

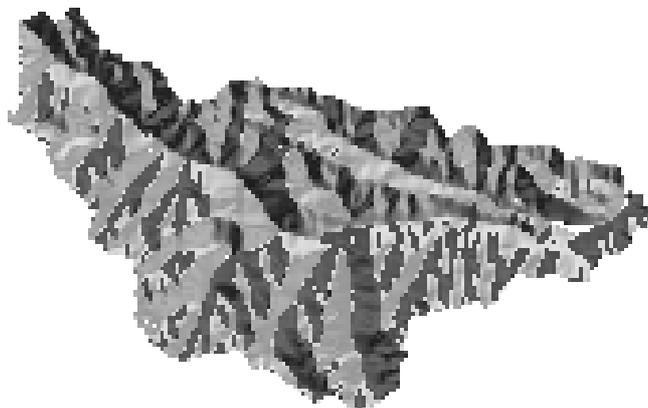
## GUIDA AL CALCOLO DEI DESCRITTORI DI BACINO

La determinazione degli indici morfologici di bacino si può effettuare tramite una procedura di calcolo automatico (*Viglione, 2003*) che consente di elaborare le caratteristiche fisiche e geografiche distribuite nello spazio a partire da un modello digitale del terreno. La citata procedura utilizza il software GRASS, integrato con le librerie "Fluidturtle" (*Rigon et. al., 2002*) e alcune routines disponibili in ambiente "R". Lo script con la procedura è disponibile all'indirizzo '[www.idrologia.polito.it/~alviglio/software/GRASSindex.htm](http://www.idrologia.polito.it/~alviglio/software/GRASSindex.htm)'.

Come modello digitale del terreno si può utilizzare il DEM SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) elaborato dalla NASA nel 2000 e scaricabile all'indirizzo '<http://edc.usgs.gov>'. Tale DEM ha risoluzione pari a 3 archi di secondo, che corrispondono a circa 90 metri sul territorio dell'Italia Nord-Occidentale. La versione utilizzata per il territorio italiano è disponibile all'indirizzo '<http://www.idrologia.polito.it/piene/materiali.html>'.

### Parametri geomorfologici:

- $A$  [km<sup>2</sup>], area del bacino. Viene calcolata moltiplicando l'area di ogni cella per il numero di celle del DEM che costituiscono il bacino.
- $P$  [km], perimetro del bacino. (già calcolato da Daniela)
- $aspect$  [°]. Rappresenta l'angolo di esposizione del bacino rispetto al Nord, calcolato come media dell'angolo di esposizione di tutte le celle comprese nello spartiacque. Per convenzione si assume incremento in senso orario e si attribuisce  $aspect$  0° ai bacini esposti completamente a Nord. Questo comporta che: i bacini esposti a Est hanno  $aspect$  pari a 90°; quelli esposti a Sud di 180°, mentre a Ovest hanno  $aspect$  di 270°.



*Aspect del bacino*

- $C_{comp}$  [-], coefficiente di compattezza. E' il rapporto tra il perimetro del bacino ed il diametro del cerchio avente la stessa area del bacino:

$$C_{comp} = \frac{P}{d_{cerchio\_equiv}} = \frac{P}{2\sqrt{A/\pi}}$$

- $densità\_dren$  [ $km^{-1}$ ], densità di drenaggio. E' il rapporto tra la lunghezza complessiva del reticolo e l'area del bacino.
- $H_{media}$  [m s.l.m.], quota media del bacino. Viene calcolata come media aritmetica delle quote di tutti i pixel appartenenti al bacino.
- $H_{minima}$  [m s.l.m.], quota minima del bacino. Corrisponde alla quota del pixel corrispondente alla sezione di chiusura.
- $H_{massima}$  [m s.l.m.], quota massima del bacino.
- $\Delta H_1$  [m], rappresenta la differenza tra la quota più elevata e quella minima tra dei pixel appartenenti al bacino.
- $\Delta H_2$  [m], indica la differenza tra la quota media e la quota minima del bacino.
- *Curva ipsografica* [m s.l.m.], rappresentata tramite le quote corrispondenti a percentuali di area sovrastante (2.5, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95, 97.5). Tale curva fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche. Ogni punto della curva ipsografica ha come ordinata un valore di quota e come ascissa la percentuale di superficie del bacino posta al di sopra della quota considerata. Avendo a disposizione un DEM, la curva suddetta si ottiene semplicemente come vettore, ordinato in senso decrescente, delle quote dei pixel. Rappresentando tale vettore su un diagramma cartesiano, il n° ordinale è proporzionale all'area sovrastante la data quota e rappresenta l'ascissa.
- $diam\_topol$  [-], diametro topologico. E' il numero di segmenti (link) che formano l'asta principale.
- $F_f$  [-], fattore di forma. Corrisponde al rapporto tra l'area del bacino e il quadrato della lunghezza dell'asta principale.
- $Hmed\_A$  [-], indica il rapporto tra la quota media e la radice dell'area del bacino.

- *LLDP* [km], longest drainage path length. È la lunghezza del percorso tra la sezione di chiusura ed il punto più lontano da essa, seguendo le direzioni di drenaggio. Esso coincide per la maggior parte del suo percorso con l'asta principale, salvo proseguire a monte della sorgente fino a raggiungere lo spartiacque.
- *lun\_asta\_princ* [km], lunghezza dell'asta principale, intesa come la lunghezza della successione più lunga di segmenti che congiungono una sorgente alla sezione di chiusura del bacino.
- *Lunghezza complessiva del reticolo*[km]. È la lunghezza del totale del reticolo idrografico.
- *lungh\_media\_vers* [km], lunghezza media dei versanti. E' la media delle distanze, misurate seguendo le direzioni di drenaggio, di tutti i pixel non appartenenti al reticolo, dal primo pixel del reticolo in cui drenano.
- *lungh\_vett\_orient* [km], lunghezza del vettore orientamento. Rappresenta la lunghezza del segmento che unisce il baricentro del bacino alla sezione di chiusura.
- *orientamento* [° rispetto al Nord], angolo assunto dal vettore orientamento rispetto al Nord.



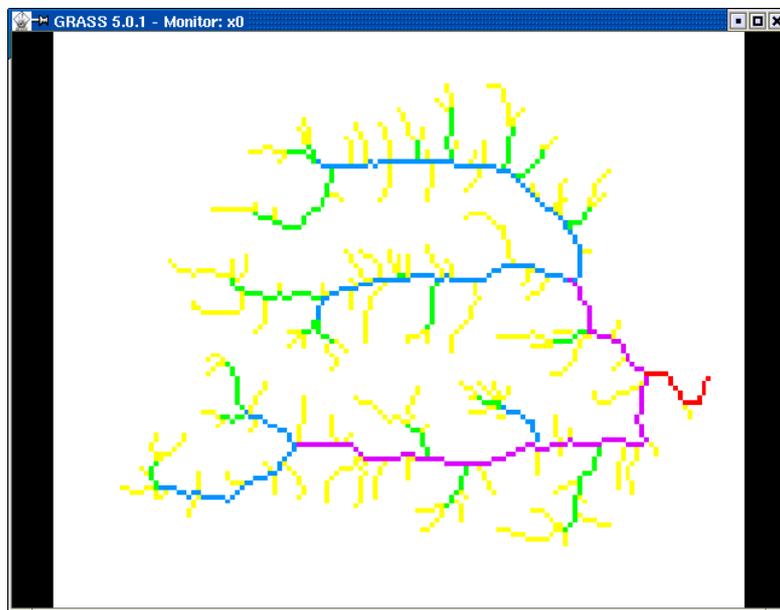
- *magnitudine* [-]. Indica il numero complessivo delle sorgenti, ovvero delle aste del reticolo aventi ordine di Horton pari a 1.
- *Parametri caratteristici della funzione di ampiezza*: primi quattro momenti statistici (media, varianza, skewness, kurtosis) e quantili della cumulata (percentuali: 5, 15, 30, 40, 50, 60, 70, 85, 95), ovvero le percentuali di pixel

entro una certa distanza dalla sezione di chiusura, della funzione di ampiezza (*width function*). Quest'ultima è definita dal numero di pixel avente egual distanza metrica dalla sezione di chiusura misurata seguendo le direzioni di drenaggio.

- *pend\_med\_LDP* [%], pendenza media approssimata del longest drainage path, calcolata ipotizzando che l'LDP termini nel punto più alto del bacino:

$$pend\_med\_LDP = \frac{\Delta H_1}{LLDP} * 100$$

- *R\_a* [-]. Avendo definito le aste secondo la numerazione di Horton, indica il rapporto tra le aree medie drenate dai segmenti di ordine  $u+1$  e i segmenti di ordine  $u$ .



*Reticolo numerato secondo Horton-Strahler*

- *R\_a1* [-], rapporto di allungamento [-]. Indica il rapporto tra il diametro del cerchio di eguale area del bacino e *LLDP*.
- *R\_b* [-], rapporto di biforcazione. Rappresenta il rapporto tra il numero di aste di ordine  $u$  e il numero di quelle di ordine  $u+1$ , avendo numerato le aste secondo il criterio di Horton.
- *R\_c* [-], rapporto di circolarità. Rappresenta il rapporto tra l'area del bacino e l'area del cerchio avente lo stesso perimetro del bacino.
- *R\_L* [-], rapporto tra le lunghezze medie di due ordini adiacenti  $u+1$  ed  $u$ , avendo numerato le aste secondo il criterio di Horton.

- $R_s$  [-], rapporto tra le pendenze medie delle aste appartenenti a due ordini adiacenti  $u+1$  ed  $u$ , con le aste numerate secondo il criterio di Horton.
- $sl_{med\_1}$  [%], media dei valori di pendenza associati ad ogni pixel.
- $sl_{med\_2}$  [%], pendenza dell'ipotenusa del triangolo rettangolo che ha per base la radice quadrata dell'area del bacino e per altezza il doppio dell'altitudine mediana (relativa alla sezione di chiusura) del bacino. In sostanza tale pendenza è calcolata rispetto ad un bacino di forma quadrata equivalente a quello reale, e non tiene conto della sua effettiva forma, che può essere più o meno allungata.
- $X_{sc}$  [m], longitudine della sezione di chiusura definita nel sistema di riferimento UTM ED50.
- $X_{bar}$  [m], longitudine del baricentro del bacino definita nel sistema di riferimento UTM ED50.
- $Y_{sc}$  [m], latitudine della sezione di chiusura definita nel sistema di riferimento UTM ED50.
- $Y_{bar}$  [m], latitudine del baricentro del bacino definita nel sistema di riferimento UTM ED50.
- $X_{ul}, Y_{ul}, X_{lr}, Y_{lr}$  [m]. Sono le coordinate dei vertici N, W, E, S del rettangolo contenente il bacino nella sua interezza. Si ottengono individuando i pixel, appartenenti al bacino, caratterizzati dalla prima (seconda) coordinata più grande (più piccola).

### **Indici di permeabilità e di uso del suolo:**

- *5 indici di uso del suolo*, definiti raggruppando classi simili di copertura del suolo definite nel progetto Corine (COoRdination of INformation on Environment, *Commissione Europea*, 1985):
  1.  $LC_1$  [%]: percentuale, sull'area del bacino, di zone urbanizzate con tessuto continuo e di aree urbanizzate discontinue;
  2.  $LC_2$  [%]: percentuale, sull'area del bacino, di boschi, vegetazione arborea, vegetazione arbustiva, cespugliati;
  3.  $LC_3$  [%]: percentuale, sull'area del bacino, di zone con vegetazione erbacea, prato-pascolo, colture speciali, oliveti, vigneti, seminativi;
  4.  $LC_4$  [%]: percentuale, sull'area del bacino, di zone non vegetate;

5.  $LC_5$  [%]: percentuale, sull'area del bacino, di zone umide.

- $c_f$  [-], coefficiente di afflusso di piena. Valori di  $c_f$  elevati corrispondono a terreni poco permeabili, mentre  $c_f$  bassi sono associati a terreni con maggiore permeabilità. Viene calcolato a partire dalla mappa dei coefficienti di afflusso di maglia 1 km x 1 km definita nel progetto VAPI Piemonte (Villani, 2003).

Il valore di  $c_f$  corrisponde alla media areale dei  $c_f$  associati alle celle ricadenti all'interno del bacino in esame, i quali sono stati definiti in relazione alla permeabilità e alla morfologia dei suoli.

- *curve number*  $CN$  [-]. Risulta strettamente connesso alla capacità di infiltrazione nel suolo e, di conseguenza, alla possibilità di scorrimento superficiale. Il valore di  $CN$  cresce al diminuire della permeabilità del terreno: valori di  $CN$  vicini a 100 indicano la presenza di suoli estremamente impermeabili, mentre valori più bassi sono associati a terreni caratterizzati da maggiore permeabilità. Il valore di  $CN$  da associare a un certo bacino viene definito tramite la media areale dei  $CN$  corrispondenti alle celle ricadenti nel bacino stesso.

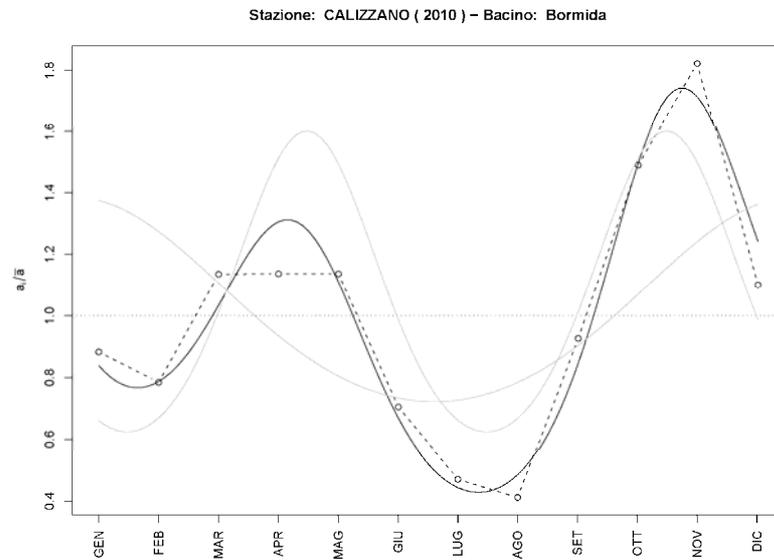
### Parametri climatici:

- $a$  [ $mm/h^n$ ], coefficiente pluviometrico orario della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) espressa nella forma monomia ( $h = a \cdot d^n$ );
- $n$  [-], esponente di scala della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) espressa nella forma monomia ( $h = a \cdot d^n$ );
- $aff$  [ $mm$ ], afflusso totale medio annuo. Rappresenta una misura della precipitazione media annua.
- 4 *parametri* rappresentativi del *regime pluviometrico* caratteristico del bacino, espresso mediante l'utilizzo di serie di Fourier:

$$P(t) = aff \cdot \sum_i A_i \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{T_i} + \frac{12}{T_i} F_i\right)$$

- $T_i$  [-]. Rappresentano il periodo delle sinusoidi
- $A_i$  [-]. Rappresentano le ampiezze delle sinusoidi
- $F_i$  [-]. Rappresentano le fasi delle sinusoidi.

Nel caso in studio si sono utilizzate due sinusoidi di periodo 12 e 6 mesi.



Rappresentazione del regime pluviometrico mediante analisi di Fourier. In ordinata compaiono i valori medi mensili normalizzati rispetto alla media annua. Una linea tratteggiata unisce i valori osservati. In grigio sono raffigurate le due armoniche risultanti dall'analisi, aventi rispettivamente  $T = 6$  mesi e  $T = 1$  anno; in nero la somma delle due armoniche che si adatta al regime osservato.