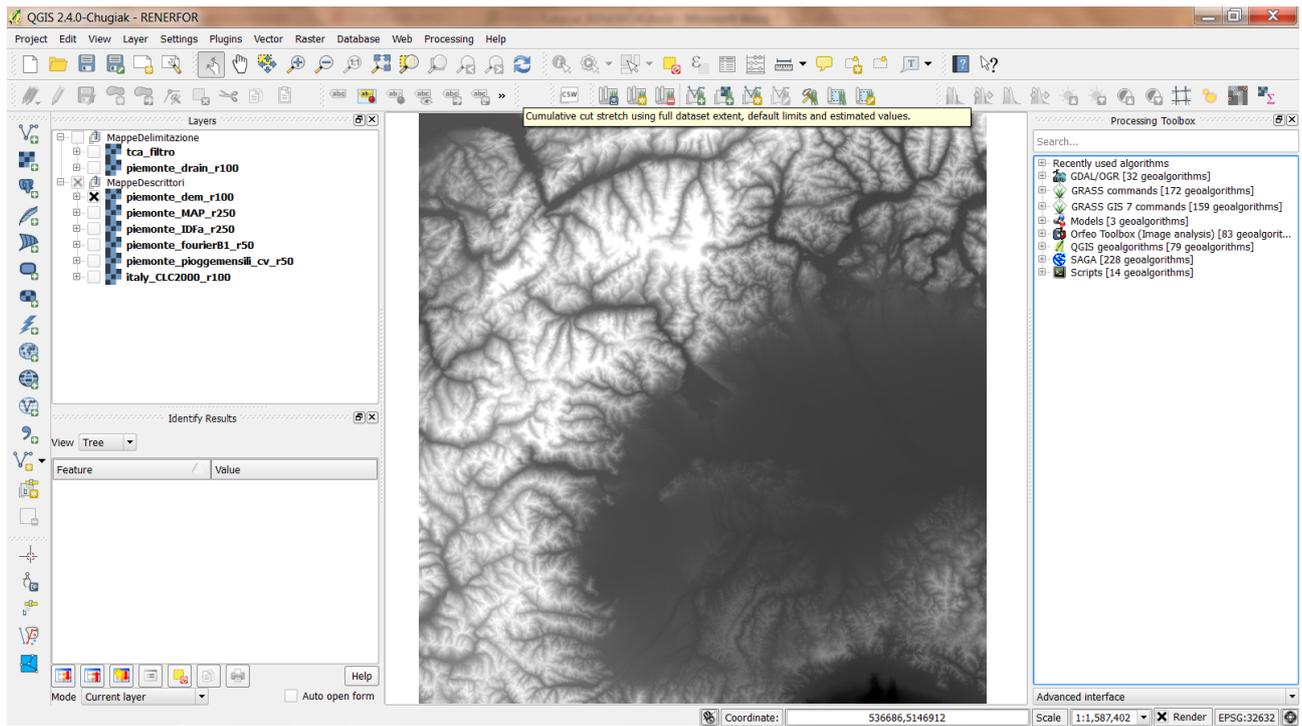


Figura 2 Layers necessari per l'esecuzione dell'applicazione

Nella Figura 2 si possono vedere due gruppi di mappe (nel box `Layers` a sinistra): le prime due in alto supportano la procedura di delimitazione del bacino; le 6 mappe del secondo blocco sono invece la base dati da cui estrarre i descrittori di bacino.

3. Delimitazione bacino

La "delimitazione" è l'operazione iniziale che consente di identificare l'area del bacino idrografico di interesse. Questa operazione può essere effettuata in maniera (semi)automatica utilizzando diversi algoritmi disponibili nei tools di analisi idrologica dei software gis. Essa risulta tuttavia un'operazione particolarmente delicata in quanto, in certi contesti territoriali come le aree di pianura, la delimitazione automatica può produrre risultati non congruenti con il reale reticolo idrografico. Questo problema generalmente non coinvolge le aree montuose, dove l'identificazione degli spartiacque è più efficiente e univoca. Per una discussione sui possibili problemi che possono insorgere in fase di delimitazione, si rimanda ai documenti conclusivi del progetto RENERFOR. In linea generale, si suggerisce comunque di verificare sempre la congruenza della delimitazione ottenuta da un algoritmo automatico di estrazione.

Questa sezione del tutorial illustra come svolgere la delimitazione automatica sfruttando la mappa delle direzioni di drenaggio pre-elaborata nell'ambito del progetto RENERFOR, a partire dal DEM derivato dal DEM SRTM della NASA. L'operazione si basa sull'utilizzo di alcune funzioni di GRASS che vengono richiamate in sequenza direttamente da uno script, consentendone quindi un utilizzo più immediato. Lo script deve essere stato precedentemente installato (l'operazione di installazione degli script può essere effettuata una sola volta; per dettagli vedere l'Appendice). La mappa delle direzioni di drenaggio e la relativa mappa delle aree cumulate (TCA) devono essere caricate nel progetto Qgis. Quest'ultima permette di definire il reticolo idrografico derivato "automaticamente" dall'analisi del DEM, sul quale l'utente dovrà identificare la sezione di chiusura del bacino.

Per supportare la ricerca della sezione di chiusura è possibile caricare ulteriori strati informativi (mappe raster, mappe vettoriali, mappe da servizi WMS, WCS, WFS, ecc) con gli appositi comandi del menu **Layer** (o dalle icone equivalenti nella barra).

Si procede ora con un esempio, ipotizzando di dover delimitare un sottobacino del Chisone. Il primo passo è individuare la sezione di chiusura; tale operazione può essere supportata, come mostrato nella figura sottostante, dall'inserimento di una mappa CTR (in formato GeoTiff) ottenuta dal Geoportale della Regione Piemonte. Eventuali altre cartografie di supporto possono essere caricate in ogni momento (es. il reticolo idrografico vettoriale).

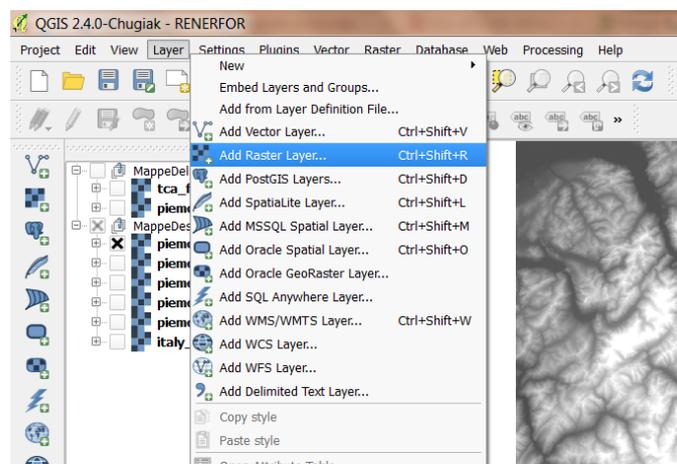


Figura 3 Aggiunta di uno strato raster al progetto

Se la mappa non è georiferita, occorre assegnarle il tipo di proiezione e il sistema di riferimento selezionando le proprietà della mappa (tasto destro + proprietà oppure doppio click sulla mappa dalla finestra Layers). Dalla finestra Layer Properties selezionare General; quindi specificare il Coordinate reference system corretto che risulta essere il WGS 84 /UTM zone 32 N (codice EPSG 32632). Si noti che tutto il progetto è sviluppato nel sistema WGS 84/UTM32N; nel caso si volessero utilizzare cartografie in altri sistemi occorre prima convertirle o utilizzare la riproiezione al volo. L'utente può quindi caricare nel progetto tutte le cartografie che ritiene necessarie per identificare in maniera adeguata l'area di interesse. Si veda il manuale d'uso di Qgis per la descrizione dettagliata di queste operazioni.

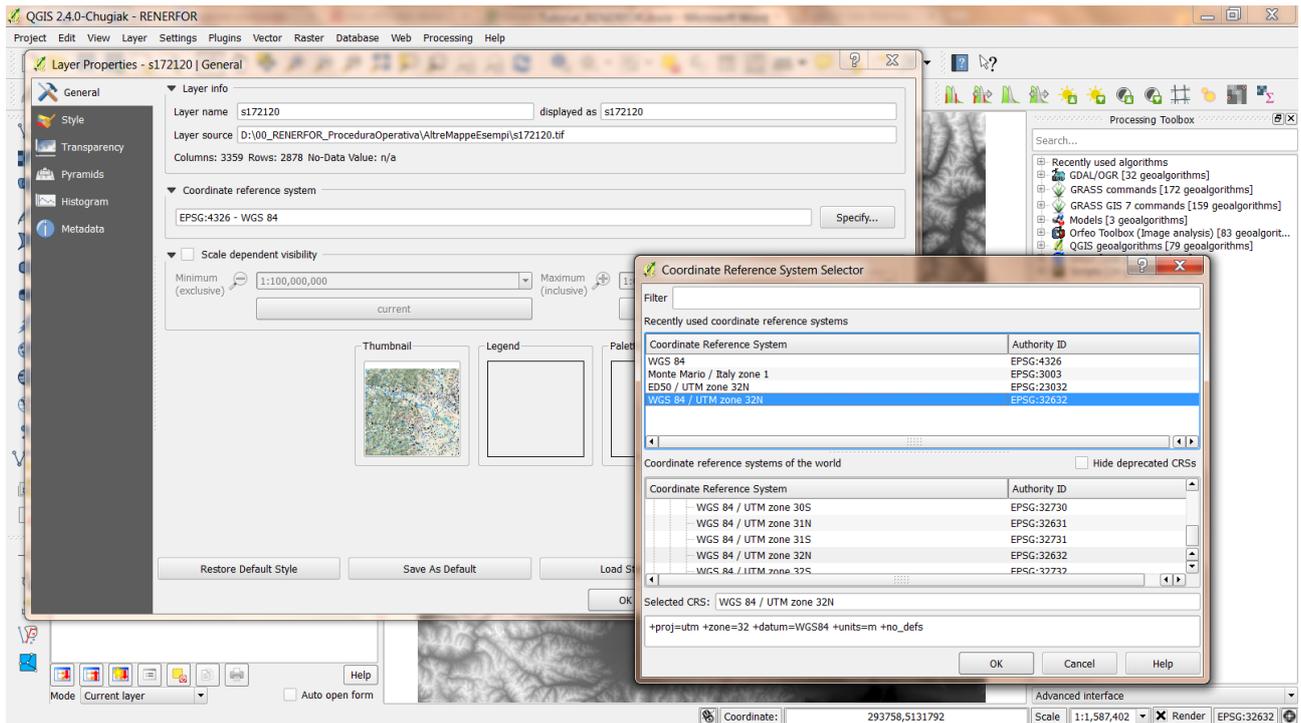
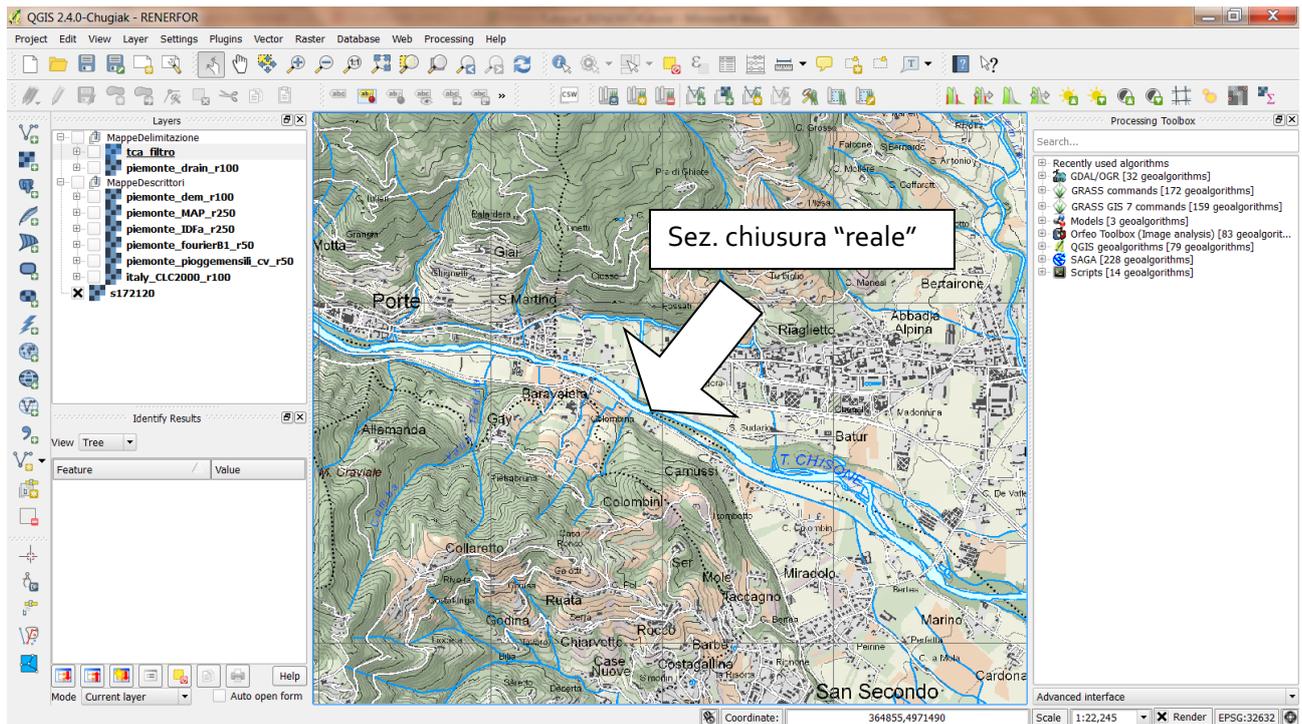
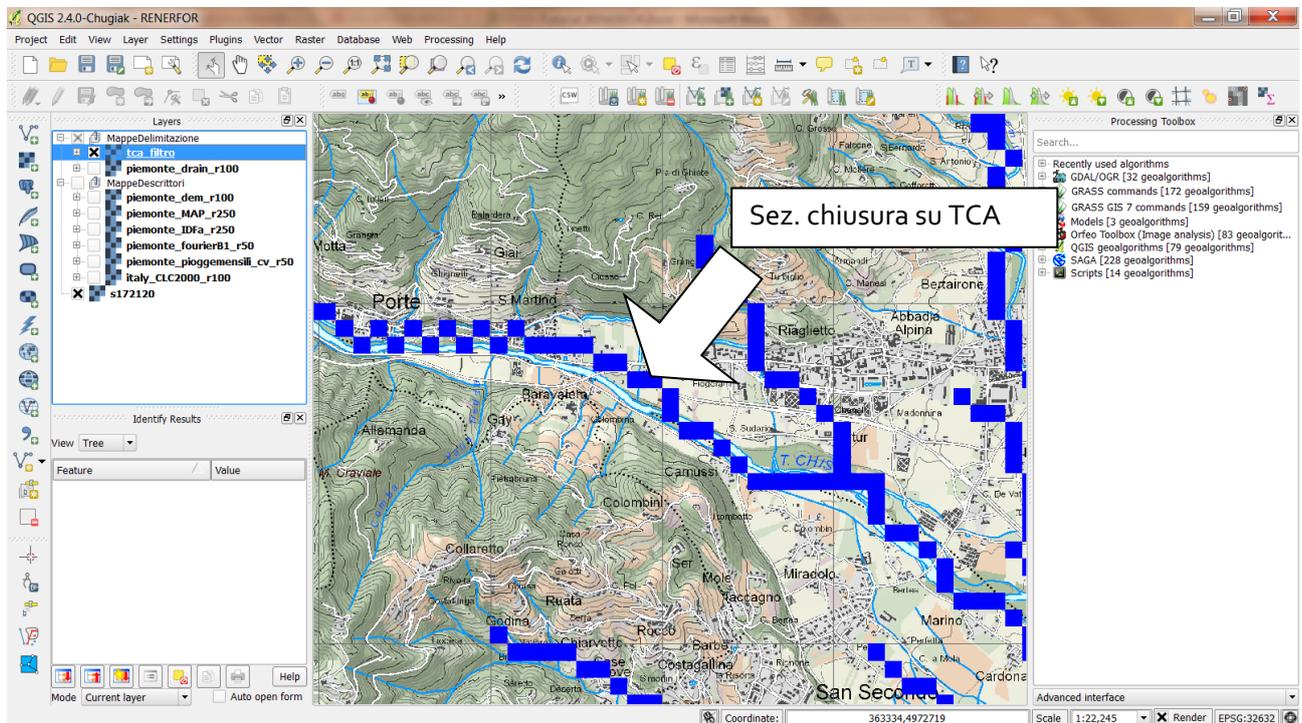


Figura 4 Selezione della proiezione e del sistema di riferimento della mappa

Nel caso mostrato è stata inserita la CTR s172120. A titolo di esempio, si consideri la necessità di delimitare il bacino del Chisone chiuso tra la località di Porte e quella di San Secondo.



Si attivi il layer della TCA, che rappresenta il reticolo di drenaggio derivato dal DEM. Si può osservare che la TCA non necessariamente corrisponde esattamente al reticolo reale identificato dalla CTR. Nota la reale sezione di chiusura, occorre ora identificare la sua corrispondente sezione di chiusura sulla TCA.



La sezione di chiusura sulla TCA corrisponde a un pixel della TCA stessa. È necessario a questo punto estrarre le coordinate del pixel identificato; questa operazione può essere effettuata selezionando il layer della TCA, e attivando il comando Identify Features (icona con la *i* che indica lo strumento per estrarre le informazioni interrogando una mappa).

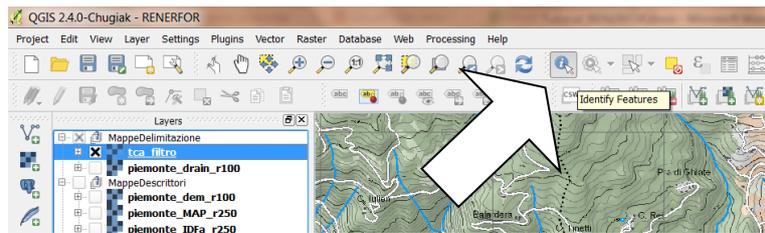


Figura 5 Interrogazione della mappa: selezionare il layer della TCA e attivare il comando `Identify Features`, poi cliccare sul pixel di interesse.

Cliccando sul pixel di interesse, nella casella in basso a destra compariranno (nel campo `Derived`) le coordinate del punto. Tali coordinate devono essere annotate dall'utente (è possibile anche copiarle direttamente usando il menu dal tasto destro del mouse).

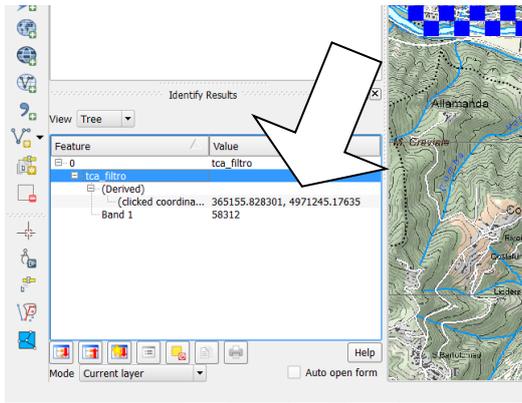


Figura 6 Risultato dell'interrogazione: le coordinate del punto compaiono nel campo `Derived`.

È ora necessario avviare lo script per la delimitazione. Per fare ciò cercare tra i tools di GRASS del Processing Toolbox lo script `RENERFOR_delimitazione`. Qualora il Processing Toolbox fosse disabilitato, è possibile attivarlo dal menu `View/Panels/Toolbox`. Lo script si avvia con un doppio-click.

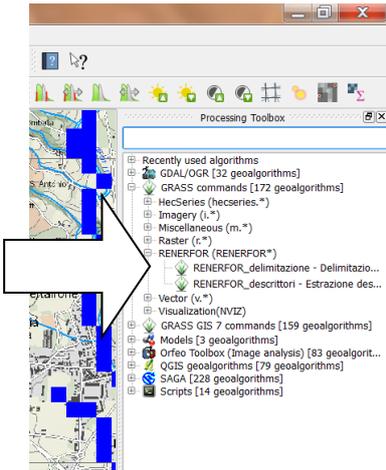


Figura 7 Selezione dello script per la delimitazione.

Si avvia una finestra di dialogo che richiede di selezionare la mappa delle direzioni di drenaggio (la quale deve essere presente e attiva nella finestra `Layers`) e di inserire le coordinate EST e NORD della sezione di chiusura precedentemente ottenute interrogando la mappa della TCA.

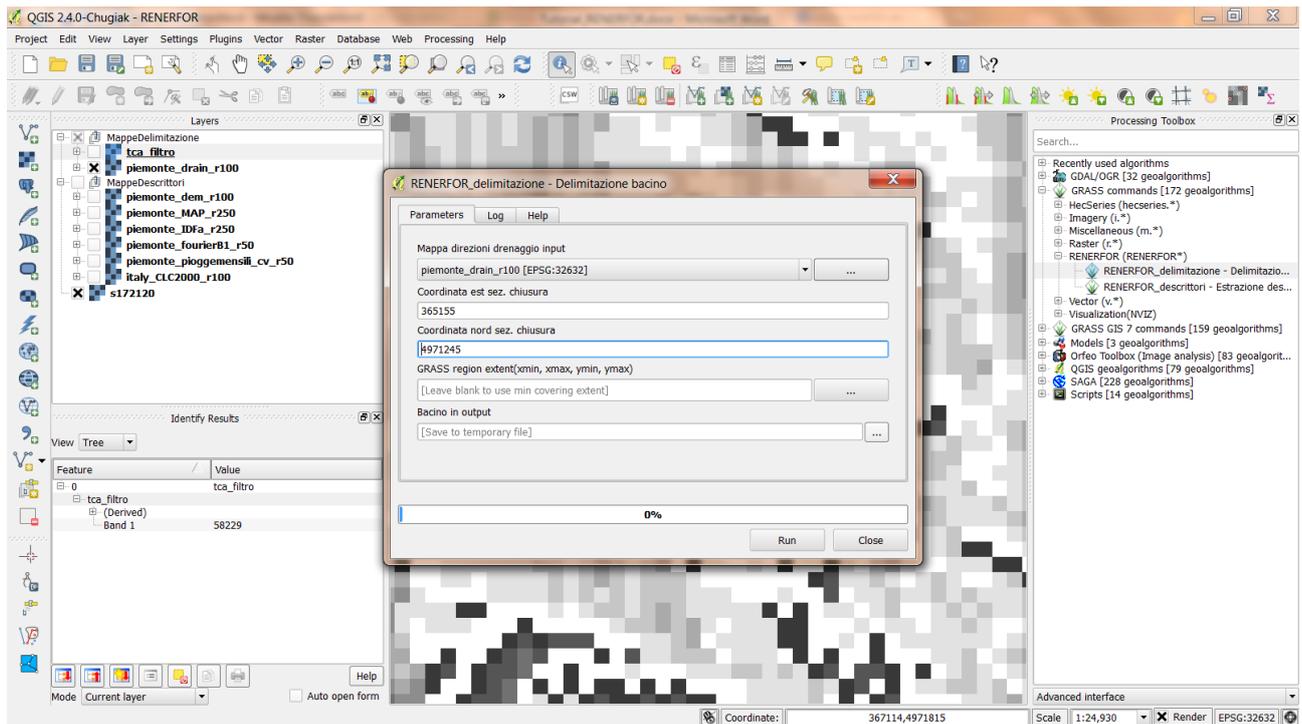


Figura 8 Finestra di dialogo dello script di delimitazione del bacino: dati di input.

Infine, è necessario selezionare il nome del file di output completo di percorso) che sarà prodotto dallo script. Non è necessario inserire l'estensione del file in quanto lo script produce automaticamente un output in formato shapefile. L'opzione GRASS region extent (prevista di default quando si eseguono comandi GRASS per mezzo di Qgis) può essere trascurata in quanto non necessaria nello svolgimento della procedura.

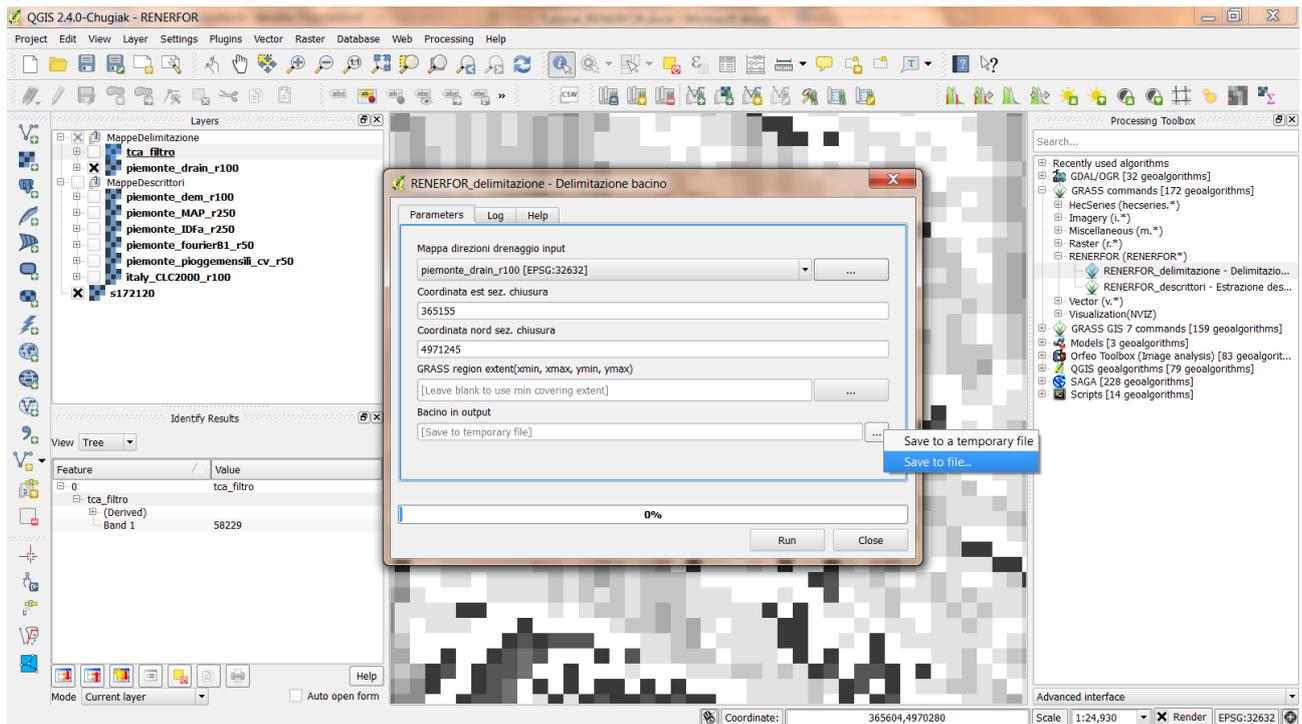


Figura 9 Finestra di dialogo dello script di delimitazione del bacino: dati di output.

Lo shapefile del bacino delimitato può essere caricato nella finestra Layers mediante il comando per l'inserimento di una mappa vettoriale.

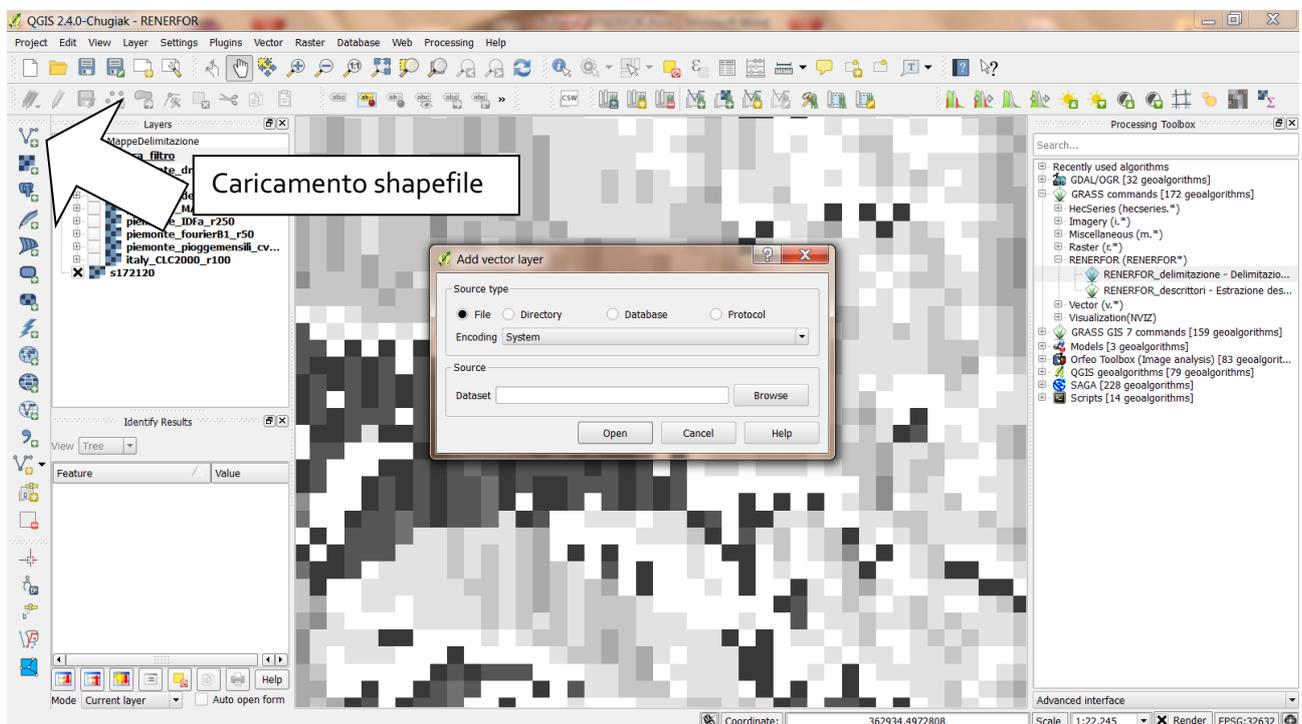


Figura 10 Caricamento dello shapefile prodotto dalla procedura di delimitazione.

La delimitazione ottenuta deve essere valutata attentamente dall'operatore per capire se può essere considerata attendibile. In caso affermativo, la delimitazione può essere utilizzata per la successiva fase di estrazione dei descrittori di bacino.

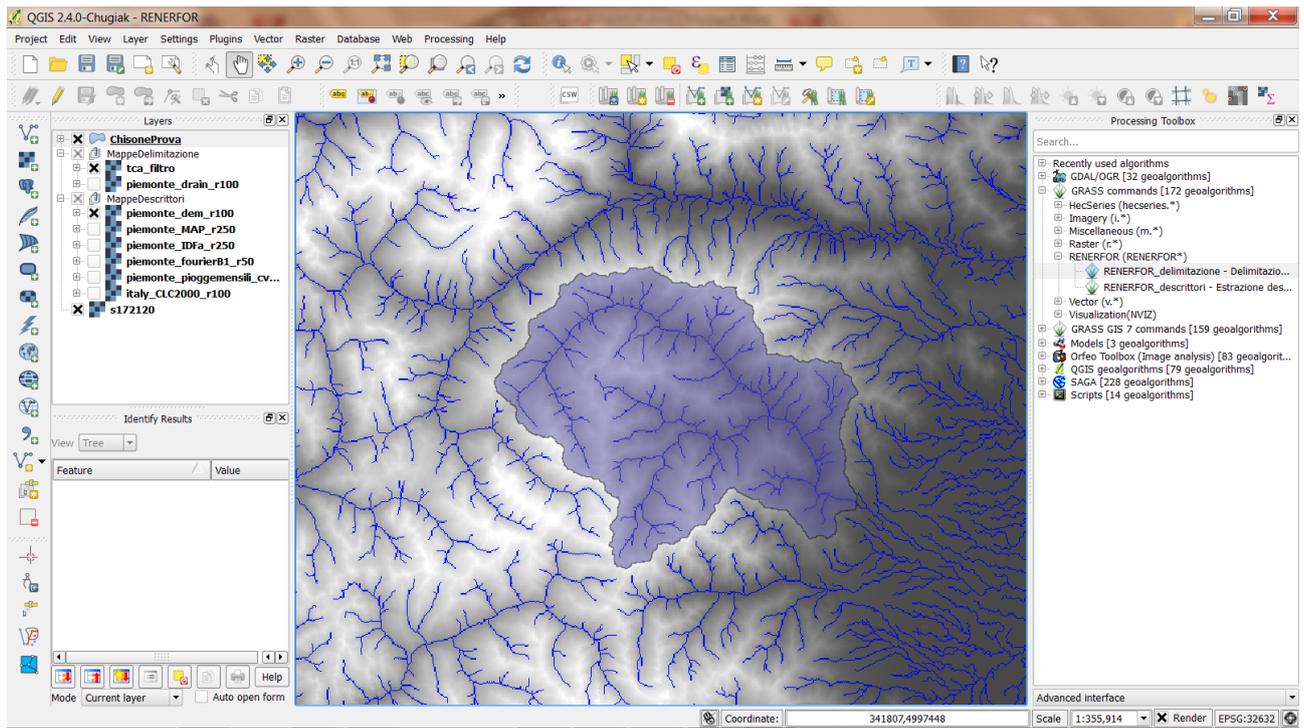
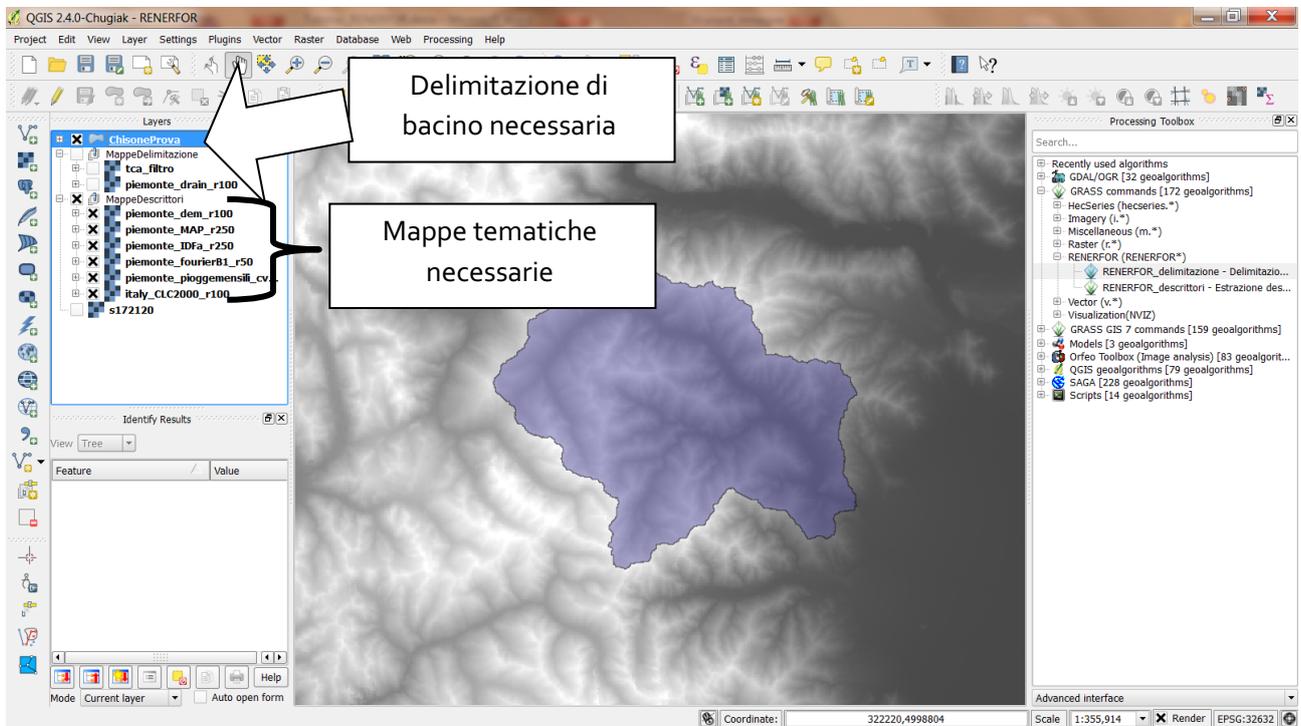


Figura 11 Verifica della delimitazione ottenuta.

4. Estrazione descrittori

Per effettuare l'estrazione dei descrittori è necessario avere tutte le mappe tematiche necessarie caricate e attive tra i Layers del progetto. È necessario mantenere attiva anche la delimitazione (vettoriale) di bacino.



Selezionare dai tools di GRASS lo script `RENERFOR_descrittori`. Nella finestra di dialogo dello script è necessario selezionare la delimitazione del bacino di interesse e le singole mappe su cui effettuare il calcolo dei descrittori. Le mappe sono rispettivamente: il DEM, la mappa dell'afflusso medio annuo (MAP), la mappa del coefficiente pluviale orario della curva di possibilità pluviometrica (IDFa), la mappa di un parametro di stagionalità del regime delle piogge (`fourier_B1`), la mappa della variabilità dei regimi mensili di pioggia (`rp-cv`) e la mappa di uso del suolo derivata dalla classificazione CORINE (CLC2000). Queste mappe sono state utilizzate nella calibrazione del modello sviluppato nel progetto RENERFOR.

È infine possibile selezionare nei Risultati in output un file di testo (non è necessario inserire l'estensione che sarà automaticamente definita come `.txt`) nel quale saranno salvati i valori dei descrittori di bacino calcolati. Nel caso non sia selezionato nessun file di output, i risultati verranno riportati soltanto a video. L'opzione GRASS `region extent` (prevista di default quando si eseguono comandi GRASS per mezzo di Qgis) può essere trascurata in quanto non necessaria nello svolgimento della procedura.

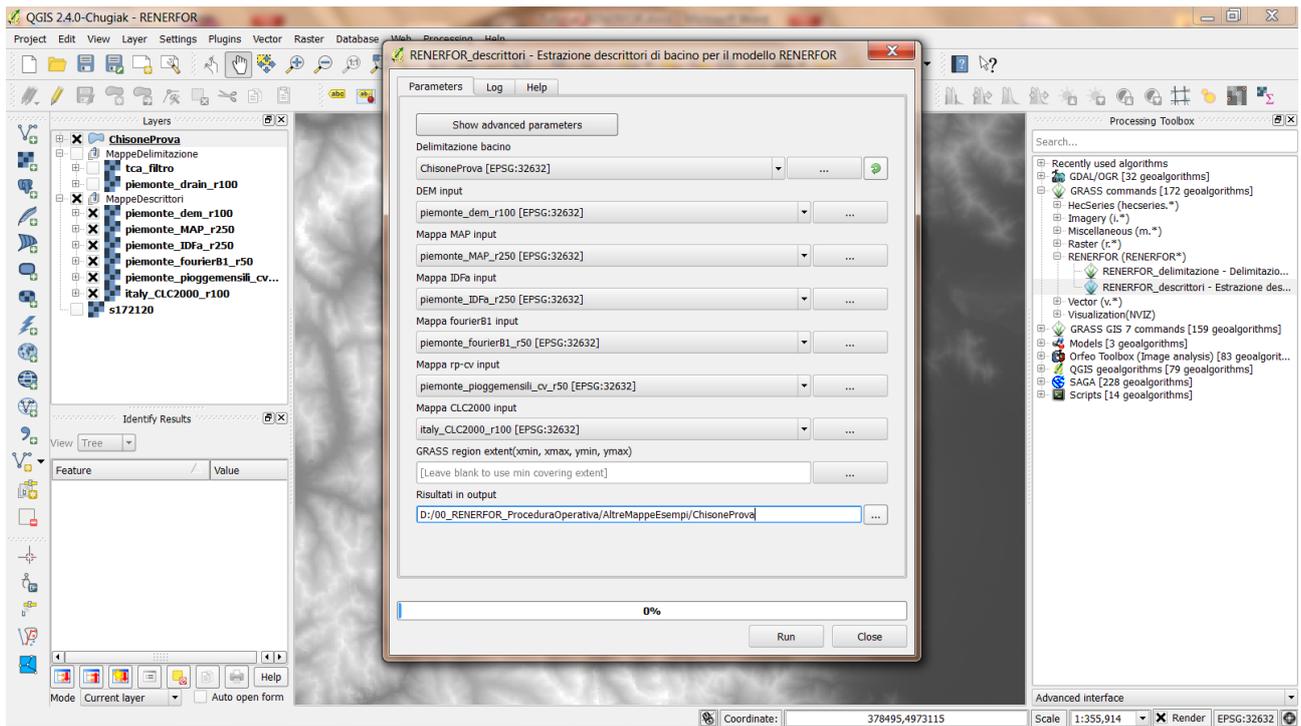


Figura 12 Finestra di dialogo dello script per l'estrazione dei descrittori di bacino.

I risultati ottenuti vengono riportati a video nella schermata `Log` della finestra di dialogo. Se precedentemente selezionato, i risultati sono anche riversati in un file di testo composto da due colonne separate da tabulazione.

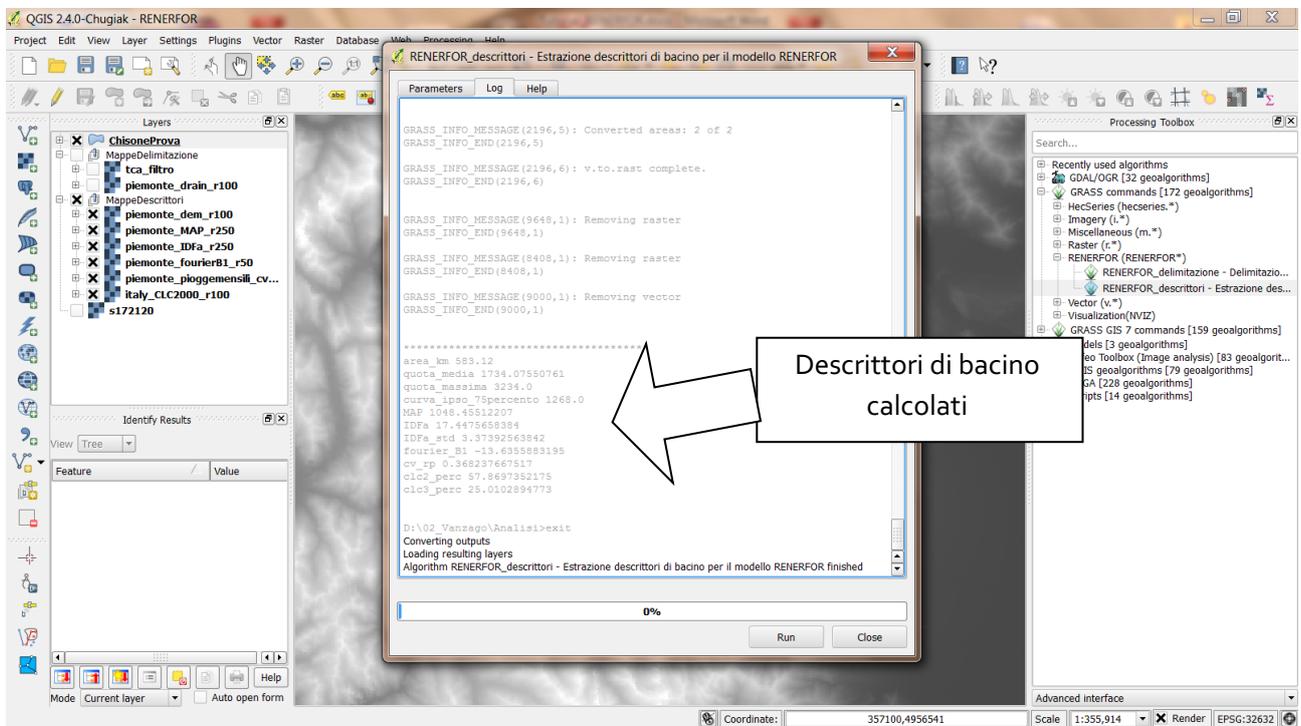
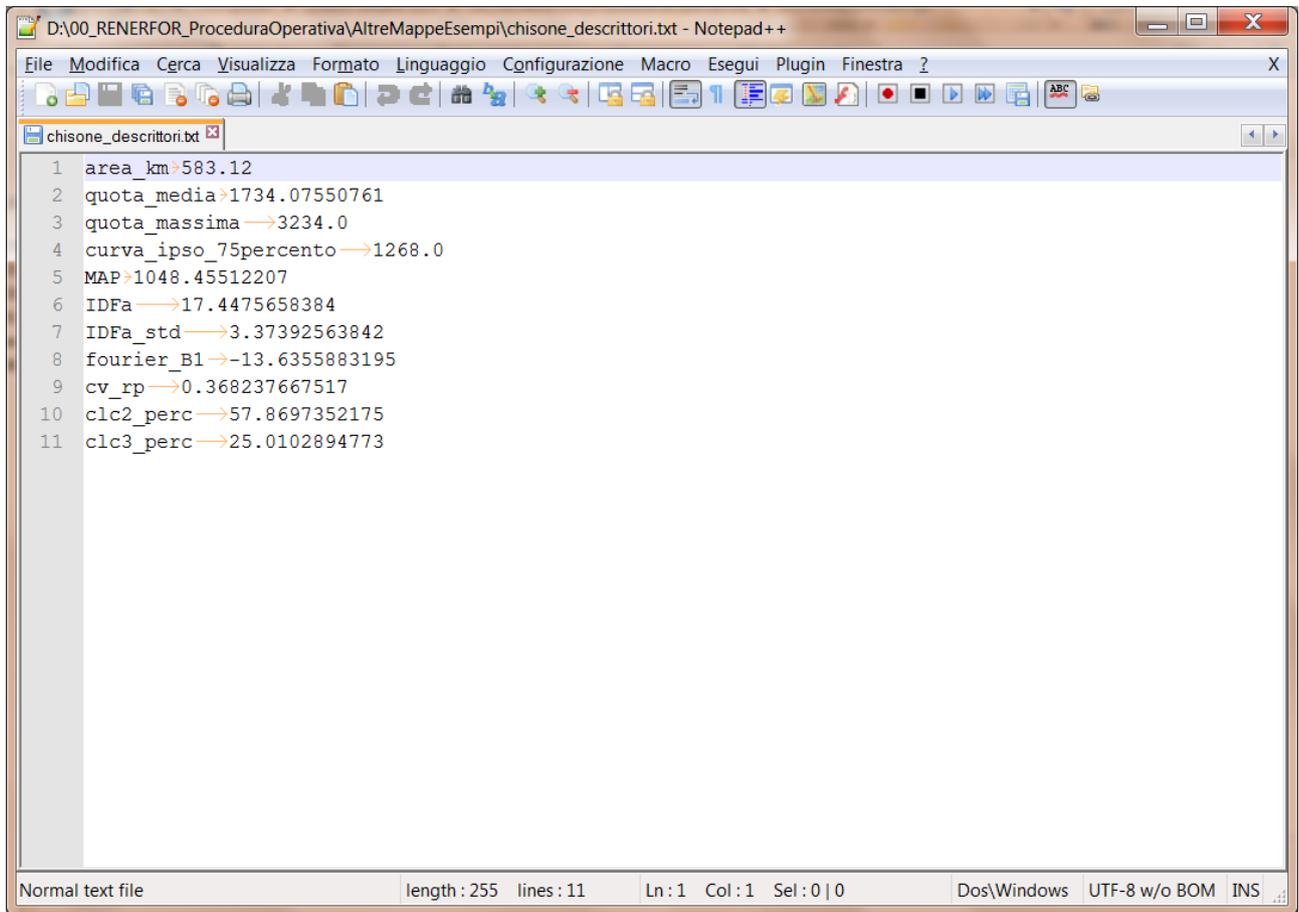


Figura 13 Descrittori calcolati per il bacino selezionato.



The image shows a Notepad++ window with the following content:

```
D:\00_RENERFOR_ProceduraOperativa\AltreMappeEsempi\chisone_descrittori.txt - Notepad++
File Modifica Cerca Visualizza Formato Linguaggio Configurazione Macro Esegui Plugin Finestra ?
chisone_descrittori.txt
1 area_km>583.12
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 clc2_perc ->57.8697352175
11 clc3_perc ->25.0102894773
Normal text file length : 255 lines : 11 Ln : 1 Col : 1 Sel : 0 | 0 Dos\Windows UTF-8 w/o BOM INS
```

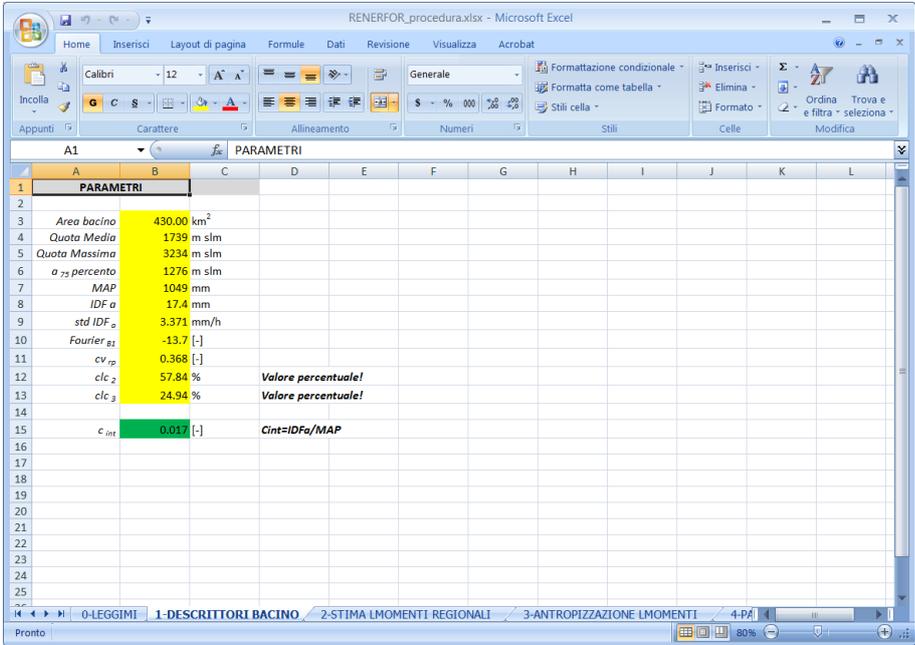
Figura 14 Descrittori salvati nel file di testo

5. Determinazione della curva di durata delle portate naturali

I valori dei descrittori di bacino ricavati dalle analisi GIS vengono ora utilizzati per calcolare la curva di durata delle portate per mezzo dei suoi L-momenti. Gli L-momenti stimati con il metodo regionale possono essere eventualmente modificati per tenere conto delle alterazioni sulle portate dovute a prelievi/restituzioni non compensati all'interno del bacino analizzato.

L'intera procedura per il calcolo della curva di durata delle portate è stata implementata in un foglio di calcolo Excel, divisa in passi successivi riportati su diverse schede. I passi da seguire sono:

- scheda 1-DESCRITTORI BACINO: occorre inserire manualmente i valori dei descrittori di bacino ottenuti dalle analisi GIS all'interno delle celle evidenziate in giallo. Il valore del parametro c_{int} sarà invece calcolato automaticamente.



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	PARAMETRI											
2												
3	Area bacino	430.00	km ²									
4	Quota Media	1739	m s.l.m.									
5	Quota Massima	3234	m s.l.m.									
6	a_{25} percento	1276	m s.l.m.									
7	MAP	1049	mm									
8	IDF a	17.4	mm									
9	std IDF a	3.371	mm/h									
10	Fourier a_1	-13.7	[-]									
11	cv_{IP}	0.368	[-]									
12	clc_2	57.84	%									
13	clc_3	24.94	%									
14												
15	c_{int}	0.017	[-]									
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												

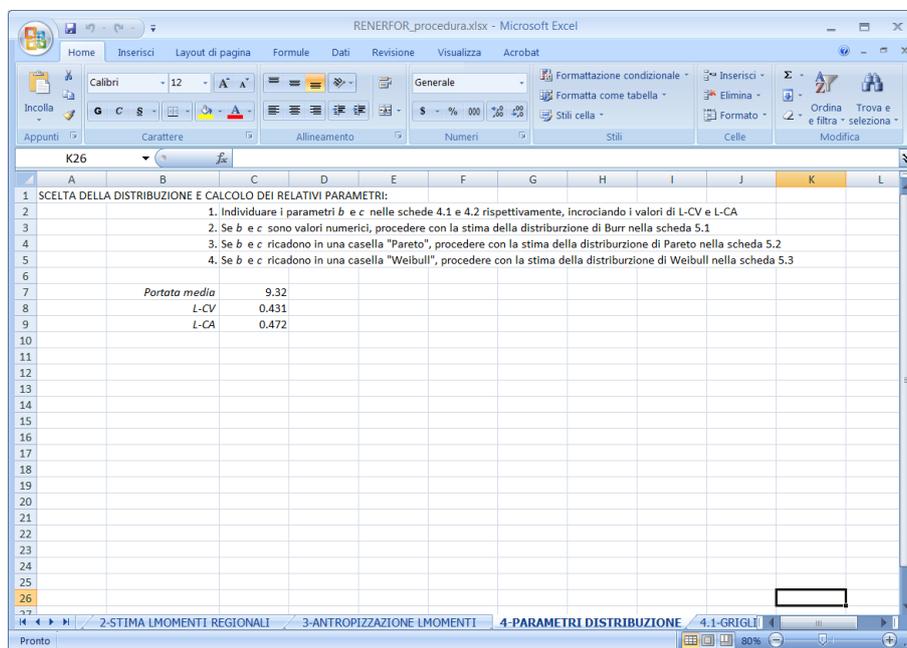
- scheda 2-STIMA L-MOMENTI REGIONALI: i valori del deflusso medio annuo (in mm), della portata media annua (in m³/s), di L-CV e L-CA vengono calcolati automaticamente sulla base delle relazioni regionali sviluppate nell'ambito del progetto RENERFOR.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	MEDIA										
2	Deflusso Y	683.65	mm								
3	Area bacino	430.00	km ²								
4	Portata Media	9.3	m ³ /s								
5											
6	L-CV										
7	Lcv	0.43									
8											
9	L-CA										
10	Lca	0.47									
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											

- scheda 3-ANTROPIZZAZIONE L-MOMENTI: in questa scheda si inserisce l'eventuale scompensazione ΔQ in m³/s nella casella gialla, che agisce alterando gli L-momenti secondo il modello di correzione riportato nel rapporto tecnico del progetto RENERFOR. Per la presente applicazione il valore rimane impostato pari a zero; nei paragrafi seguenti sono fornite indicazioni su come tener conto delle prese non compensate eventualmente presenti all'interno del bacino.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	SCOMPENSO											
1	SCOMPENSO											
2	ΔQ	0	m ³ /s									
3	z	0.0000										
4												
5												
6	L2	0.5000										
7	L3	0.1667										
8												
9	MEDIA											
10	Portata Media Antropizzata	9.33	m ³ /s									
11	fattore di correzione	1.0000										
12												
13	L-CV											
14	L-CV Antropizzata	0.433										
15	fattore di correzione	1.0000										
16												
17	L-CA											
18	L-CA Antropizzata	0.473										
19	fattore di correzione	1.0000										
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												

- scheda 4-PARAMETRI DISTRIBUZIONE: scheda informativa che sintetizza i passi successivi da eseguire e riporta gli L-momenti da utilizzare per la scelta della forma funzionale (distribuzione di probabilità) che rappresenterà la curva di durata delle portate.



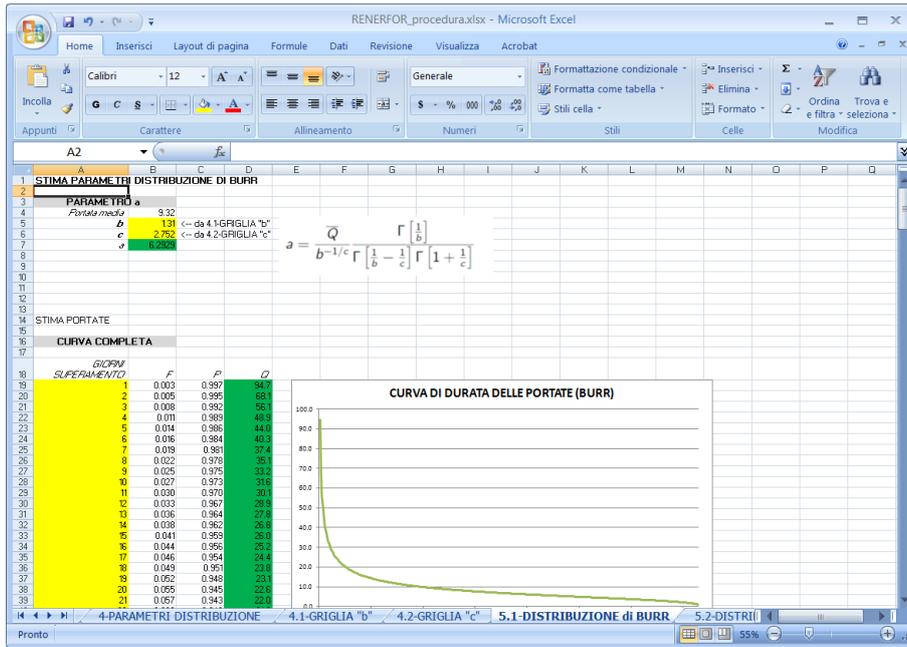
- scheda 4.1-GRIGLIA "b": è necessario identificare manualmente la riga corrispondente al valore di L-CV riportato nella scheda 4-PARAMETRI DISTRIBUZIONE e la colonna corrispondente al valore di L-CA (arrotondare i valori di L-CV e L-CA se necessario).
Identificare il valore all'interno della tabella corrispondente alla coppia di L-CV e L-CA considerati; possono verificarsi 3 condizioni:
 - la cella contiene un numero che corrisponde al parametro "b" della distribuzione di Burr: annotare il valore ottenuto e proseguire direttamente alla scheda 4.1-GRIGLIA "c"
 - la cella contiene la scritta "Weibull": proseguire direttamente alla scheda 5.2-DISTRIBUZIONE di Weibull
 - la cella contiene la scritta "Pareto": proseguire direttamente alla scheda 5.3-DISTRIBUZIONE di Pareto

	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
1													
2	LCA-->												
3	LCV	0.4	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.5	0.51
28		0.26	2.37	2.534	2.716	2.919	3.15	3.415	3.723	4.089	4.534	5.091	5.82
29		0.27	2.229	2.38	2.546	2.731	2.938	3.174	3.446	3.764	4.143	4.608	5.195
30		0.28	2.098	2.237	2.39	2.559	2.747	2.959	3.201	3.48	3.809	4.203	4.689
31		0.29	1.976	2.105	2.246	2.401	2.573	2.765	2.982	3.23	3.517	3.857	4.268
32		0.3	1.861	1.982	2.112	2.255	2.413	2.588	2.784	3.006	3.261	3.558	3.91
33		0.31	1.754	1.866	1.988	2.121	2.266	2.426	2.604	2.804	3.032	3.294	3.601
34		0.32	1.653	1.758	1.872	1.995	2.129	2.277	2.44	2.621	2.826	3.06	3.33
35		0.33	1.557	1.656	1.763	1.878	2.003	2.139	2.289	2.455	2.64	2.85	3.09
36		0.34	1.466	1.56	1.66	1.768	1.884	2.011	2.149	2.301	2.47	2.66	2.876
37		0.35	1.38	1.468	1.563	1.664	1.773	1.891	2.019	2.16	2.315	2.488	2.682
38		0.36	1.297	1.382	1.471	1.566	1.669	1.779	1.898	2.028	2.171	2.329	2.506
39		0.37	1.218	1.299	1.384	1.474	1.57	1.674	1.785	1.906	2.038	2.184	2.345
40		0.38	1.143	1.219	1.3	1.386	1.477	1.574	1.679	1.792	1.914	2.049	2.197
41		0.39	1.07	1.143	1.221	1.302	1.388	1.48	1.578	1.684	1.799	1.923	2.06
42		0.4	1	1.07	1.144	1.222	1.304	1.391	1.484	1.583	1.69	1.808	1.933
43		0.41	0.9322	1	1.071	1.145	1.223	1.306	1.394	1.487	1.588	1.696	1.814
44		0.42	0.8664	0.9319	1	1.071	1.146	1.225	1.308	1.396	1.491	1.593	1.703
45		0.43	0.8023	0.8657	0.9315	1	1.072	1.147	1.226	1.31	1.4	1.495	1.598
46		0.44	0.7397	0.8014	0.8651	0.9311	1	1.072	1.148	1.228	1.313	1.403	1.5
47		0.45	0.6784	0.7385	0.8004	0.8643	0.9308	1	1.073	1.149	1.229	1.315	1.406
48		0.46	0.618	0.6768	0.7372	0.7993	0.8636	0.9303	1	1.073	1.15	1.231	1.318
49		0.47	0.5584	0.6161	0.6752	0.7357	0.7982	0.8628	0.9299	1	1.074	1.151	1.233
50		0.48	0.4991	0.5561	0.6141	0.6734	0.7342	0.797	0.8619	0.9294	1	1.074	1.152

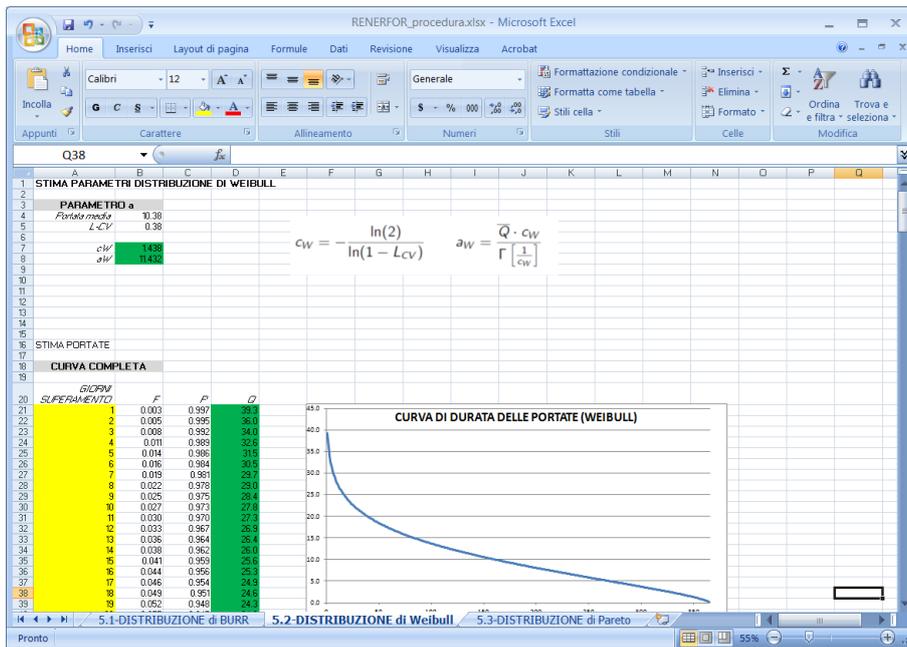
- scheda 4.2-GRIGLIA "c": analogamente a quanto effettuato nella scheda 4.1-GRIGLIA "b", identificare il valore della cella corrispondente ai valori di L-CV e L-CA considerati. La cella contiene il valore del parametro "c" della distribuzione di Burr; annotare il valore ottenuto e proseguire direttamente alla scheda 5.1-DISTRIBUZIONE di BURR.

	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB
1													
2	LCA-->												
3	LCV	0.37	0.38	0.39	0.4	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48
29		0.27	5.348	5.588	5.851	6.14	6.459	6.814	7.213	7.665	8.182	8.782	9.489
30		0.28	4.964	5.182	5.418	5.677	5.962	6.277	6.629	7.025	7.474	7.99	8.591
31		0.29	4.617	4.814	5.028	5.261	5.517	5.798	6.111	6.46	6.853	7.301	7.81
32		0.3	4.301	4.48	4.675	4.885	5.116	5.368	5.647	5.957	6.304	6.696	7.144
33		0.31	4.012	4.176	4.353	4.545	4.753	4.981	5.231	5.508	5.816	6.161	6.553
34		0.32	3.747	3.898	4.06	4.234	4.424	4.63	4.856	5.104	5.379	5.686	6.031
35		0.33	3.504	3.643	3.791	3.951	4.124	4.311	4.515	4.739	4.986	5.26	5.566
36		0.34	3.28	3.408	3.545	3.691	3.849	4.02	4.206	4.408	4.631	4.876	5.15
37		0.35	3.073	3.191	3.317	3.452	3.597	3.754	3.933	4.107	4.309	4.53	4.775
38		0.36	2.881	2.991	3.107	3.232	3.366	3.509	3.664	3.832	4.015	4.216	4.436
39		0.37	2.703	2.805	2.913	3.028	3.152	3.284	3.426	3.58	3.747	3.929	4.129
40		0.38	2.537	2.632	2.732	2.839	2.953	3.076	3.207	3.348	3.501	3.667	3.848
41		0.39	2.381	2.47	2.564	2.664	2.77	2.883	3.004	3.134	3.274	3.426	3.592
42		0.4	2.236	2.319	2.407	2.5	2.599	2.704	2.816	2.936	3.065	3.205	3.356
43		0.41	2.1	2.178	2.26	2.347	2.439	2.537	2.641	2.752	2.871	3	3.139
44		0.42	1.972	2.046	2.123	2.204	2.29	2.381	2.478	2.581	2.692	2.81	2.938
45		0.43	1.852	1.921	1.993	2.07	2.15	2.235	2.326	2.422	2.524	2.634	2.752
46		0.44	1.738	1.803	1.872	1.943	2.019	2.099	2.183	2.273	2.368	2.47	2.58
47		0.45	1.63	1.692	1.757	1.826	1.895	1.97	2.049	2.133	2.222	2.317	2.419
48		0.46	1.528	1.587	1.648	1.712	1.779	1.849	1.924	2.002	2.085	2.174	2.269
49		0.47	1.431	1.487	1.545	1.605	1.668	1.735	1.805	1.879	1.957	2.04	2.128
50		0.48	1.339	1.392	1.447	1.505	1.565	1.627	1.693	1.763	1.836	1.913	1.996
51		0.49	1.25	1.301	1.354	1.409	1.466	1.525	1.587	1.653	1.722	1.795	1.872

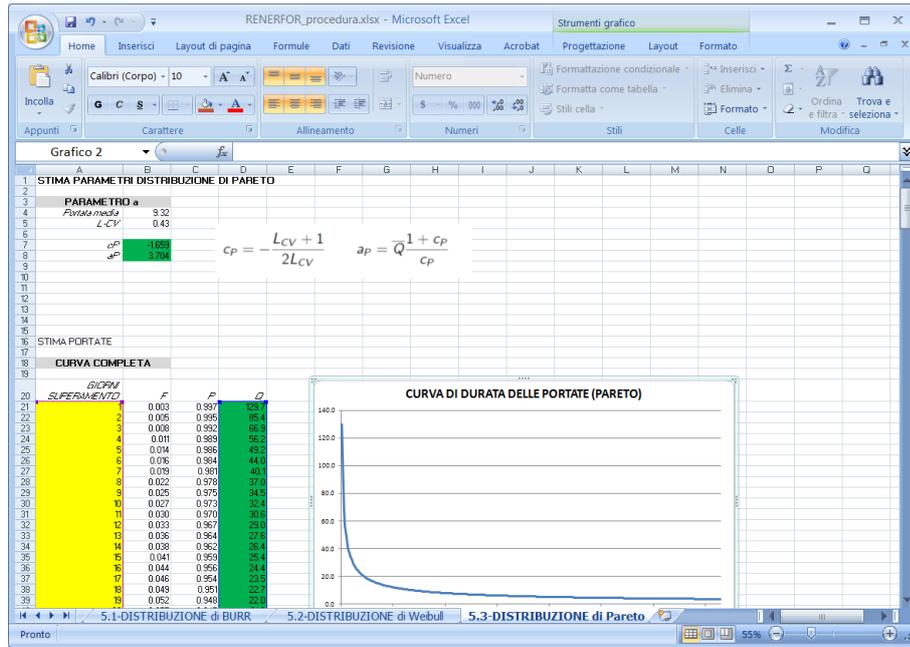
- scheda 5.1-DISTRIBUZIONE di BURR: è necessario inserire i valori dei parametri "b" e "c" ottenuti dalle schede 4.1-GRIGLIA "b" e 4.2-GRIGLIA "c" nelle celle gialle. La curva di durata viene calcolata automaticamente utilizzando la distribuzione di Burr per diversi valori di durata.



- scheda 5.2-DISTRIBUZIONE di Weibull: la curva di durata viene calcolata automaticamente utilizzando la distribuzione di Weibull per diversi valori di durata (non è necessario inserire alcun parametro manualmente).



- scheda 5.3-DISTRIBUZIONE di Pareto: la curva di durata viene calcolata automaticamente utilizzando la distribuzione di Pareto per diversi valori di durata (non è necessario inserire alcun parametro manualmente).

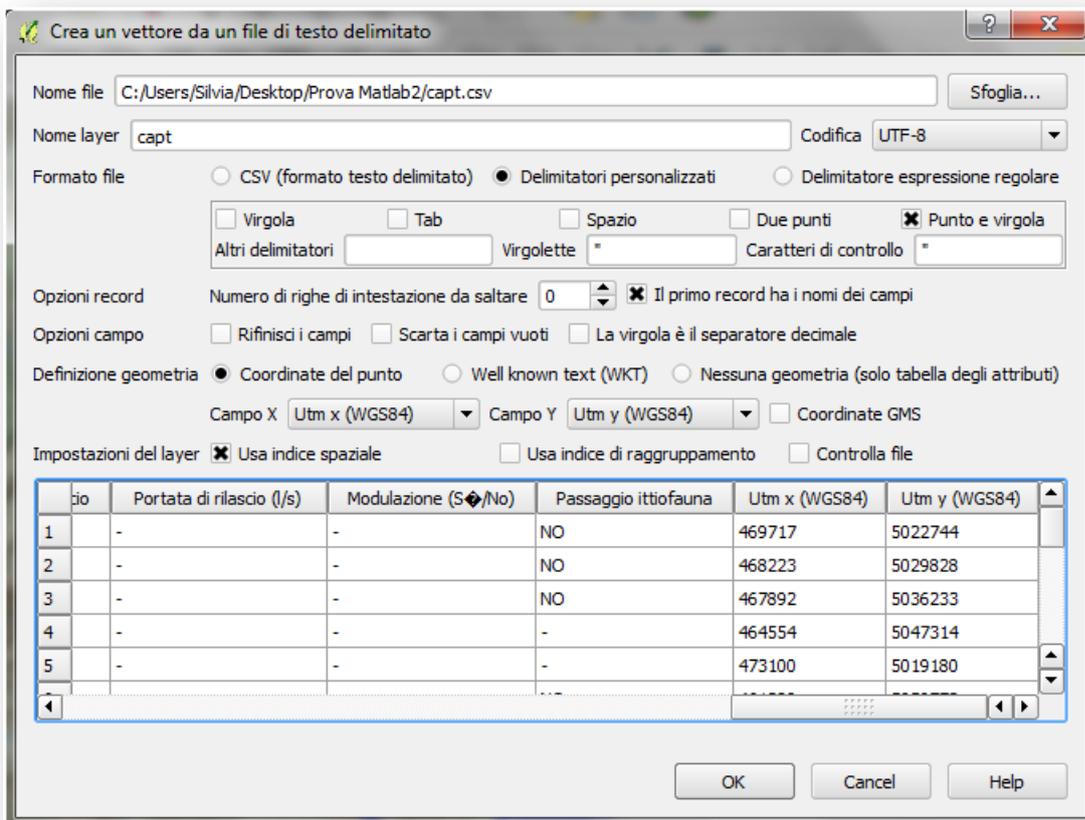


6. Quantificazione degli effetti antropici

Quanto descritto nel paragrafo precedente si riferisce alla valutazione della curva di durata in condizioni "naturali", cioè senza la presenza di prelievi a monte della sezione di chiusura. È tuttavia importante verificare la presenza di eventuali captazioni all'interno del bacino e, in particolar modo, delle captazioni il cui prelievo viene restituito fuori dal bacino di interesse (a valle della sezione di chiusura oppure in un altro corso d'acqua). In questo caso si è di fronte a un prelievo non compensato che deve essere considerato per valutare l'effettiva disponibilità idrica nella sezione.

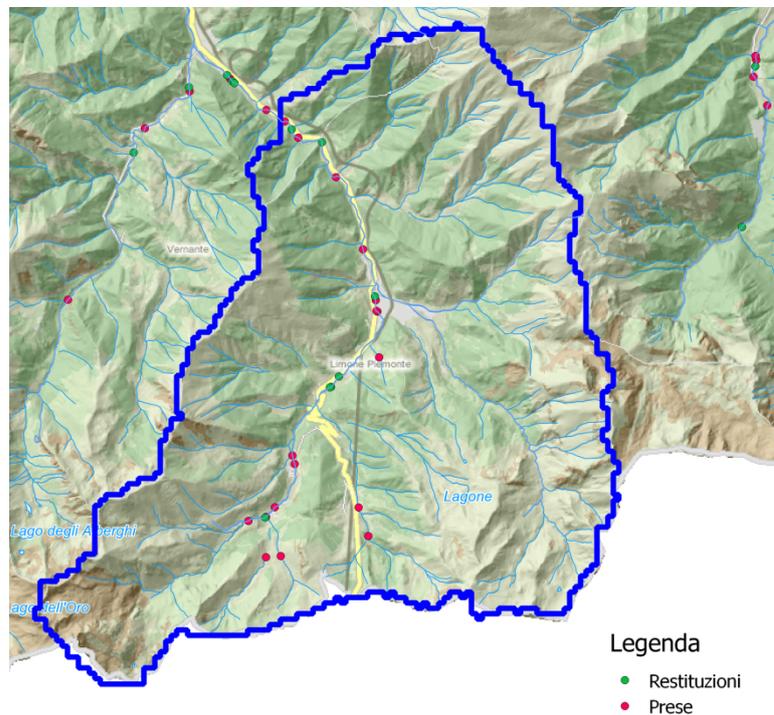
Il primo passo da eseguire è la determinazione del grado di alterazione del bacino dovuto alle captazioni già esistenti; a tal fine si procede al conteggio dei punti di presa e restituzione ricadenti all'interno del bacino. Quando la restituzione della risorsa avviene a monte della sezione di interesse, la presa si definisce compensata, in caso contrario essa genera uno scempenso idrico che diminuisce la portata disponibile in alveo. Per identificare le derivazioni interne al bacino è preferibile utilizzare un software GIS. Di seguito vengono riportate le istruzioni basilari per effettuare l'operazione mediante Qgis:

- Scaricare i dati dei prelievi da acque superficiali dal SIRI. Salvare i dati in formato **.csv** e caricarli in Qgis con *Layer* → *Aggiungi vettore* → *Aggiungi layer testo delimitato*

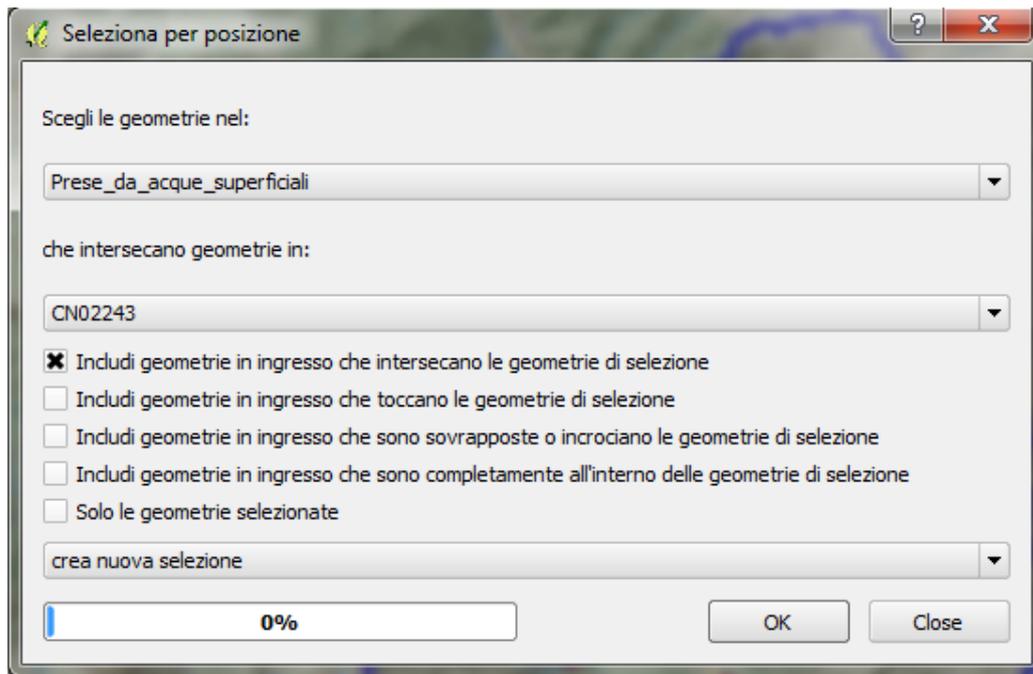


Assicurarsi che per il nuovo layer venga utilizzato il sistema di riferimento del progetto, cliccando sul layer *Proprietà* → *Generale*

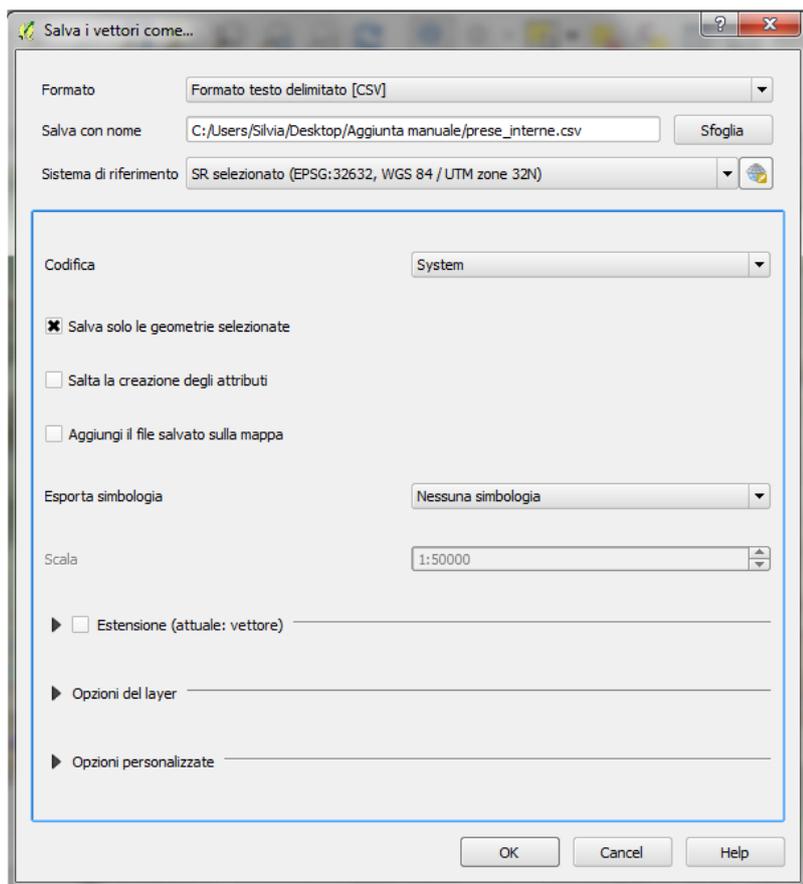
A questo punto è possibile visualizzare i punti di prelievo insieme alla delimitazione del bacino effettuata in precedenza, al fine di effettuare una prima ricognizione visiva della situazione.



- Selezionare le prese che ricadono all'interno del bacino di interesse
Vettore → *Strumenti di ricerca* → *Seleziona per posizione*
Caricando nel primo campo il vettoriale dei punti di presa e nel secondo campo il vettoriale del bacino.



- Salvare i record dei punti così selezionati come un nuovo file **.csv**
Layer → *Salva con nome*
Scegliere come formato "*Formato testo delimitato [CSV]*" e selezionare ***Salva solo geometrie selezionate***



- Ripetere la stessa procedura per il database delle restituzioni.

A questo punto è necessario aprire i due file contenenti le prese e le restituzioni presenti all'interno del bacino, ad esempio con un foglio di calcolo. Confrontando i codici delle captazioni e delle restituzioni si identificano le derivazioni che vengono compensate all'interno del bacino e che possono essere trascurate nella valutazione degli effetti antropici.

Le captazioni e, anche se più rare, le restituzioni che invece risultano non compensate vengono considerate per il calcolo della curva di durata delle portate corretta (cioè quella che rappresenta la disponibilità effettiva al netto dei prelievi a monte). Si noti che è molto importante verificare se le prese non compensate risultano essere dei prelievi annuali (es. centrali idroelettriche) o stagionali (es. prese irrigue).

7. Correzione della curva di durata

In caso di bacini che presentano prelievi non compensati è necessario quantificare la risorsa idrica non più disponibile nella sezione di interesse. Questa operazione può essere condotta in via semplificata ma robusta considerando le portate medie annue derivate e restituite da tutti i prelievi presenti nel bacino (identificati mediante le indicazioni riportate nel capitolo 5). Il bilancio delle prese e restituzioni produrrà, in caso di bacino non compensato, un valore di portata media annua non più disponibile. In alcuni casi più rari, quando ad esempio sono presenti restituzioni provenienti da altri bacini, è possibile avere invece una disponibilità maggiore di quella naturale.

Considerazioni sui prelievi annuali

Se lo scompenso (in termini di portata media annua) deriva da utilizzazioni continue, che possono considerarsi operative durante tutto il periodo annuale, allora è possibile procedere nel seguente modo:

- Il valore di portata media annua naturale ottenuto dalla scheda 2 del foglio di calcolo (vedere capitolo 4) viene ridotto di una quantità pari allo scompenso. Qualora lo scompenso fosse di segno positivo (cioè quando sono presenti più restituzioni che prelievi) il valore medio deve essere corretto al rialzo.
- Il nuovo valore medio così ottenuto, assieme ai valori di L-CV e L-CA già presenti vengono utilizzati per stimare i parametri della distribuzione in forma analitica (curva di Burr) seguendo i passaggi riportati nel capitolo 4 a partire dalla scheda 4.
- La nuova curva rappresenta la disponibilità effettiva e può essere utilizzata per tutte le valutazioni del caso.

Considerazioni sui prelievi stagionali

Nei casi in cui i prelievi siano di tipo stagionale, la correzione per valutare le portate effettivamente disponibili diventa più complessa e richiede delle ipotesi di lavoro. Infatti, la curva di durata delle portate non consente di valutare il regime (andamento cronologico) dei deflussi. La presa in conto delle alterazioni di tipo stagionale risulta perciò problematica, essendo queste distribuite su diversi periodi dell'anno per un numero limitato di mesi, che possono essere non continui sulla curva di durata. Si è scelto quindi di definire il volume totale prelevato dalle derivazioni stagionali non compensate V_{stag}

$$V_{stag} = \sum_i q_{media} \cdot periodo\ prelievo$$

e di seguire due possibili scenari di correzione, basati su diverse ipotesi di prelievo:

- 1) Ipotesi "prelievo estivo": Osservando che la maggior parte delle derivazioni è attiva nel periodo che va da aprile a settembre, si sceglie di distribuire il volume prelevato su un periodo di tempo pari a 6 mesi. L'ipotesi più gravosa risulta essere quella collegata ad un regime di tipo appenninico (Figura 15), con portate di magra nel periodo estivo, coincidente col periodo di prelievo.

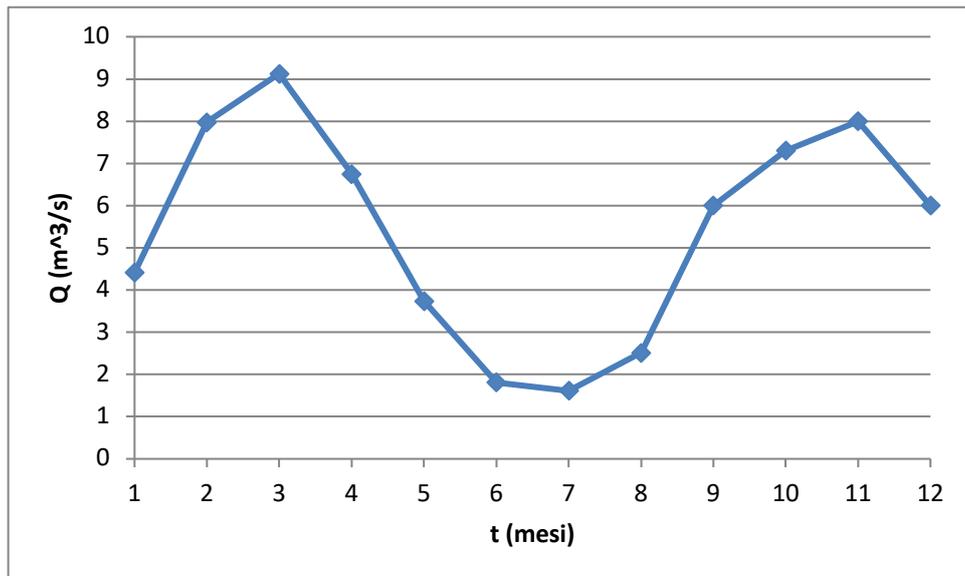


Figura 15 Tipico regime appenninico con minimo estivo

Operativamente, questo significa andare a ridurre la "coda" delle basse portate della curva di durata, per una durata pari a sei mesi (dal giorno 182 al giorno 365). Detto V_{estivo} il volume presente nel corpo idrico senza la presa in conto delle alterazioni stagionali

$$V_{estivo} = \int_{182}^{365} q(t) dt$$

La riduzione del volume è pari a

$$riduzione \% = \frac{V_{stag}}{V_{estivo}}$$

La portata dal 182-esimo giorno risulta quindi pari a

$$q_{alt}(t) = q(t) \cdot (1 - riduzione\%) \quad \text{con } t = 182, \dots, 365$$

Un esempio di correzione stagionale applicato solo alla coda della curva di durata è riportato nella Figura 16.

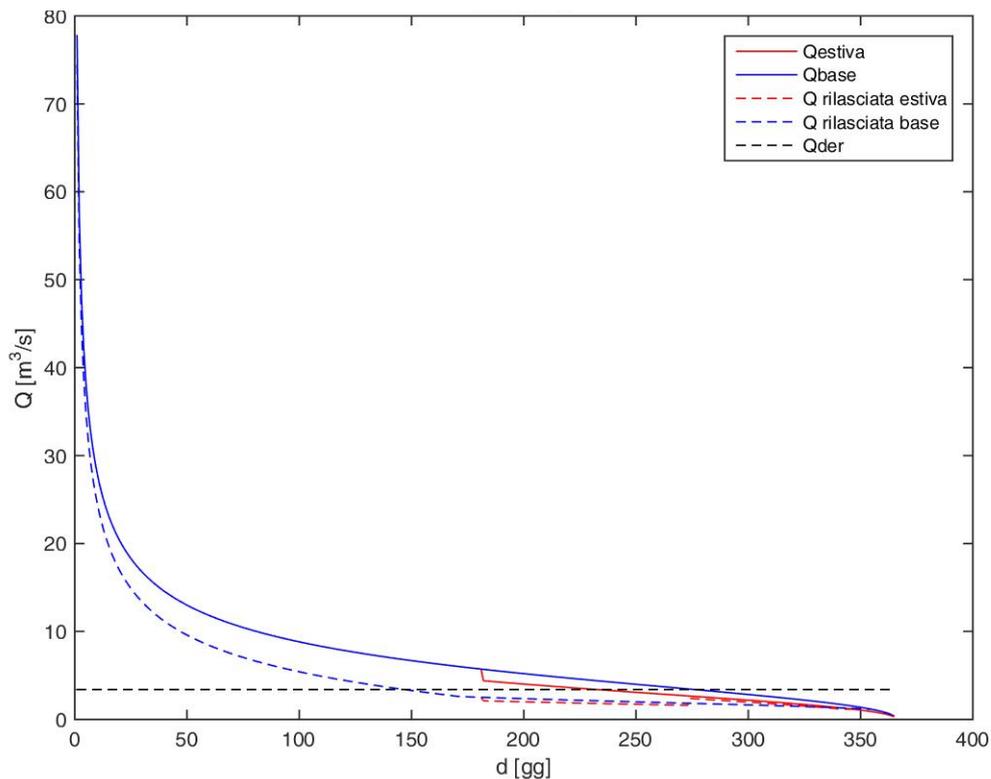


Figura 16 Esempio di correzione stagionale applicata sulla coda della curva di durata

- 2) Ipotesi "prelievo distribuito": Nella seconda ipotesi il volume totale di scompensamento stagionale viene distribuito durante tutto l'anno. Similmente a come già svolto per le alterazioni costanti durante l'anno, si calcola una portata media correttiva

$$\Delta \bar{q}_{corr} = \frac{V_{stag}}{365 \text{ gg}}$$

che viene sottratta dalla portata media naturale:

$$\bar{q}_{corretta} = \bar{q}_{naturale} - \Delta \bar{q}_{alt.annuali} - \Delta \bar{q}_{alt.stagionali}$$

La portata media così corretta viene inserita nella procedura assieme ai valori di L-CV e L-CA già presenti al fine di stimare i parametri della distribuzione in forma analitica (curva di Burr) seguendo i passaggi riportati nel capitolo 4 a partire dalla scheda 4. Un esempio è riportato nella Figura 17.

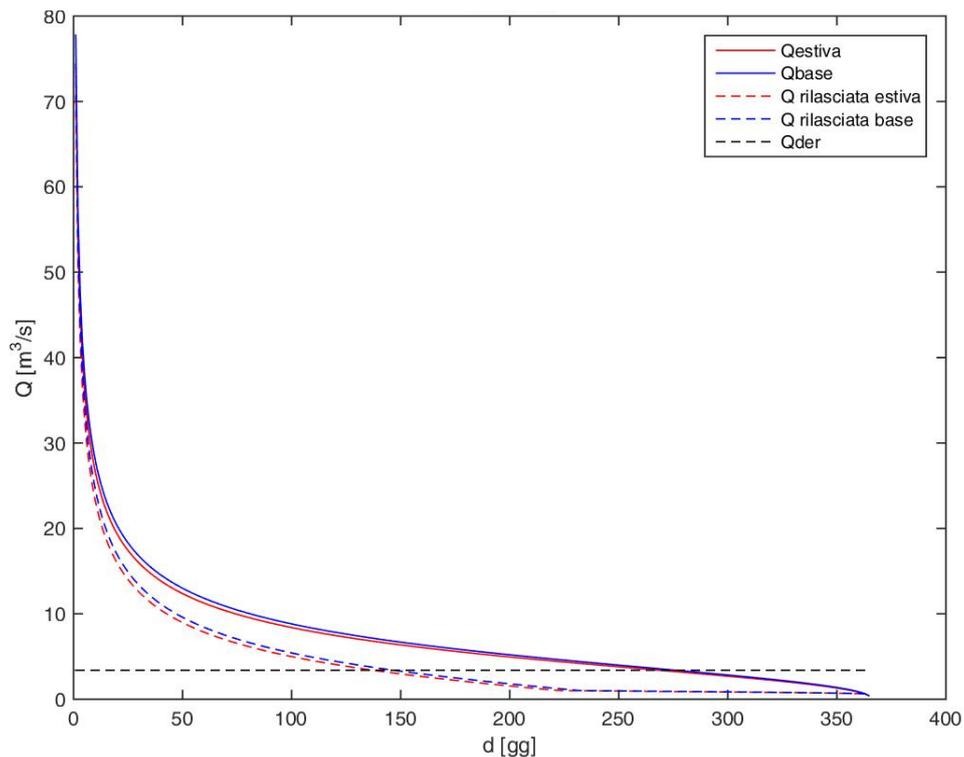


Figura 17 Esempio di correzione stagionale applicata a tutta la curva

In generale si osserva che l'ipotesi di prelievo concentrato nella stagione estiva abbatte le portate più basse; generalmente è la più gravosa dal punto di vista della perdita di producibilità idroelettrica; dove l'impatto stagionale è massiccio, essa non è utilizzabile poiché può determinare valori negativi della curva. L'ipotesi di prelievo distribuito su tutta la curva, invece, abbatte maggiormente le portate medio-alte ed è più gravosa dal punto di vista della perdita di producibilità quando lo scenario di rilascio è molto stringente oppure quando la portata massima derivabile è molto alta.

La scelta di una tipologia di correzione dipende dal caso in esame e non c'è una regola generale per la scelta. È tuttavia importante sottolineare che le correzioni dei prelievi stagionali sono basate su ipotesi molto forti che introducono un ampio margine di incertezza nella valutazione della curva finale. L'applicazione delle correzioni deve quindi essere condotta in maniera critica.

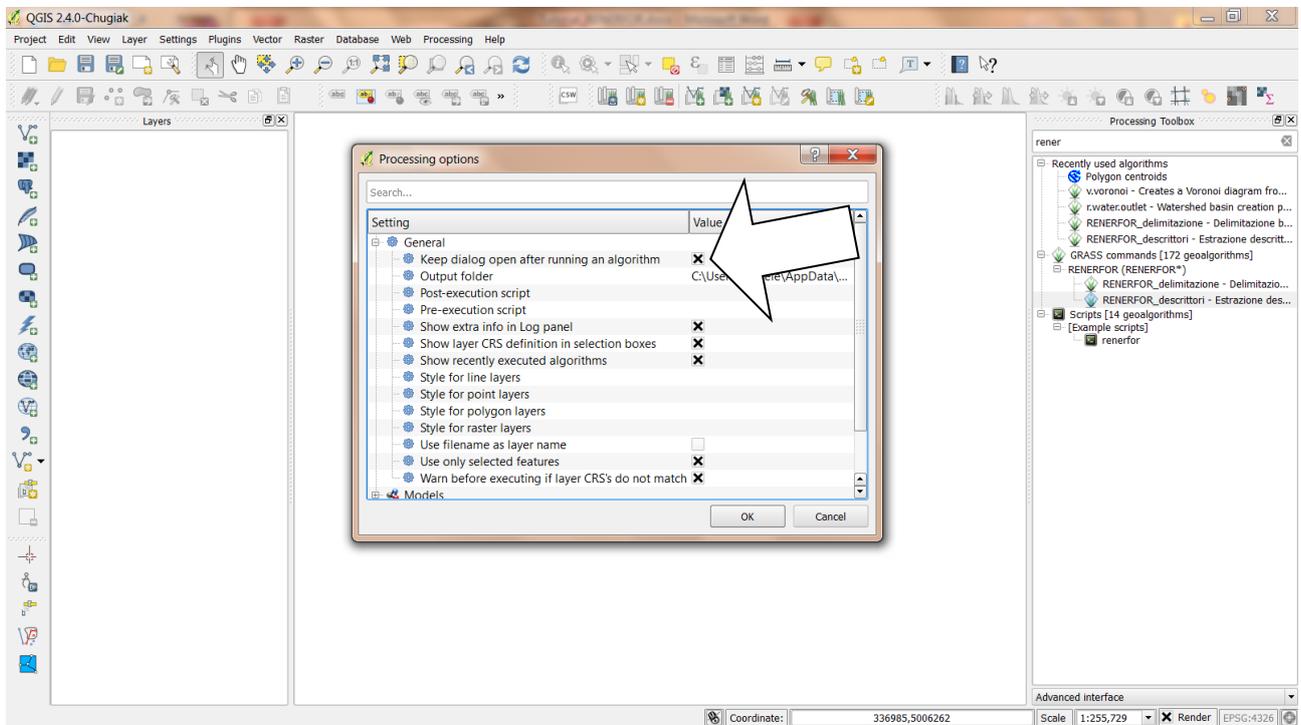
Appendice

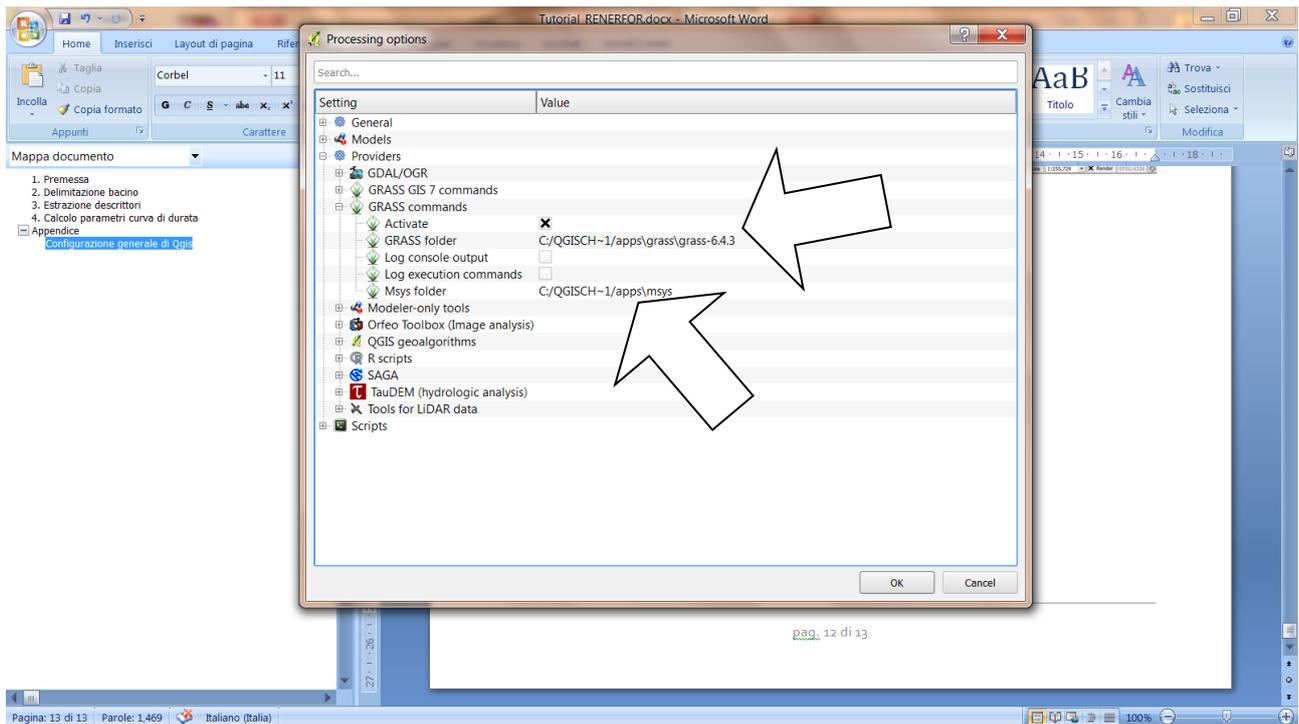
Configurazione generale di Qgis

Il software Qgis può essere scaricato direttamente dal sito <http://qgis.org> e installato nella sua versione Stand-Alone.

Al suo primo avvio è consigliabile effettuare le seguenti configurazioni:

- Dal menu Processing/Options and Configurations nella sezione General, attivare l'opzione Keep dialog open after running an algorithm
- Dal menu Processing/Options and Configurations nella sezione Providers/GRASS commands, verificare che i percorsi GRASS folder e Msys folder siano congruenti con la cartella di installazione di Qgis/GRASS.





Installazione script

A supporto della procedura, vengono forniti due script per aggiungere funzionalità a Qgis (attraverso l'utilizzo del software GRASS, anch'esso installato con Qgis). Ogni script è composto da un file con estensione `.py` e un corrispondente file con estensione `.txt`.

L'installazione di questi script viene effettuata una sola volta; in seguito sarà sufficiente richiamare gli script direttamente dall'ambiente grafico di Qgis. Gli script sono stati verificati sulla versione 2.4 di Qgis, e possono funzionare anche sulle versioni precedenti 2.x. Non funzionano invece sulle versioni 1.x.

È necessario procedere copiando i file contenenti gli script in linguaggio Python (estensione `.py`) nella cartella:

```
C:\PercorsoPerQgis\VersioneQgis\bin
```

dove `PercorsoPerQgis` indica il percorso che contiene la cartella di installazione di Qgis (es. "Program Files") e `VersioneQgis` è la cartella relativa alla versione di Qgis installata (es. "QGIS Chugiak").

Copiare inoltre i file con estensione `.txt` (con lo stesso nome dei file `.py`) nella cartella:

```
C:\PercorsoPerQgis\VersioneQgis\apps\qgis\python\plugins\processing\algs\grass\description
```

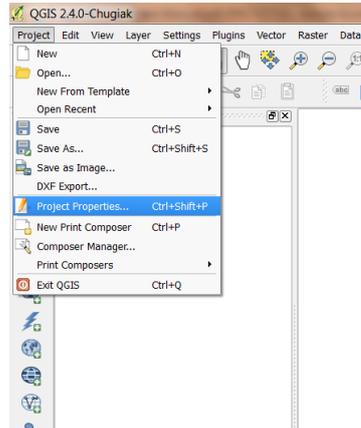
Se si usa Qgis nella versione 2.0 oppure 2.2, il percorso è:

```
C:\PercorsoPerQgis\VersioneQgis\apps\qgis\python\plugins\processing\grass\description
```

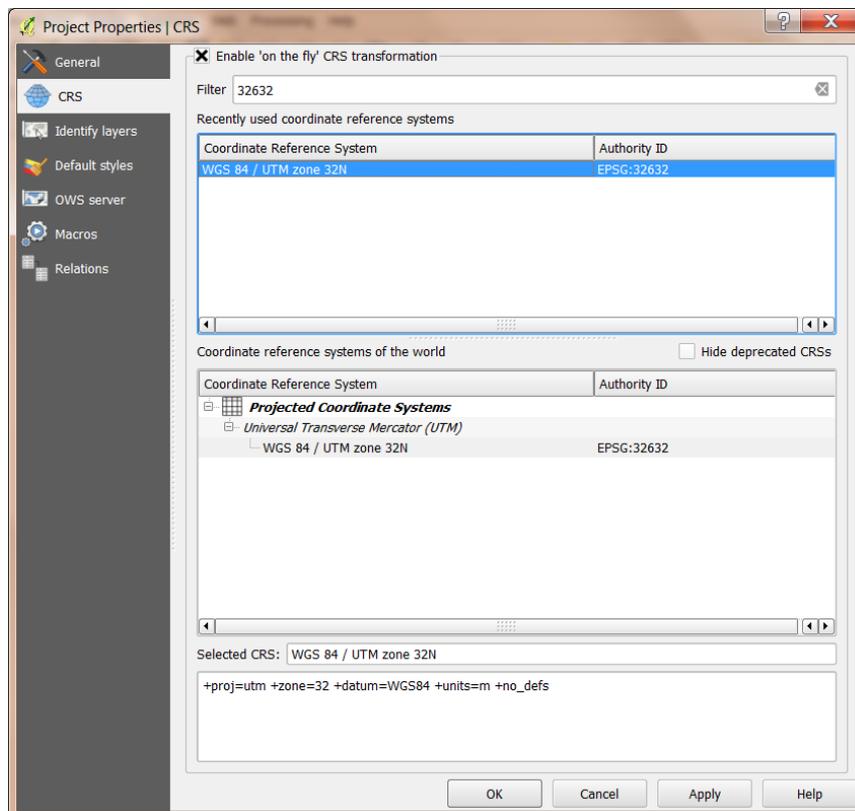
Preparazione progetto Qgis

Con il presente tutorial viene fornito un progetto Qgis già configurato e pronto per l'utilizzo. Tuttavia appare utile riportare i passaggi fondamentali da effettuare qualora ci fosse la necessità di ridefinire il progetto dall'inizio.

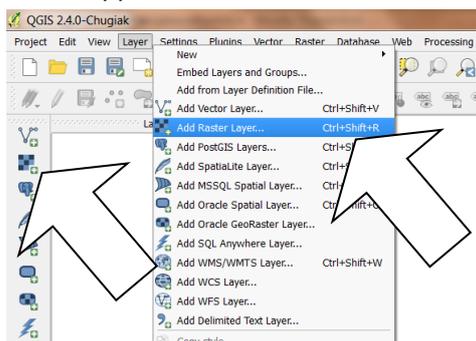
- Aprire Qgis
- Dal menu **Project** selezionare **Project properties**



- Nella sezione **CRS** abilitare la casella di spunta **Enable 'on the fly' CRS transformation**; inserire nel filtro il codice **32632** che corrisponde alla proiezione cartografica **UTM fuso 32 Nord**, sistema di riferimento **WGS 84**; dare l'OK.



- Caricare le mappe necessarie (mappe raster) con il comando Add Raster Layer dal menu Layer oppure tramite l'icona a scacchiera dalla barra laterale.



- Salvare il progetto (verrà creato un file con estensione .qgs) in modo da avere a disposizione le mappe per le successive analisi.
- Le mappe che è necessario caricare nel progetto Qgis sono:
 - Mappe dei descrittori di bacino

italy_CLC2000_r100.tif	mappa della copertura Corine Land Cover
piemonte_dem_r100.tif	DEM piemonte (100m×100m da NASA)
piemonte_fourierB1_r50.tif	mappa parametro regime pluviometrico
piemonte_IDFa_r250.tif	mappa coefficiente pluviale orario
piemonte_MAP_r250.tif	mappa afflusso medio annuo
piemonte_pioggemensili_cv_r50.tif	mappa variabilità regime pluviometrico

Per una definizione dettagliata del contenuto delle mappe fare riferimento ai documenti del progetto RENERFOR.

- Mappe per la delimitazione di bacino:

tca_filtro.tif	mappa della TCA (reticolo idrografico automatico basato sul DEM 100m×100m)
piemonte_drain_r100.tif	mappa delle direzioni di drenaggio (basata sul DEM 100m×100m)