

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRENTO

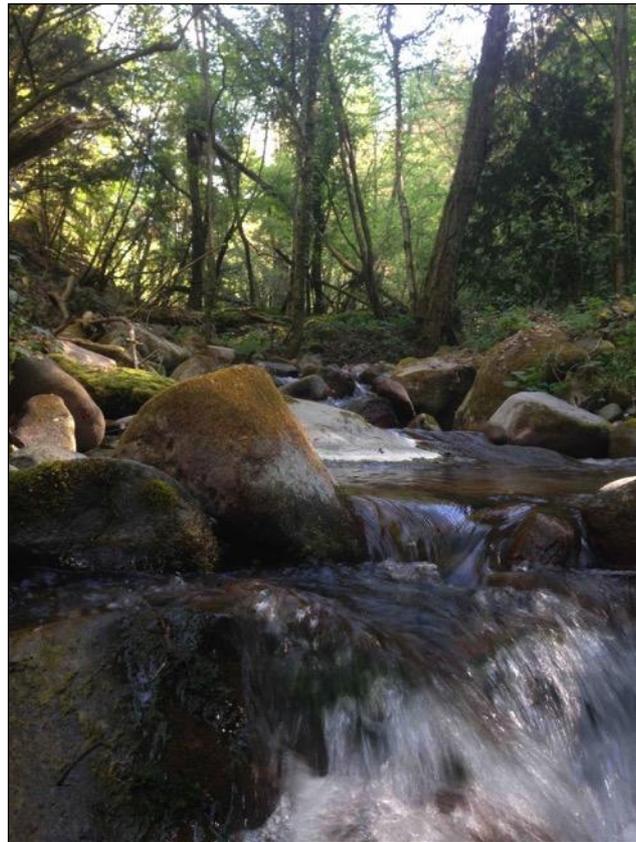


DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E MECCANICA  
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

---

Corso di Idrologia  
Relazione Idro-Geomorfologica

### Rio Scorzài



**Docente:**  
Riccardo Rigon

**Studenti:**  
Boldrini Valentina matr. 159563  
Ravanelli Giulia matr. 161676

**INDICE**

|   |    |
|---|----|
| 1. Inquadramento del Rio:                       | 4  |
| 2. Sopralluoghi sul campo:                      | 6  |
| 2.1. Panoramica del bacino del Rio Scorzài..... | 6  |
| 2.2. Sorgente.....                              | 7  |
| 2.3. Affluente alla sorgente.....               | 9  |
| 2.4. Cava.....                                  | 10 |
| 2.5. Briglia e Opera di presa.....              | 11 |
| 2.6. Secondo affluente.....                     | 12 |
| 2.7. Terzo affluente.....                       | 13 |
| 2.8. Pala Curling.....                          | 14 |
| 2.9. Ponte su Statale.....                      | 15 |
| 2.10. Cascata.....                              | 16 |
| 2.11. Ponte piccolo.....                        | 17 |
| 2.12. Quarto affluente.....                     | 18 |
| 2.13. Salto.....                                | 19 |
| 2.14. La Foce.....                              | 20 |
| 3. Analisi Idro-Geomorfologica:                 | 22 |
| 3.1. Stage.....                                 | 22 |
| 3.2. QGis.....                                  | 22 |
| 3.3. Operazioni preliminari.....                | 22 |
| 4. Mappe:                                       | 23 |
| 4.1. <b>Pitfiller</b> .....                     | 23 |
| 4.2. <b>Flowdirections</b> .....                | 24 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3. DrainDir.....                       | 25 |
| 4.4. Tca.....                            | 26 |
| 4.5. Markoutlets.....                    | 27 |
| 4.6. Slope.....                          | 28 |
| 4.7. Gradient.....                       | 29 |
| 4.8. Aspect.....                         | 30 |
| 4.9. Curvatures.....                     | 31 |
| 4.10. Topographic classes.....           | 34 |
| 4.11. ExtractNetwork.....                | 36 |
| 4.12. Wateroutlet.....                   | 39 |
| 4.13. NetNumbering.....                  | 41 |
| 4.14. VectorReshaper.....                | 43 |
| 4.15. DistanceToOutlet.....              | 44 |
| 4.16. Ab.....                            | 45 |
| 4.17. Hacklenght.....                    | 46 |
| 4.18. TopIndex.....                      | 47 |
| 4.19. Rescaledistance.....               | 49 |
| 4.20. Magnitudo.....                     | 51 |
| 4.21. HackStream.....                    | 52 |
| 4.22. Strahler.....                      | 53 |
| 5. Analisi con R:                        | 54 |
| 5.1. Distribuzione delle quote.....      | 54 |
| 5.2. Distanza dal punto di chiusura..... | 55 |
| 5.3. Distribuzione dell'esposizione..... | 56 |
| 6. Bibliografia e sitografia:            | 57 |

## 1. Inquadramento del Rio e introduzione al lavoro svolto

Il Rio Scorzài è situato all'interno della Val di Cembra nella Provincia Autonoma di Trento e si localizza più precisamente lungo il confine tra i comuni di Cembra e Lisignano (Figura 1.1.1.). Ha origine in località Palù del Tèrmen (letteralmente, in dialetto trentino, <<palude da segno di confine>>) alla quota di 1000 metri, nelle vicinanze del Lago Santo, scorre a Nord-Ovest e ad Ovest dell'abitato di Cembra (Figura 1.1.2.).

L'origine dell'idronimo Scorzài è da ricollegare all'operazione di "scorzàr", <<scortecciare>>, che si appaiava a quella di "cercenàr", <<tagliare cespugli o alberi in giro per allargare il pascolo>>.

Lungo il suo percorso il Rio passa nelle vicinanze di alcune cave di porfido, proseguendo poi attraverso una briglia artificiale e, costeggiando la strada comunale, giunge nei pressi del Pala Curling di Cembra.

Dopo aver oltrepassato il ponte sulla statale 612, scorre nella Val Fraia e nella Val Buona fino ad immettersi nel torrente Avisio alla quota di 360 metri al confine con il territorio del comune di Albiano.

Il bacino idrografico del Rio Scorzài è di circa 6 km<sup>2</sup> e presenta una lunghezza dell'asta principale di circa 4 km, inoltre il periodo di rilevazione risale al 1984 - 1986 ad opera di Rosanna Nardin.

Per quanto riguarda la struttura geologica dell'area in cui si trova il Rio (Val di Cembra), l'attuale assetto morfologico è da attribuirsi alla progressiva azione modellatrice prima dei ghiacciai e poi del torrente Avisio.

In tutto il bacino le rocce sono prevalentemente porfiriche ed ignimbriche; sono presenti anche terrazzamenti di origine glaciale, che danno una marcata fisionomia all'andamento dei versanti vallivi e sono le sedi di colture agricole tra cui i vitigni.

Inoltre sono frequenti le zone ad intensa e permanente imbibizione idrica (le cosiddette "zone umide"), consistenti in piccole conche e torbiere che un tempo erano dei piccoli laghi.

Una mappa del rischio idrogeologico nel comune di Cembra (reperita dal sito del comune stesso) (Figura 1.1.3.) mostra l'influenza che in tal senso ha il Rio sul territorio.

Lo scopo del lavoro è stato quello di realizzare un'analisi Idro-Geomorfologica del bacino di interesse, attraverso l'utilizzo di opportuni software quali QGis (2.6.0.), Stage (0.7) e RStudio (0.98.1103).

Nelle mappe sottostanti viene individuata la zona analizzata; infatti la Figura 1.1.1. è il DTM scaricato dal server messo a disposizione dall'Università di Trento (MapServer), su cui è stata evidenziata, con riferimento ai comuni della provincia del Trentino, l'area del bacino di lavoro. La mappa (Figura 1.1.2.) invece è stata scaricata attraverso l'OpenLayersplugin di QGis da OpenStreetMap, mettendo in risalto la zona studiata all'interno della Val di Cembra.



Figura 1.1.1. Inquadramento del bacino.



Figura 1.1.2. Area analizzata intorno al Rio Scorzài.

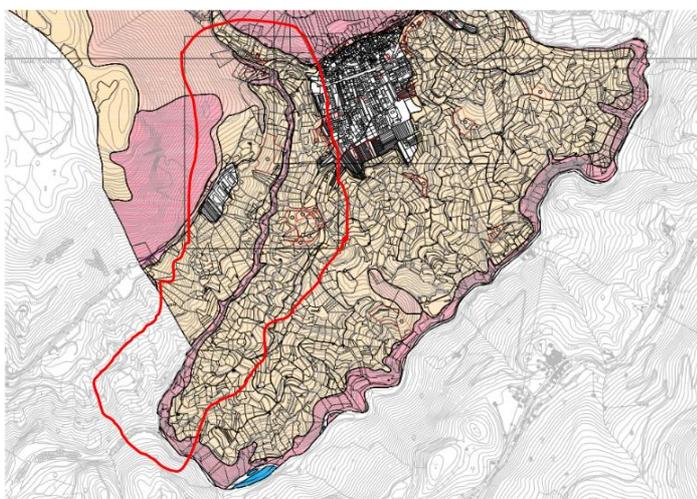


Figura 1.1.3. Mappa del rischio idrogeologico.

**LEGENDA:**

| SIMBOLO                            | DEFINIZIONE   | CODICE SHP |
|------------------------------------|---|------------|
| <b>PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA</b> |   |            |
|                                    | TRASCURABILE  |            |
|                                    | AREE AD ELEVATA PERICOLOSITA' DI ESONDAZIONE                | PGP100     |
|                                    | AREE A MODERATA PERICOLOSITA' DI ESONDAZIONE                | PGP110     |
|                                    | AREE AD ELEVATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA                     | PGP200     |
|                                    | AREE A MODERATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA                     | PGP210     |
|                                    | AREE A BASSA PERICOLOSITA' GEOLOGICA                        | PGP220     |
|                                    | AREE AD ELEVATA PERICOLOSITA' VALANGHIVA                    | PGP300     |
|                                    | VARIANTE CARTOGRAFICA RILEVANTE<br>(numeri: vedi relazione) | V100       |
|                                    | ALTRA VARIANTE CARTOGRAFICA<br>(numeri: vedi relazione)     | V110       |

## 2. Sopralluoghi sul campo

### 2.1. Panoramica del bacino del Rio Scorzài

La seguente foto è stata scattata nei pressi dell'abitato del comune di Cembra, più precisamente in prossimità della cima del Doss Caslir (circa 600 m s.l.m.).

È possibile osservare come il Rio scavi il territorio e crei una sorta di vallata caratterizzata da un'intensa coltivazione di vigneti e dalla presenza imponente della Cima Speggia o Piz de le Agole (1074 m s.l.m.), visibile nella foto sulla sinistra.



**Figura 2.1** Panoramica del bacino.

## 2.2. Sorgente

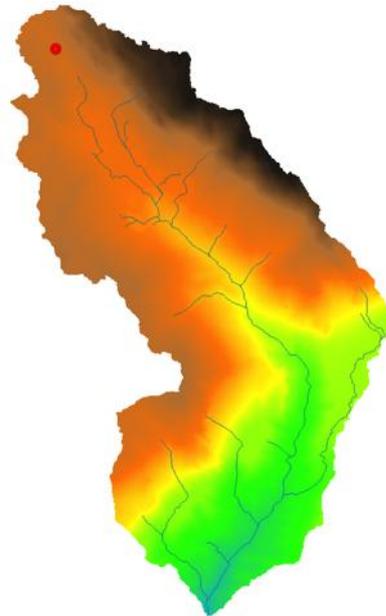
---

|                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| <b>Coordinate del GPS</b> | N: 46°15' 76"<br>E: 11° 20' 59" |
|---------------------------|---------------------------------|

---

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| <b>Altitudine</b> | 365 m s.l.m. |
|-------------------|--------------|

---



Il Rio Scorzài trova le sue origini all'interno della località Palù del Tèrmen, che si caratterizza per l'essere una zona pianeggiante e a tratti paludosa.



Figura 2.2.1. Sorgente del Rio Scorzài in primo piano.



Figura 2.2.2. Primo tratto del Rio.

Nel suo primo tratto scorre al di sotto di un'abitazione riemergendo, grazie ad un piccolo canale, sullo sfondo della Figura 2.2.3, per poi continuare il suo percorso all'interno del prato.



**Figura 2.2.3. Rio nelle vicinanze di un'abitazione.**

### 2.3. Affluente alla sorgente

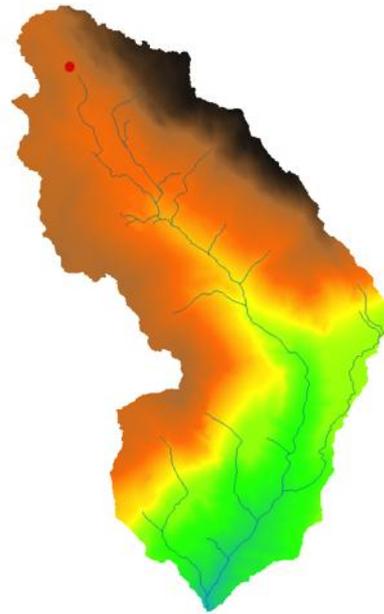
---

**Coordinate del GPS**    N: 46°19' 38"  
                                  E: 11° 19' 43"

---

**Altitudine**                1006 m s.l.m.

---



Proprio nei pressi della sorgente, a distanza di pochissimi metri e nella stessa zona pianeggiante di cui sopra, si trova un primo affluente del Rio, al quale si congiunge creando una sorta di bivio.



Figura 2.3.1. sorgente del primo affluente.



Figura 2.3.2. Ricongiungimento con il Rio Scorzài.

## 2.4. Cava

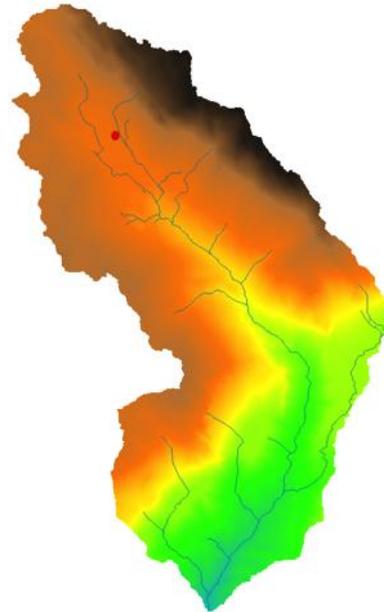
---

**Coordinate del GPS**      N: 46°18' 89"  
   E: 11° 19' 85"

---

**Altitudine**                      930 m s.l.m.

---



Giunti appena fuori dall'area in cui ha origine il Rio, seguendone il percorso lungo l'omonima valle e percorrendo la strada del lago Santo in direzione Cembra, si incontra una cava di porfido di notevoli estensioni di proprietà dell'azienda Top Center Porfido. Il corso d'acqua attraversa l'intera area coperta dalla cava sul lato più a Ovest, a ridosso del corpo montuoso di Cima Speggia.



Figura 2.4.1 Vista della cava.



Figura 2.4.2 Percorso del Rio Scorzài (indicato dalla freccia rossa) nella cava.

## 2.5. Briglia e Opera di presa

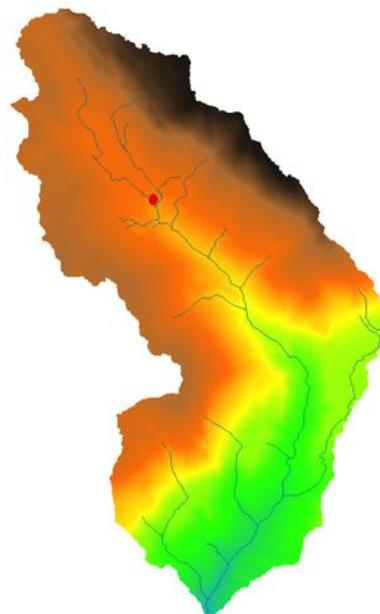
---

**Coordinate del GPS**    N: 46°18' 49"  
                                  E: 11° 20' 18"

---

**Altitudine**                870 m s.l.m.

---

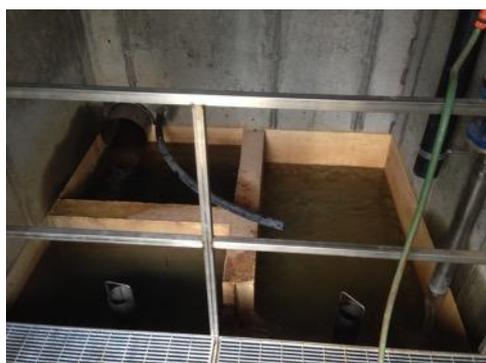


Durante il suo percorso, il Rio Scorzài è stato sottoposto a interventi di tipo antropico, quali la costruzione di diverse briglie, di cui alcune di altezza variabile, all'incirca dell'ordine del metro, che sono state avvistate sempre vicino all'area della sorgente.

In particolare nella zona individuata, si è trovata anche un'opera di presa (la cui origine risale al 2012) adibita al raccoglimento dell'acqua che sgorga nel Rio.



**Figura 2.5.1.** Prime briglie individuate alla quota più elevata.



**Figura 2.5.2.** Interno della presa.



**Figura 2.5.3.** Vista della briglia e della presa.

## 2.6. Secondo affluente

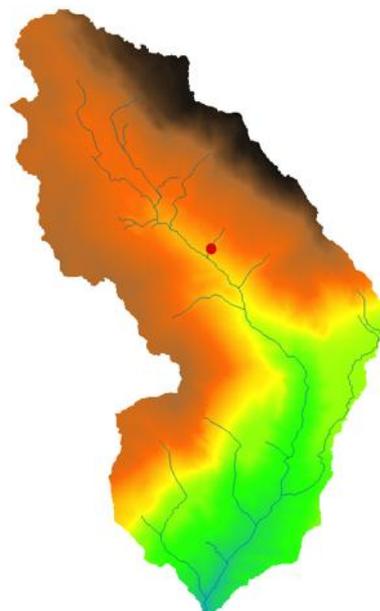
---

**Coordinate del GPS**    N: 46°18' 17"  
                                  E: 11° 20' 74"

---

**Altitudine**                821 m s.l.m.

---



Il secondo affluente incontrato seguendo il percorso del Rio durante i sopralluoghi, si trova nella parte a Est del bacino; come si può osservare dalla foto, una parte del letto e delle sponde naturali sono state modificate dall'intervento umano, probabilmente per evitare straripamenti e allagamenti della strada del Lago Santo nei periodi di piena. Si immagina che il passaggio costruito al di sotto della strada stessa, di cui nelle foto sotto è riportato l'imbocco, abbia la funzione di consentire al piccolo corso d'acqua di confluire poi più giù a valle nel Rio Scorzài.



**Figura 2.6.1.** Secondo affluente rilevato nella sua conformazione naturale.



**Figura 2.6.2.** Imbocco per il passaggio sotto la strada del lago Santo.



**Figura 2.6.3.** Aspetto del secondo affluente con l'intervento umano poco prima dell'imbocco per il passaggio.

## 2.7. Terzo affluente

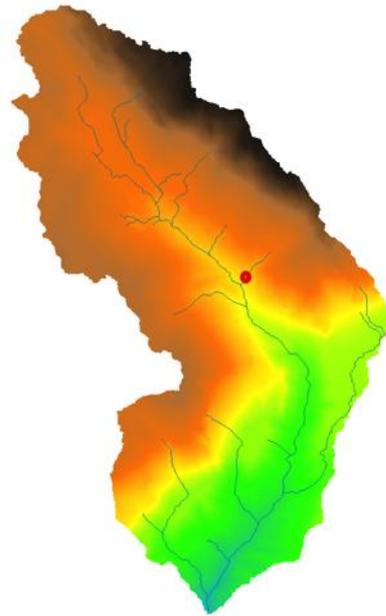
---

**Coordinate del GPS**    N: 46°17' 94"  
                                  E: 11° 21' 01"

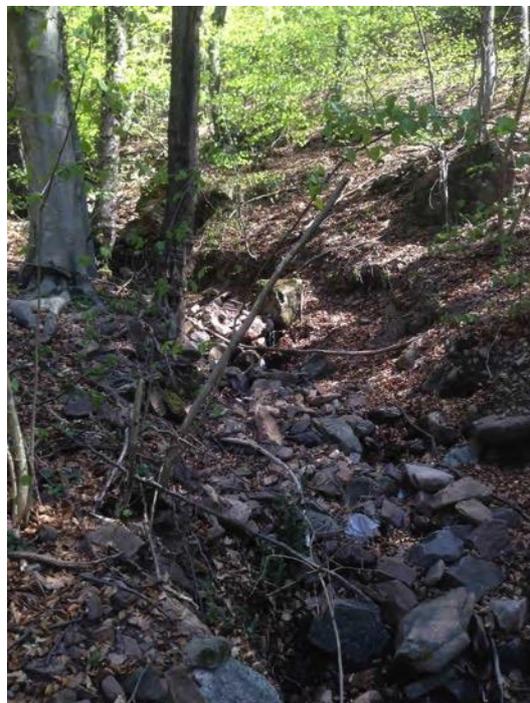
---

**Altitudine**                752 m s.l.m.

---



Un terzo affluente si trova sempre nella zona in cui è stato individuato il secondo, poco più a Sud di quest'ultimo; nella foto, scattata a ridosso della strada del lago Santo, sotto cui l'affluente passa per poi ricongiungersi a valle nel Rio Scorzài, si osserva la scarsità d'acqua trasportata, che si ricollega ad un probabile periodo di secca.



**Figura 2.7.1. Un terzo tratto dell'affluente rilevato durante i sopralluoghi.**

## 2.8. Pala Curling

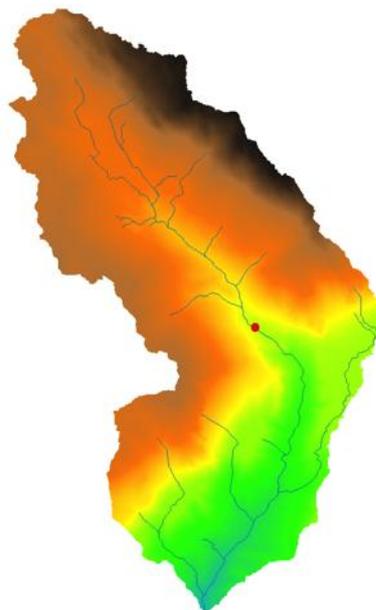
---

|                           |                |
|---------------------------|----------------|
| <b>Coordinate del GPS</b> | N: 46°17' 62"  |
|                           | E: 11° 21' 16" |

---

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| <b>Altitudine</b> | 887 m s.l.m. |
|-------------------|--------------|

---



Nelle immediate vicinanze del paese di Cembra, proprio a ridosso del Rio Scorzài, si può notare la presenza di una palestra di Curling alla quale si viene introdotti grazie anche ad una imponente insegna.

Nelle foto seguenti si nota l'elevata vicinanza della struttura al corso d'acqua; una delle possibili osservazioni che si possono fare è che, durante la costruzione del complesso, si è tenuto conto degli effetti che la presenza della stessa potesse portare o meno, quali modifiche del percorso piuttosto che delle caratteristiche geomorfologiche del bacino.



Figura 2.8.1. Rio Scorzài che scorre sul retro della palestra.



Figura 2.8.2. Palestra di Curling vista dall'esterno.



Figura 2.8.3. Insegna della Palestra.

## 2.9. Ponte su Statale

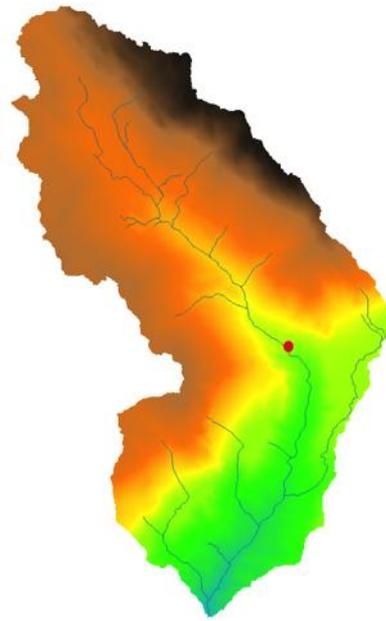
---

**Coordinate del GPS**    N: 46°17' 51"  
                                  E: 11° 21' 43"

---

**Altitudine**                644 m s.l.m.

---



Il ponte principale sul Rio si trova vicino al Pala Curling ed appartiene alla Statale numero 612 che attraversa Cembra e collega la Val Fraia e la Val Buona.



Figura 2.9.1. Il ponte sulla Statale.



Figura 2.9.2. Rio Scorzài che scorre sotto il ponte.

## 2.10. Cascata

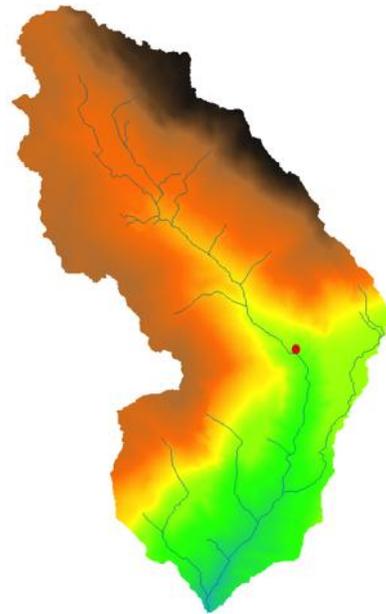
---

**Coordinate del GPS**    N: 46°17' 46"  
                                  E: 11° 21' 50"

---

**Altitudine**                618 m s.l.m.

---



Nei pressi dello stesso ponte si può vedere anche una piccola cascata, all'inizio di quella che costituisce la parte di bacino che presenta un'intensa coltivazione di vigneti su entrambi i versanti.



Figura 2.10. La cascata vicino al ponte sulla Statale.

### 2.11. Ponte piccolo

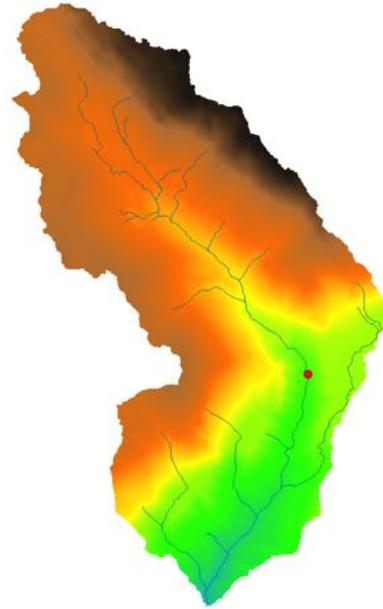
---

**Coordinate del GPS**    N: 46°17' 28"  
                                  E: 11° 21' 56"

---

**Altitudine**                601 m s.l.m.

---



Un ponte più piccolo e di costruzione molto probabilmente più recente e meno stabile rispetto al precedente, si presenta, assieme ad altri simili, lungo il percorso del Rio, nei pressi di alcune abitazioni e dei vigneti.



Figura 2.11. Il ponte piccolo.

## 2.12. Quarto affluente

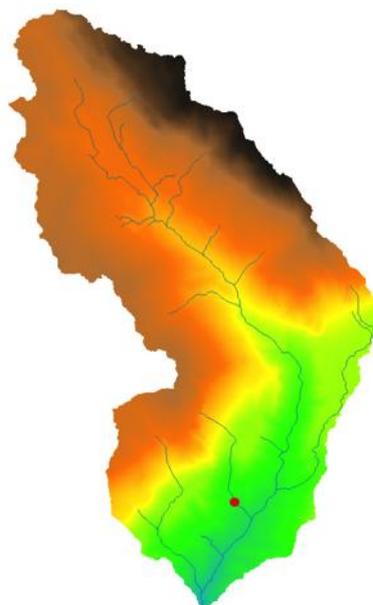
---

**Coordinate del GPS**    N: 46°16' 46"  
                                  E: 11° 20' 91"

---

**Altitudine**                482 m s.l.m.

---



Un quarto ed ultimo affluente è stato individuato nel versante più a Ovest del bacino, nella zona dei vigneti vicino a Maso Besler, a ridosso di una piccola stradina che scende a valle parallelamente alla SS612, alla quale poi si ricongiunge.

Si tratta anche in questo caso, come per gli altri, di un corso d'acqua molto piccolo e quasi secco fatto defluire tuttavia sotto la strada attraverso l'uso di opportuni sbarramenti e tubazioni, al fine di evitare danni strutturali in periodi di maggiore portata.



Figura 2.12.1. Il quarto affluente con una sorta di sbarramento artificiale.



Figura 2.12.2. L'acqua dell'affluente viene fatta defluire in una tubazione e successivamente in una sorta di tombino per il passaggio sotto la strada.

### 2.13. Salto

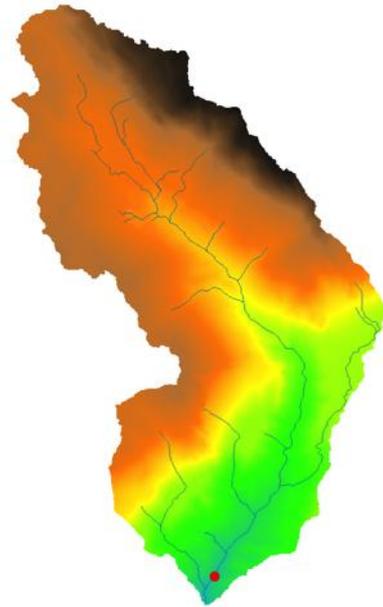
---

**Coordinate del GPS**    N: 46°15' 96"  
                                  E: 11° 20' 67"

---

**Altitudine**                391 m s.l.m.

---



Un piccolo salto in un paesaggio boscoso e pittoresco si trova nei pressi della foce del Rio Scorzai.



Figura 2.13. Il salto vicino alla foce.

## 2.14. La Foce

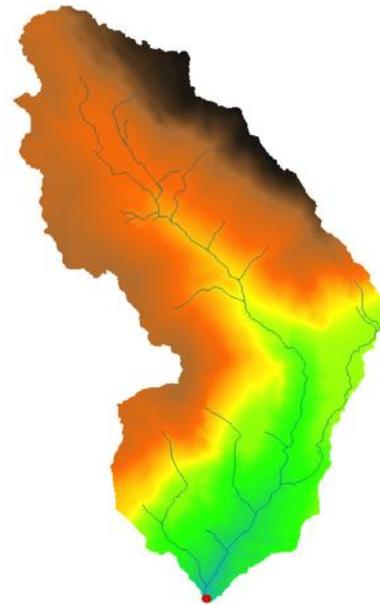
---

**Coordinate del GPS**    N: 46°15' 76"  
                                  E: 11° 20' 59"

---

**Altitudine**                365 m s.l.m.

---



Infine la foce; dopo un percorso dalla sorgente di circa 6 km il Rio Scorzài, in una piccola valle boschiva delimitata da versanti piuttosto ripidi nell' ultima parte del bacino, si immette nel torrente Avisio, che ha origine dalla Marmolada, nella parte a Nord-Est della Provincia Autonoma di Trento.

È possibile notare una biforcazione proprio all'ingresso del Rio nel torrente, oltre che una montagnola di detriti accumulati probabilmente dai forti flussi e portate nei periodi di piena.



Figura 2.14.1. Panoramica della biforcazione del Rio Scorzài alla foce.



**Figura 2.14.2. Il torrente Avisio.**



**Figura 2.14.3. Foce del Rio Scorzai.**

### 3. Analisi Idro-Geomorfologica

#### 3.1. Stage

Per l'elaborazione delle mappe utilizzate e al fine di eseguire un'analisi Idro-Geologica del bacino di interesse, è stato impiegato Stage (0.7).

Quest'ultimo è un software Open-Source che viene utilizzato come interfaccia grafica per i JGrasstools, una famiglia di comandi in grado di elaborare e creare mappe; questi si dividono in moduli per l'analisi idrologica quali Horton Machine e altri più generici per dati Gis, come Raster Processing e Vector Processing.

#### 3.2. QGis

Le mappe appena create tramite Stage sono state poi visualizzate volta per volta su un apposito Gis, nel caso in esame QGis (2.6.0.).

In particolare, i file di tipo vettoriale e in formato shape sono stati visualizzati semplicemente attraverso il metodo del Drag e Drop; mentre per i file di tipo raster (ASCII, TIFF) si è rivelata necessaria la creazione di un'apposita Location e del suo relativo Mapset attraverso il Plugin GRASS installato su QGis.

Il sistema di riferimento e la proiezione cartografica IGM95/ UTM zone 32N utilizzate nella nostra Location sono stati impostati utilizzando i codici EPSG, in particolare 3064, poiché in accordo con la mappa considerata in partenza (DTM).

#### 3.3. Operazioni preliminari

Il primo passo è stato quello di scaricare i quadri d'unione del DTM dal sito del Geoportale della Provincia Autonoma di Trento, come dati LIDAR, con risoluzione 1X1, e con un sistema di riferimento e proiezione cartografica IGM95/ UTM zone 32N.

I vari quadri d'unione sono stati poi assemblati in Stage con il comando **Mosaic12** delle **DEM Manipulation**.

La mappa restituita come output risulta però essere problematica nell'uso del comando **Pitfiller** (in grado di eliminare eventuali depressioni), in quanto la risoluzione utilizzata appesantisce l'elaborazione dei 'pit' nella mappa, poiché questi ultimi risultano troppo elevati in numero.

Al fine di risolvere questo problema la mappa del DTM è stata degradata ad una risoluzione 5x5 in QGis tramite il comando Raster->Conversion->Translate (in alternativa si poteva anche utilizzare Stage).

## 4. Mappe

### 4.1. Pitfiller

Mediante l'utilizzo del comando **pitfiller** è possibile riempire le eventuali depressioni presenti all'interno del DTM, formatesi durante la sua creazione e dovute ad errori di calcolo. Non si tratta infatti di vere e proprie depressioni, tantoché l'elaborazione riguarda solo l'1% dei punti presenti sulla mappa.

**Pitfiller** si può facilmente trovare in Stage, nella sezione **Raster Processing - Dem Manipulation**, e grazie all'algoritmo di Tarboton è in grado di rendere le direzioni di drenaggio definite in modo univoco in ogni punto della mappa.

Aperto il raster appena creato con il software QGis, viene visualizzata una mappa che associa ad ogni pixel una precisa quota, facilmente individuabile interrogando il punto tramite lo strumento *Informazioni elementi*.

Per determinare la quota massima e minima dell'area d'interesse si utilizza **RasterSummary** e, nel caso considerato, esse sono corrispondenti rispettivamente a 1258.825 m s.l.m. e 356.796 m s.l.m..

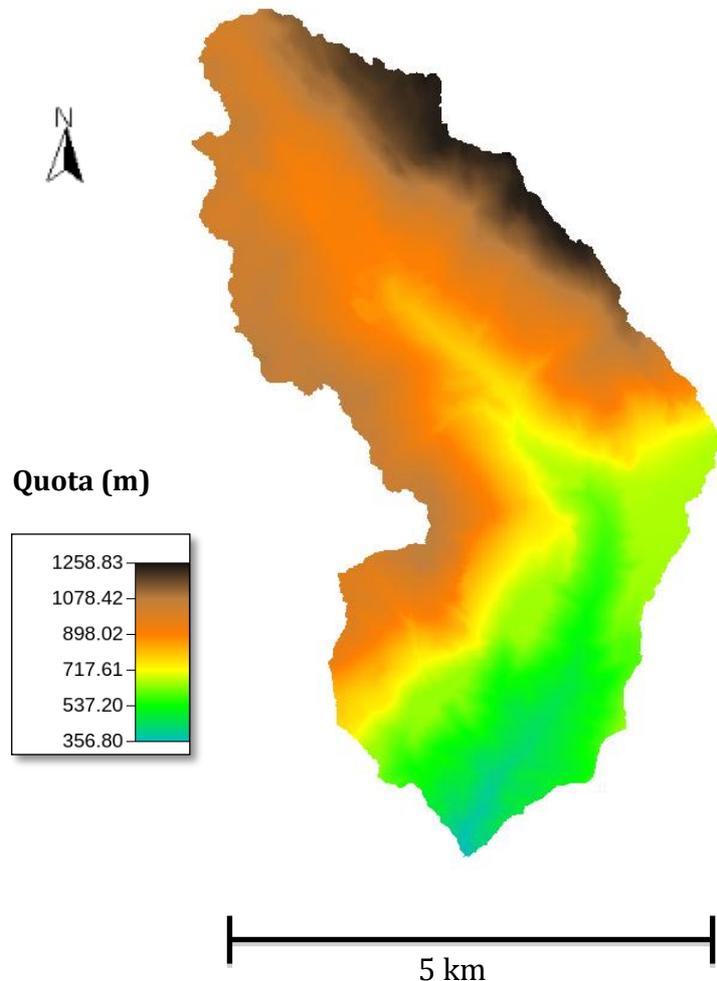


Figura 4.1. Mappa del DTM depittato.

La presente mappa non è stata visualizzata con il colore presente di default su QGis, ma è stata applicata una scala colorimetrica che mette in evidenza le varie quote: elevation.

## 4.2. Flowdirections

Il comando **Flowdirections** è in grado di individuare, all'interno del bacino d'interesse, le direzioni di drenaggio, ovvero il percorso verso il quale defluisce l'acqua sul terreno, sottoposta alla forza di gravità, in funzione delle caratteristiche topografiche del suolo.

Per ogni pixel infatti esistono 8 possibili direzioni di drenaggio, poiché corrispondono al numero di pixel confinanti a quello scelto; tra questi viene preso quello avente la massima pendenza discendente, lungo il quale scorrerà poi il corso d'acqua.

Il comando si trova all'interno delle Horton Machine di Stage, e restituisce una mappa che, come si può vedere dalla legenda, individua proprio le sole 8 possibili direzioni di drenaggio.

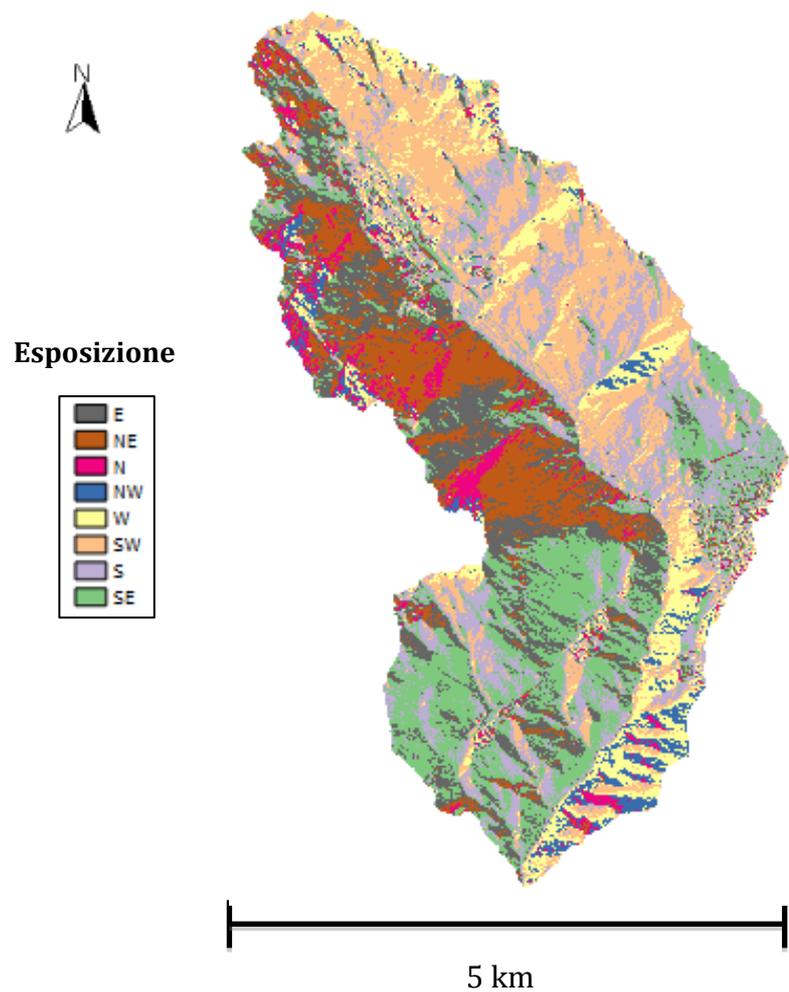


Figura 4.2. Mappa delle Flowdirection.

### 4.3. DrainDir

La mappa delle **Flowdirection** presenta però un'imperfezione: dà origine ad una deviazione della direzione reale individuata dal gradiente. Al fine di eliminare il problema, si procede con la creazione di una nuova mappa tramite il comando **DrainDir** (presente in **Horton Machine, Geomorphology**), che permette, grazie all'utilizzo di un algoritmo, di calcolare le direzioni di drenaggio minimizzando la deviazione della direzione di flusso determinato da quella di flusso reale.

Esistono due metodi in grado di svolgere questa funzione:

- Metodo D8-LAD = che sfrutta la deviazione angolare ;
- Metodo D8-LTD = il quale utilizza la distanza trasversale.

Per il nostro studio è stato scelto il primo, e aprendo il raster appena creato su QGIS, si ottiene la mappa sottostante.

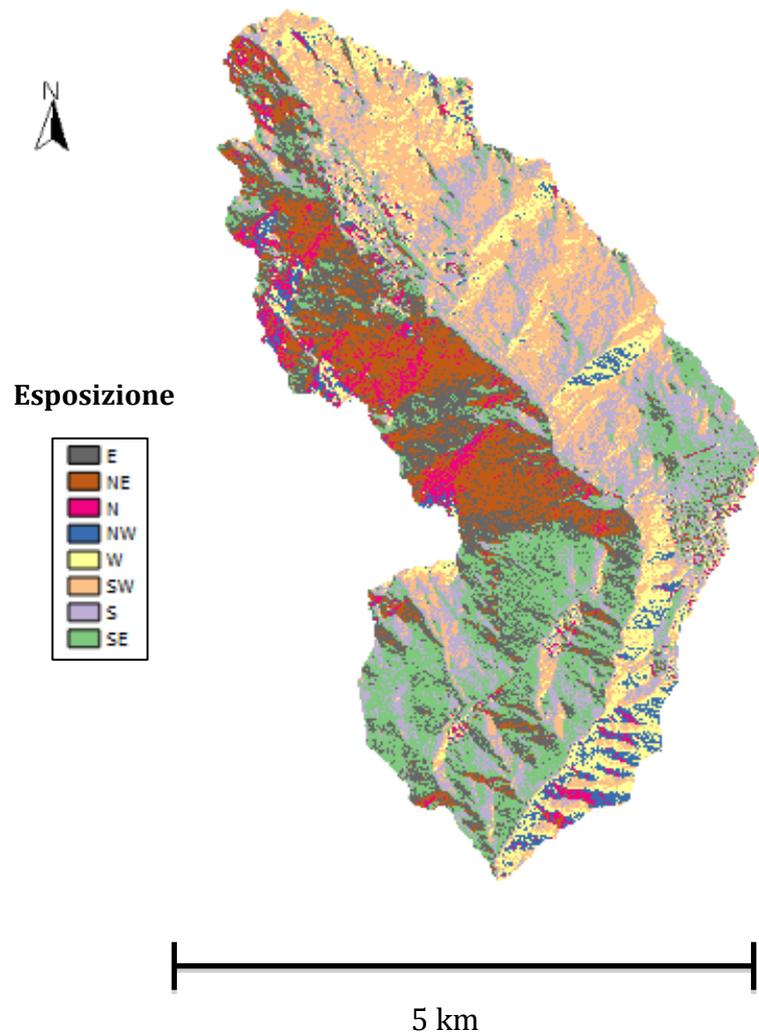


Figura 4.3. Mappa delle DrainDir.

#### 4.4. Tca

Il comando **DrainDir** restituisce come output, oltre la mappa delle direzioni di drenaggio corretta, anche una seconda mappa: l'Area Contribuente Totale (**Tca**), che evidenzia l'area contribuente ad ogni punto del bacino in condizioni di precipitazione uniforme, ovvero la proiezione planare delle zone che afferiscono ad ogni punto del bacino.

Le aree sono considerate costanti nel tempo, anche se in realtà variano sia in spazio che in tempo.

La mappa restituisce però valori troppo elevati, quindi si è reso necessario trasformarli in scala logaritmica tramite il comando **MapCalc** presente su Stage; sotto viene riportata la mappa già trasformata delle **Tca** del bacino.

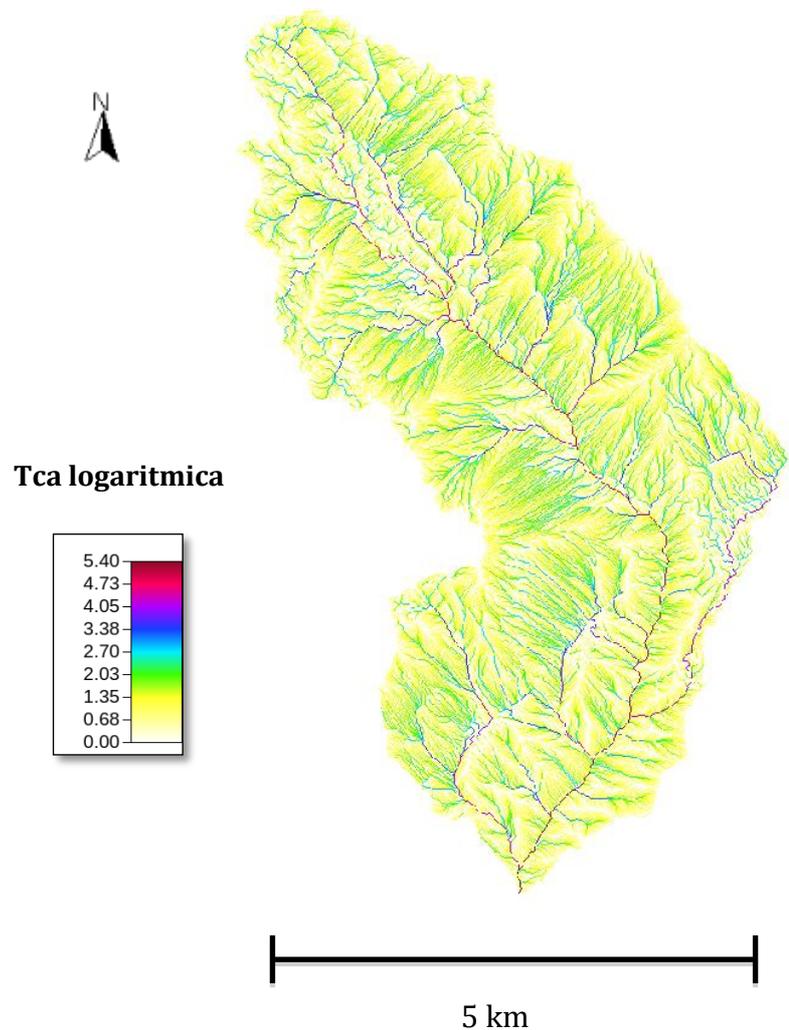


Figura 4.4. Mappa delle Tca logaritmica.

#### 4.5. Markoutlets

La mappa delle `DrainDir` ha però bisogno di una successiva modifica; è necessario infatti visualizzare anche tutti i punti che drenano al di fuori della nostra area d'interesse. A tal fine, si utilizza il comando `Markoutlets`, presente all'interno della `Dem Manipulation`, il quale associa il valore 10 a tutti i pixel che affluiscono fuori dal bacino del Rio.

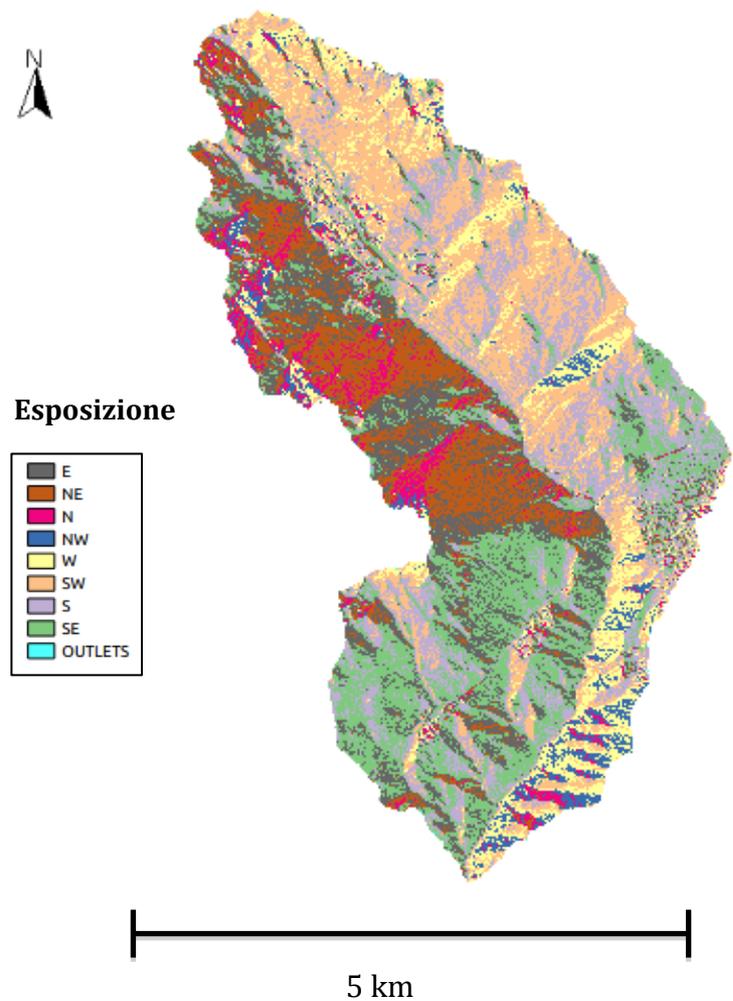


Figura 4.5.1. Mappa dei Markoutlets sull'intero bacino.

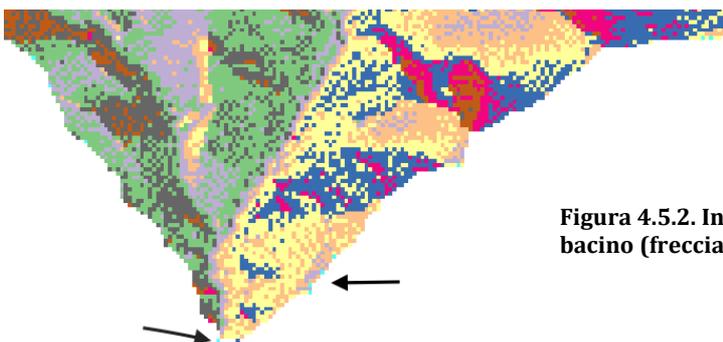


Figura 4.5.2. Ingrandimento su alcuni punti che drenano fuori dal bacino (freccia).

#### 4.6. Slope

All'interno delle **HortonMachine**, più specificatamente in **Geomorphology**, si trova un altro comando **Slope**, utile per lo studio idro-geomorfologico del bacino.

Questo è in grado di determinare, in ogni punto lungo le direzioni di drenaggio, la pendenza della superficie topografica; in particolare, facendo il rapporto tra il dislivello e la proiezione orizzontale della distanza tra i centri dei due pixel, calcola l'inclinazione tra questi ultimi.

Interrogando la mappa in QGis, il valore visualizzato dalla mappa creata raffigura la tangente dell'angolo rappresentante la pendenza.

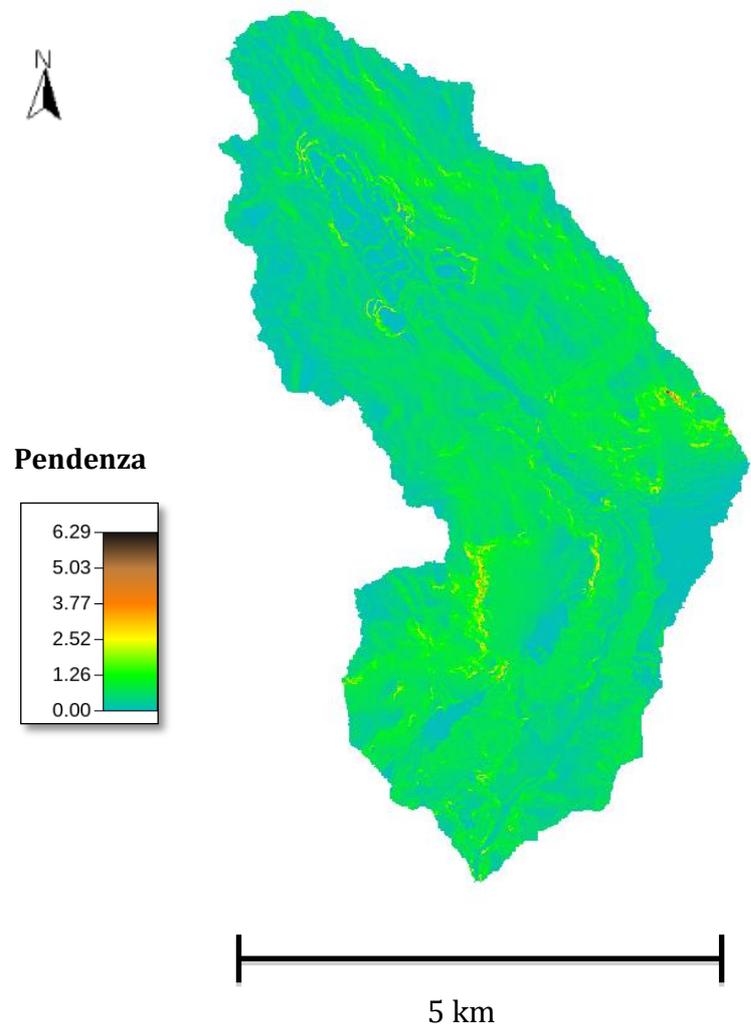


Figura 4.6. Mappa delle Slope.

#### 4.7. Gradient

Il comando **Gradient**, che si trova anche questo all'interno di **Geomophology**, restituisce in output una mappa molto simile a quella della Slope, come si può vedere dalle Figure 3.6. e 3.7. In questo caso le pendenze vengono misurate in gradi e viene calcolato in ogni punto il modulo del gradiente, definito come:

$$\nabla z = (f_x, f_y)$$

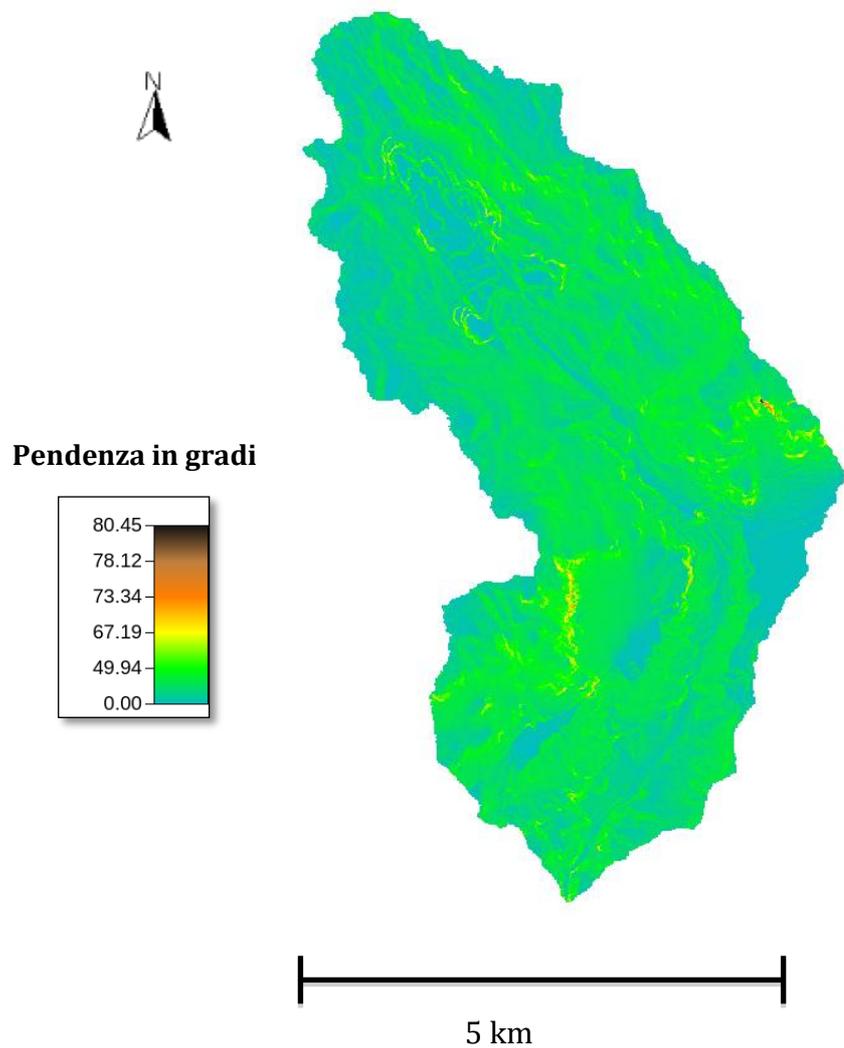


Figura 4.7. Mappa del gradiente.

#### 4.8. Aspect

Il comando **Aspect**, presente nella **Geomorphology**, calcola l'esposizione per ogni punto del bacino come la direzione del gradiente rispetto al Nord.

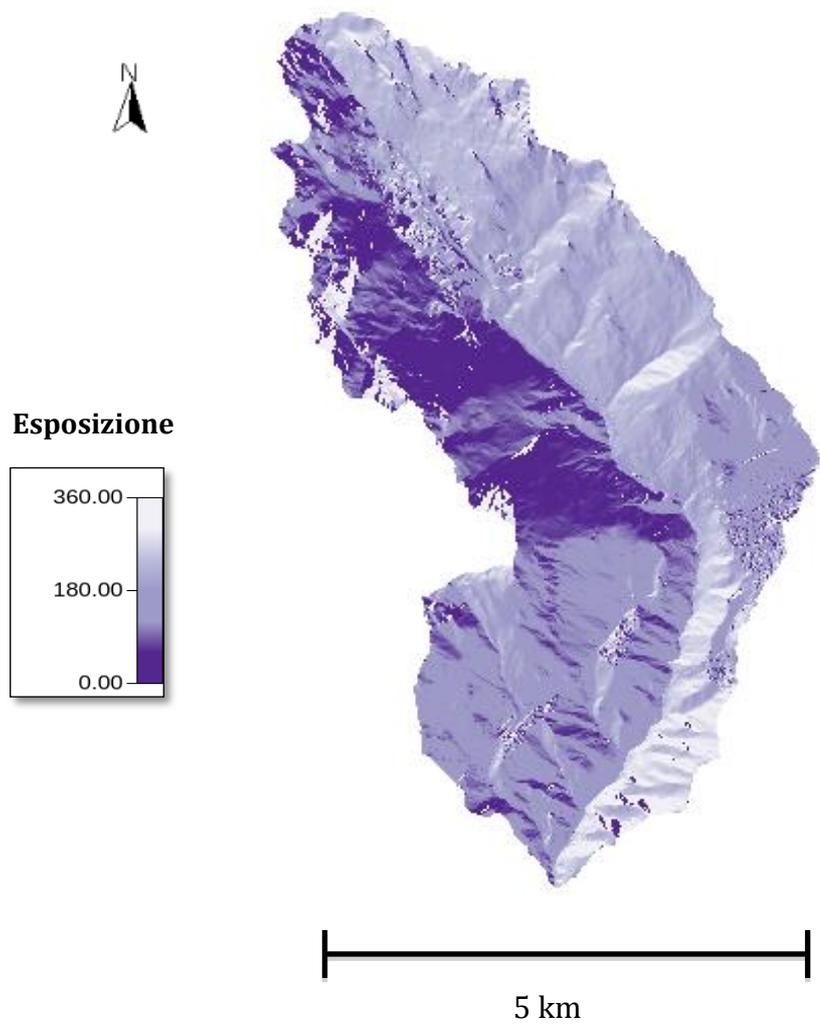


Figura 4.8. Mappa dell'esposizione.

#### 4.9. Curvatures

**Curvatures** è un comando della sezione **Geomorphology** delle **Horton Machine** in grado di restituire come output tre tipi di mappe, che rappresentano tre diverse curvatures:

- Curvatura longitudinale: evidenzia da valle verso monte la deviazione del gradiente, seguendo l'involuppo dei gradienti, si misura lungo le curve di flusso. Quando la curvatura è positiva si avrà una parabola concava (U), mentre quando è negativa sarà convessa (∩). E' anche in grado di visualizzare le valli dato che assume valori maggiori lungo il corso d'acqua.

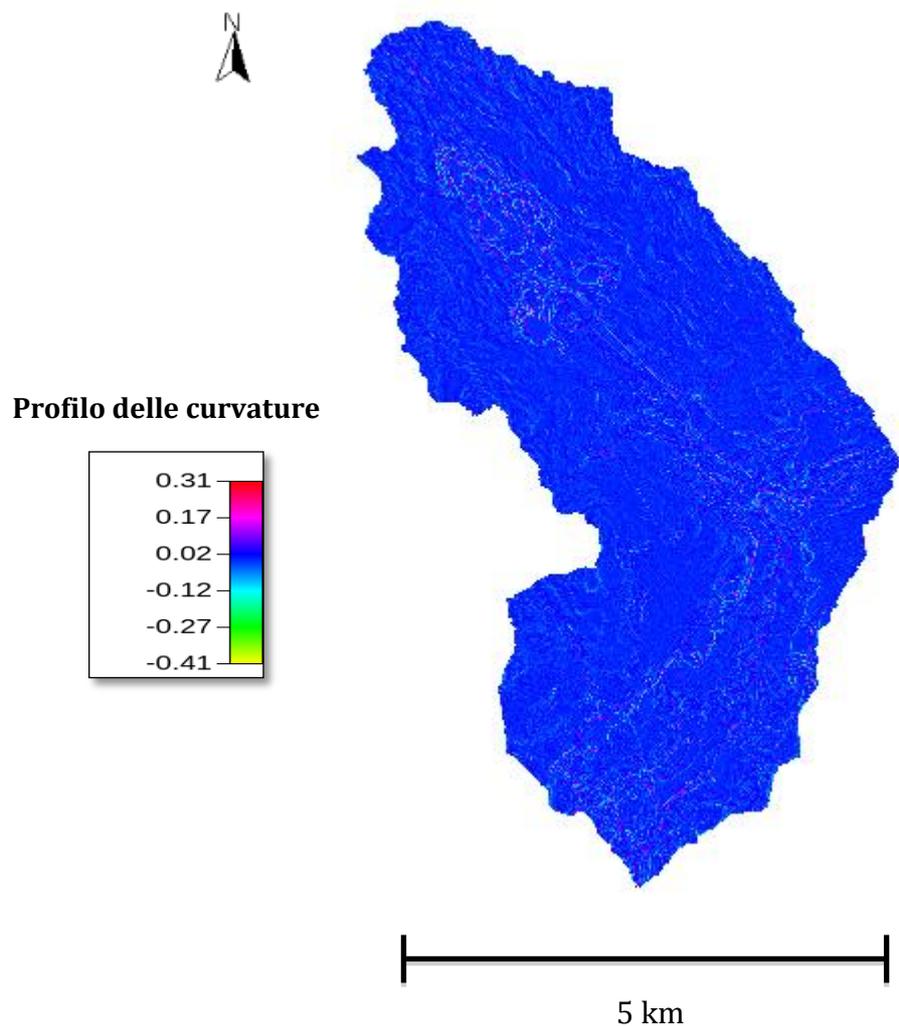


Figura 4.9.1. Mappe delle curvatures longitudinali.

- Curvatura planare: misura la convergenza o divergenza e rappresenta la variazione della tangente alle linee di livello per il punto considerato.

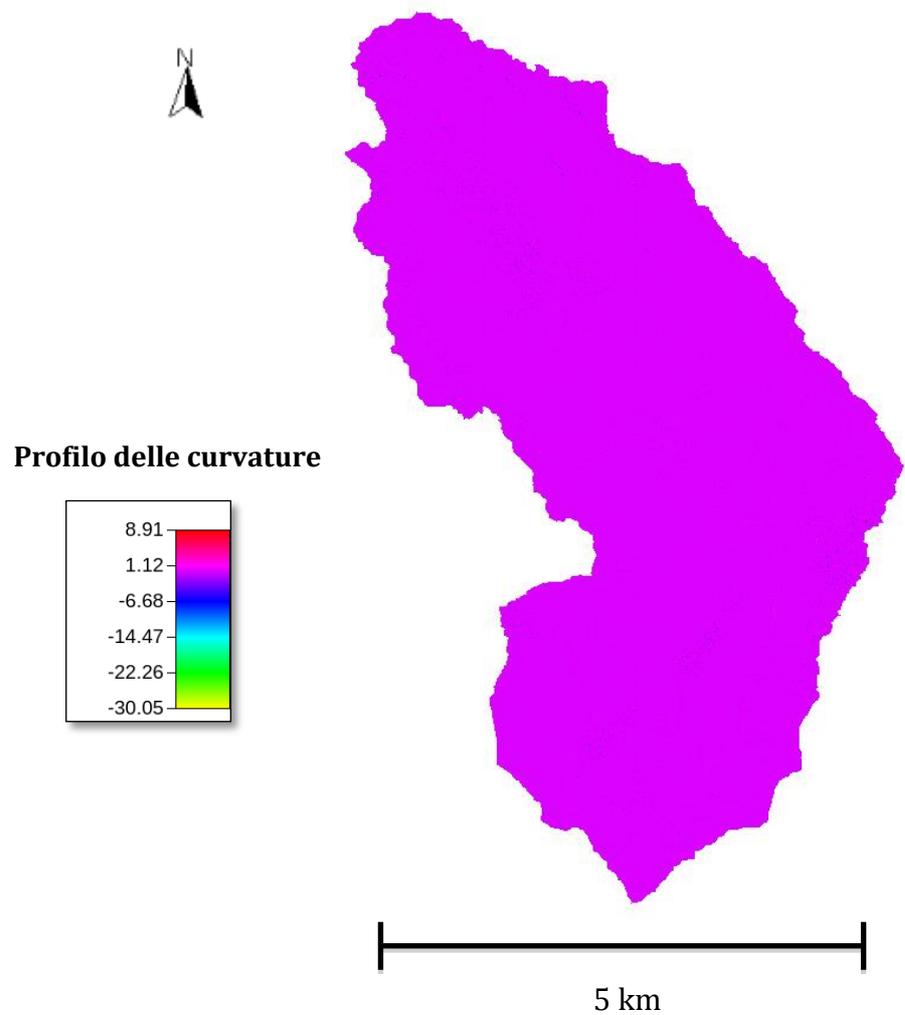


Figura 4.9.2. Mappa curvatura planare.

- Curvatura tangenziale: si ottiene tramite l'intersezione della tangente alle linee di livello e un piano perpendicolare alla direzione del gradiente nel punto considerato.

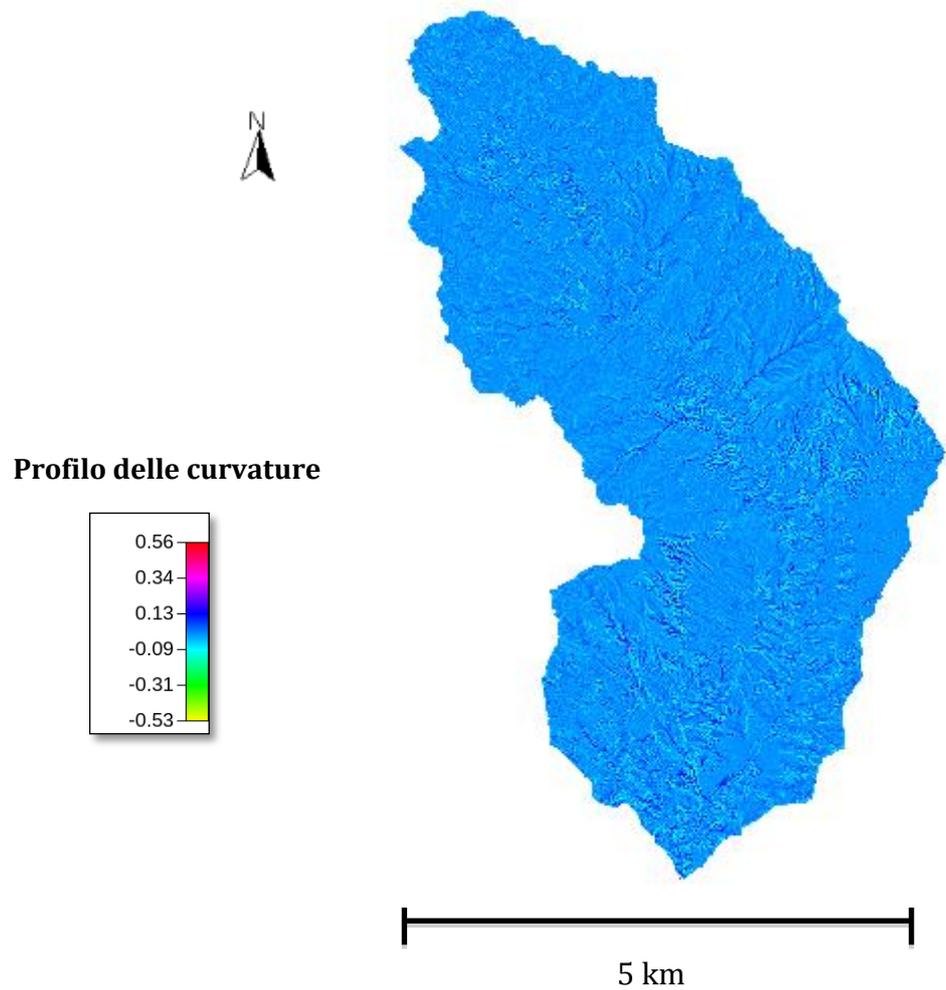


Figura 4.9.3. Mappa delle curvatures tangenziali.

#### 4.10. Topographic classes (Tc)

Grazie all'utilizzo delle mappe della curvatura longitudinale e tangenziale è possibile crearne altre due che rappresentino le classi topografiche:

- Una suddivide il bacino in 9 classi topografiche in base alla combinazione delle mappe delle curvature, quindi delle linee di flusso (concave, planari, divergenti) e delle linee di livello (divergenti, convergenti, planari). Come "soglia" con cui riscaldare le curvature è stato scelto un valore di 0,001.

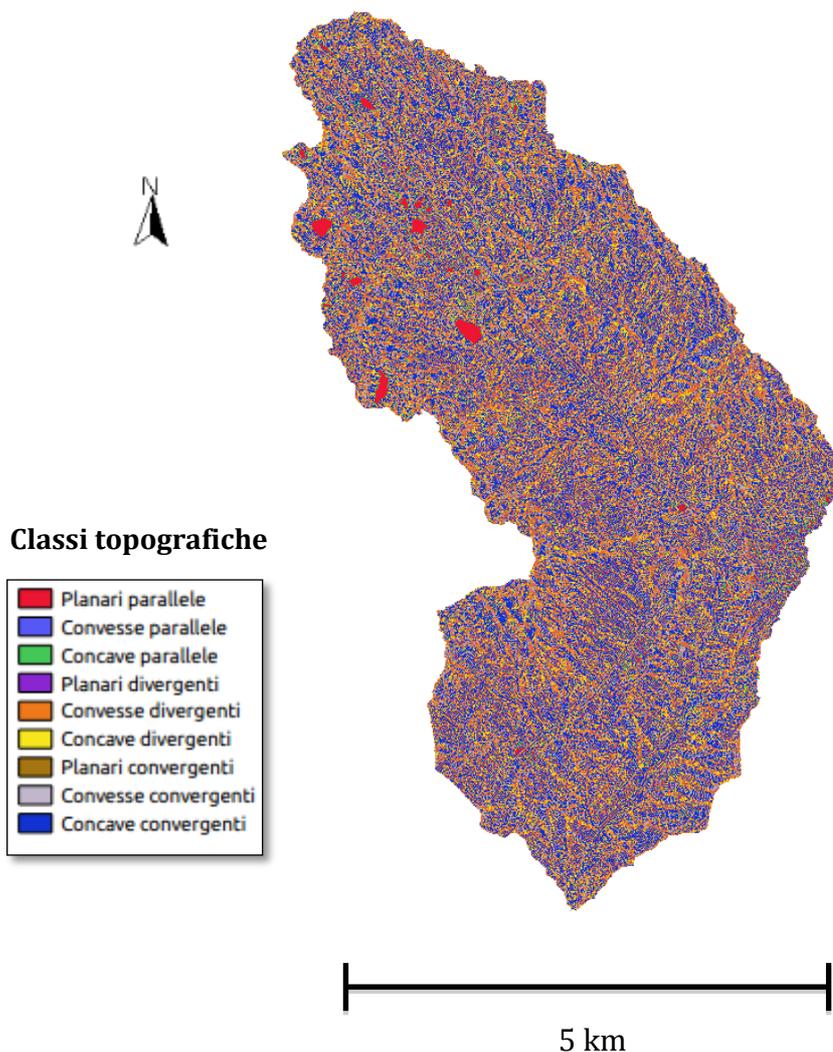


Figura 4.10.1. Mappa delle 9 classi morfologiche.

- L'altra mappa invece delinea solo tre indici topografici cioè siti concavi, planari e convessi.

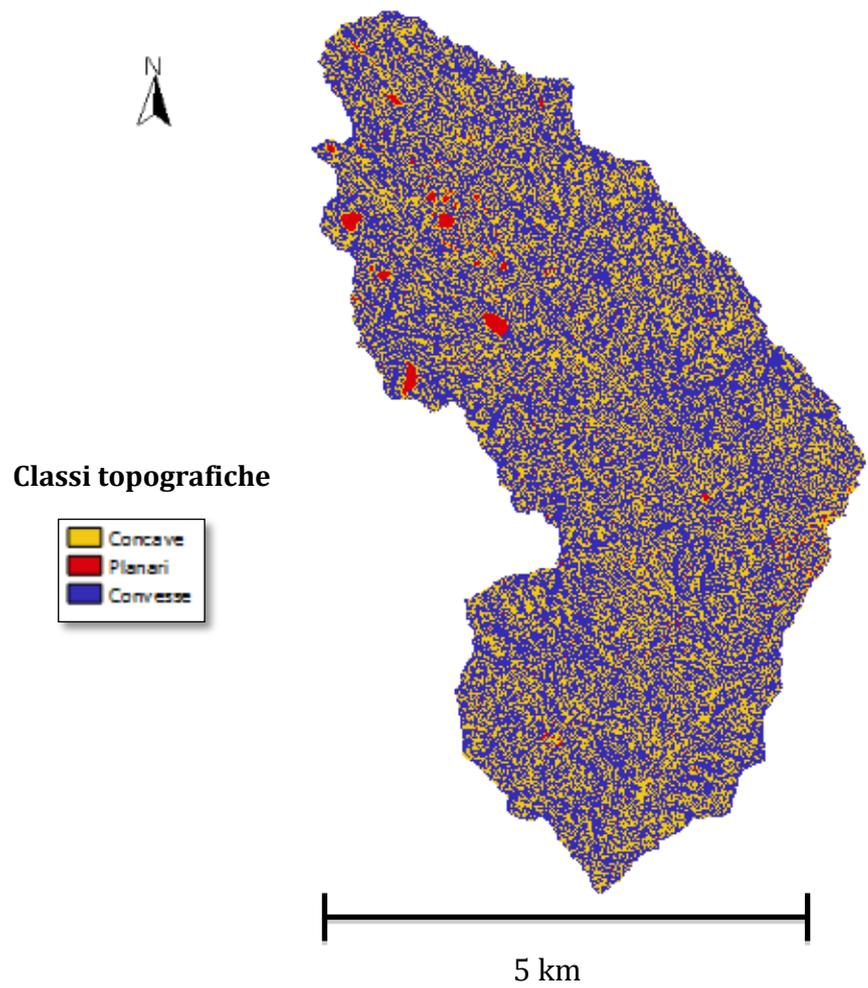


Figura 4.10.2. Mappa delle 3 classi fondamentali.

#### 4.11. **ExtractNetwork**

Al fine di estrarre i canali che compongono la rete idrografica, si utilizza il comando **ExtractNetwork** presente nel modulo **Network**.

Si possono utilizzare 3 metodi per creare questa mappa:

1. Si pone una soglia limite sulla mappa delle aree contribuenti in modo tale da visualizzare solo i canali che hanno area maggiore di quella posta dalla soglia. Ovviamente, maggiore sarà il valore limite, minore sarà il numero di canali. Per la nostra mappa è stata posta una soglia di 100, per poi alzarla fino 2000 (nella figura 4.11.1. in verde).
2. Anche in questo caso occorre istituire un valore limite, che non deve essere superato per evidenziare un numero equilibrato di canali; in questo caso si pone su una mappa che è il prodotto delle aree contribuenti e delle pendenze. Per questo metodo si è partiti da una soglia di 30 fino a 55 (nella figura 4.11.1. in rosso).
3. L'ultimo metodo è quello più raffinato e vede di porre una soglia su una mappa analoga a quella del secondo metodo, ma stavolta solamente sui punti convergenti, sfruttando quindi lo sforzo tangenziale, e le mappe appena create delle classi topografiche. Anche in questo caso è stata utilizzata una soglia di 20 (Figura 4.11.2.) fino ad arrivare a 40 (Figura 4.11.3.); (nella Figura 4.11.1. in blu).

L'output restituisce una mappa raster, che può anche essere vettorializzata (utilizzando **NetworkAttributesBuilder**), e che se interrogata sui punti delineanti la rete idrografica visualizza i valori 2 mentre su punti al di fuori dei canali nessun valore.

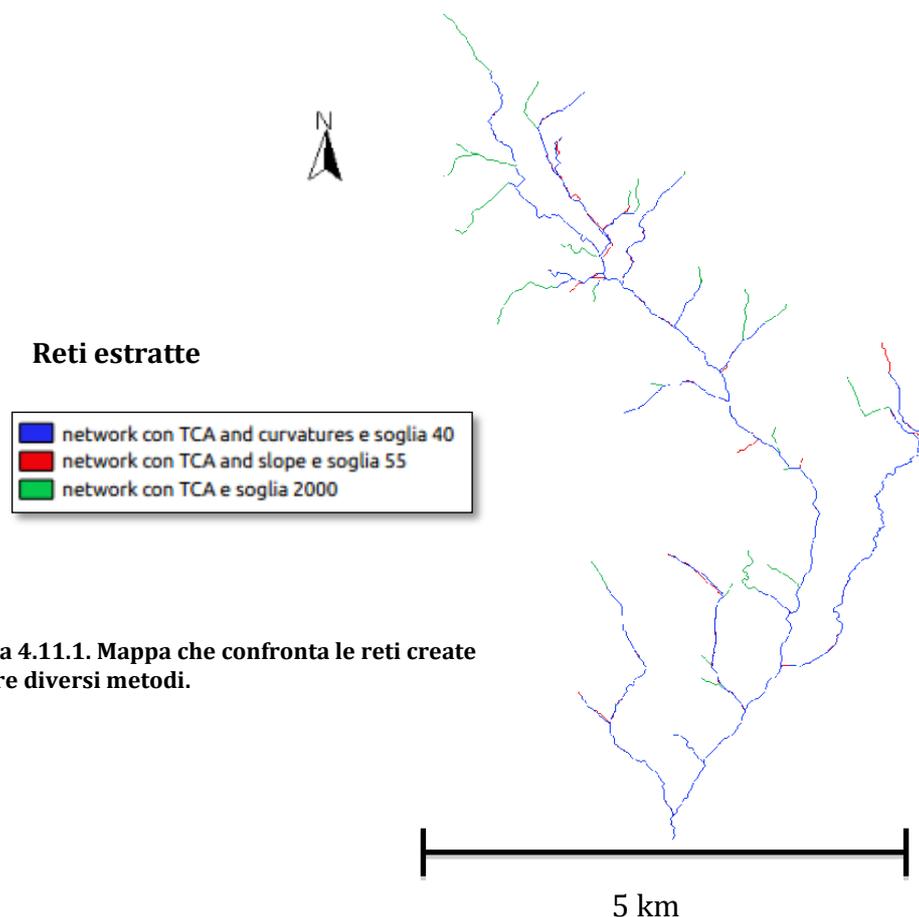


Figura 4.11.1. Mappa che confronta le reti create con tre diversi metodi.

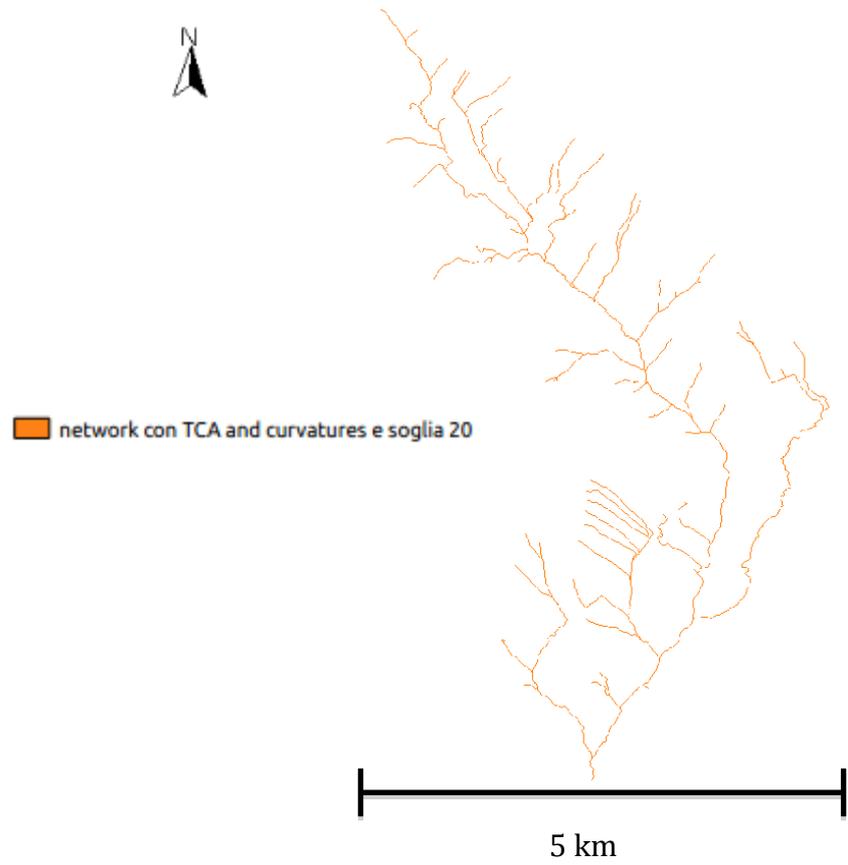


Figura 4.11.2. Mappa con soglia bassa (20).

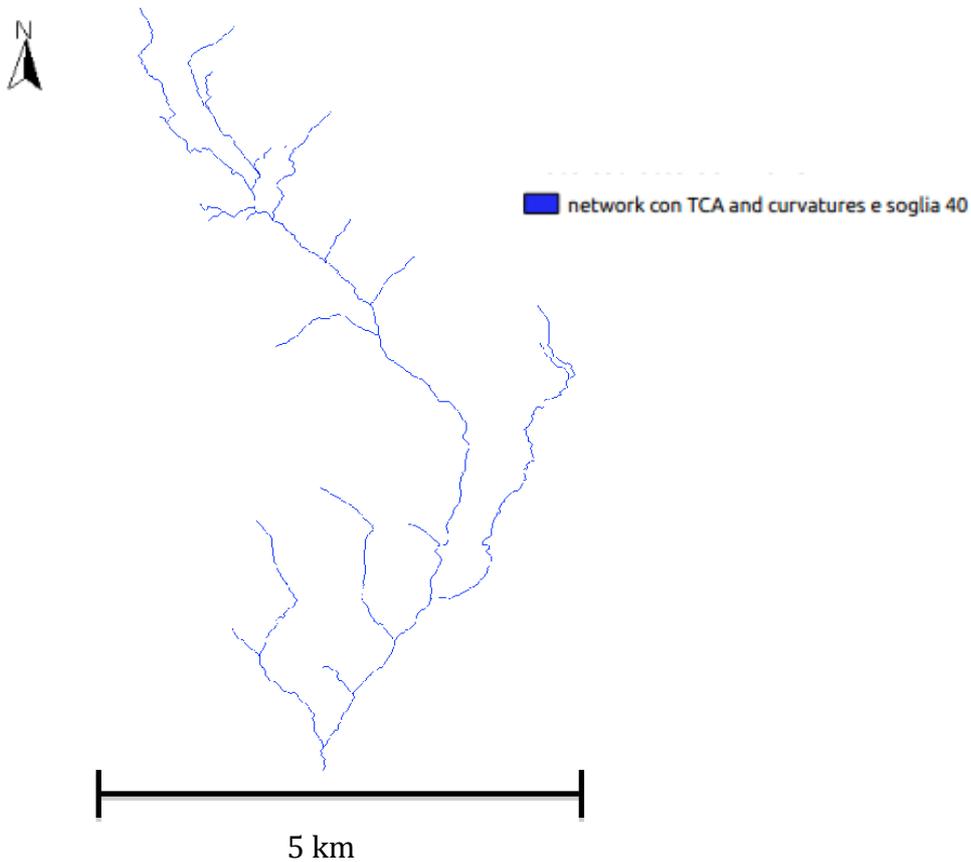


Figura 4.11.3. Mappa con soglia definitiva (40).

Confrontando il reticolo da noi individuato con quello presente nel database del Geoportale della Provincia Autonoma di Trento (Figura 4.11.4.), si nota, tra gli ipotetici affluenti del Rio, un ramo particolarmente sviluppato sul versante Est del bacino; questo tratto, che dovrebbe passare per il Comune di Cembra per poi seguire una strada che collega l'abitato con i campi di vitigni sottostanti fino a sfociare nel Rio da noi studiato, non esiste realmente.

A supporto di quest'osservazione, anche durante il rilevamento sul posto non è stato individuato.

Data l'elevata presenza di vigneti l'ipotesi che si potrebbe avanzare è che questo corso d'acqua (indicato dalle frecce rosse) è stato deviato o occluso per permettere la sovrastante coltivazione.

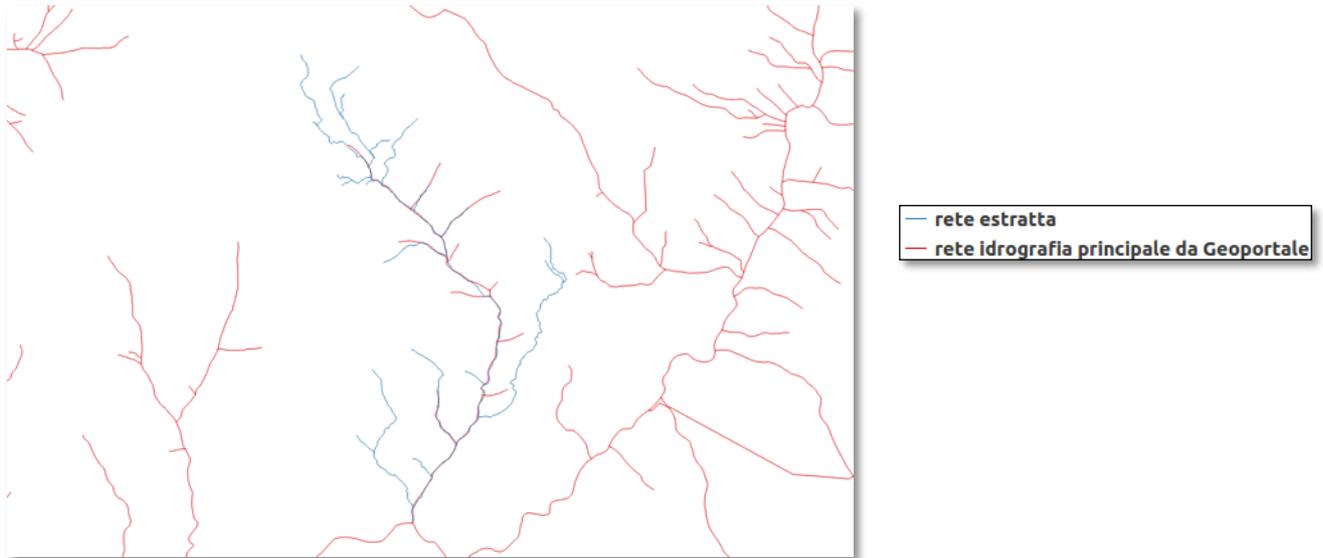


Figura 4.11.4. Mappa del confronto fra la rete estratta e quella ufficiale.



Figura 4.11.5. Zoom sull'affluente su Google Earth.

#### 4.12. Wateroutlet

Questo comando, presente all'interno delle **Dem Manipulation**, ci permette di estrarre il bacino d'interesse tramite la determinazione nella rete appena estratta del punto di chiusura del bacino.

Prima di tutto, questo punto va individuato sulla mappa vettoriale della rete idrostatica appena estratta; si prendono le sue coordinate per poi copiarle all'interno di Stage e si associa anche al punto di chiusura lo stesso valore che presentano i canali idrografici, pari a 2 nel nostro caso.

La mappa in output restituisce la maschera del bacino e tutti i punti al suo interno assumono il valore di 1, mentre i punti esterni ad esso *no value*.

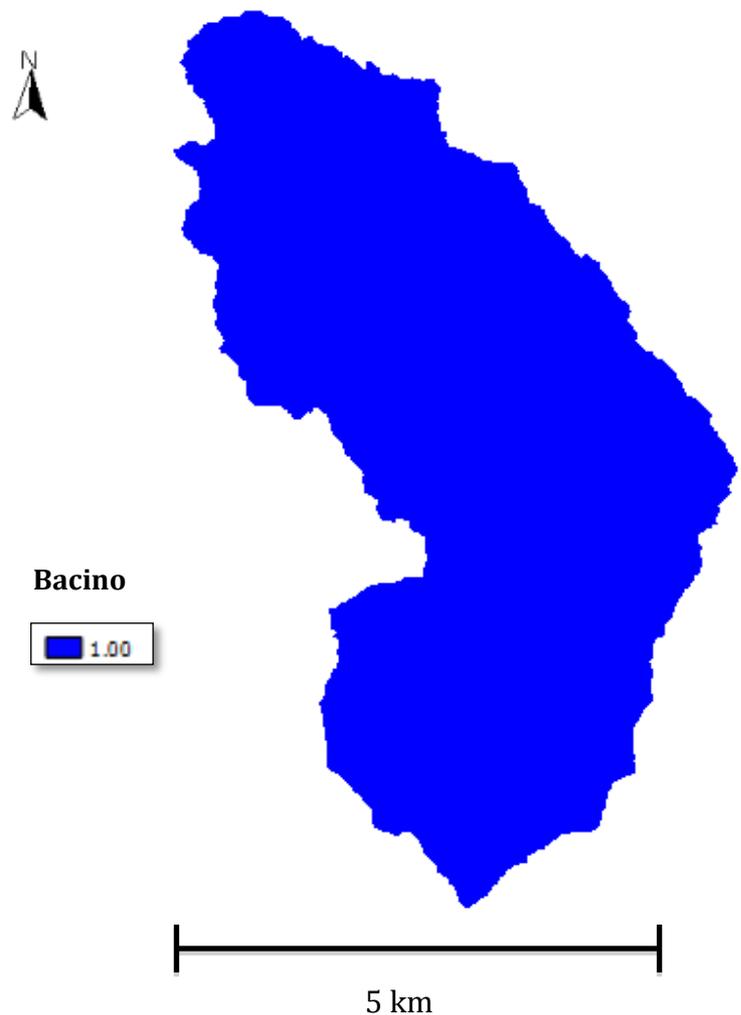


Figura 4.12.1. Mappa che delinea il bacino.

Il bacino estratto risulta essere accettabile se confrontato con quello scaricato dal Geoportale, eccetto per l'area situata nell'intorno dell'affluente che non esiste realmente (indicata dalla freccia rossa).



Figura 4.12.2. Mappa che mette a confronto il bacino estratto e quello del Geoportale.

Tutte le mappe fino ad ora presentate e quelle poi successivamente create dopo il **Wateroutlet** sono state ricavate grazie al comando **CutOut**, che utilizza come maschera il bacino appena estratto.

#### 4.13. NetNumbering

Successivamente si rende necessario individuare la rete di drenaggio del Rio e dei sottobacini dell'area individuata, utilizzando il comando **NetNumbering** presente in **Network** nelle **Horton Machine** di Stage.

Anche in questo caso è necessario giocare sulle soglie da porre in modo tale da non visualizzare un numero troppo elevato di sottobacini e di rami per bacino, applicando nel nostro caso un valore di 1000000.

Le mappe che vengono create come output sono:

- La mappa dei sottobacini, che verrà poi vettorializzata tramite il comando **Vectorizer** in **Vector**, la quale numera tutti i sottobacini individuati.

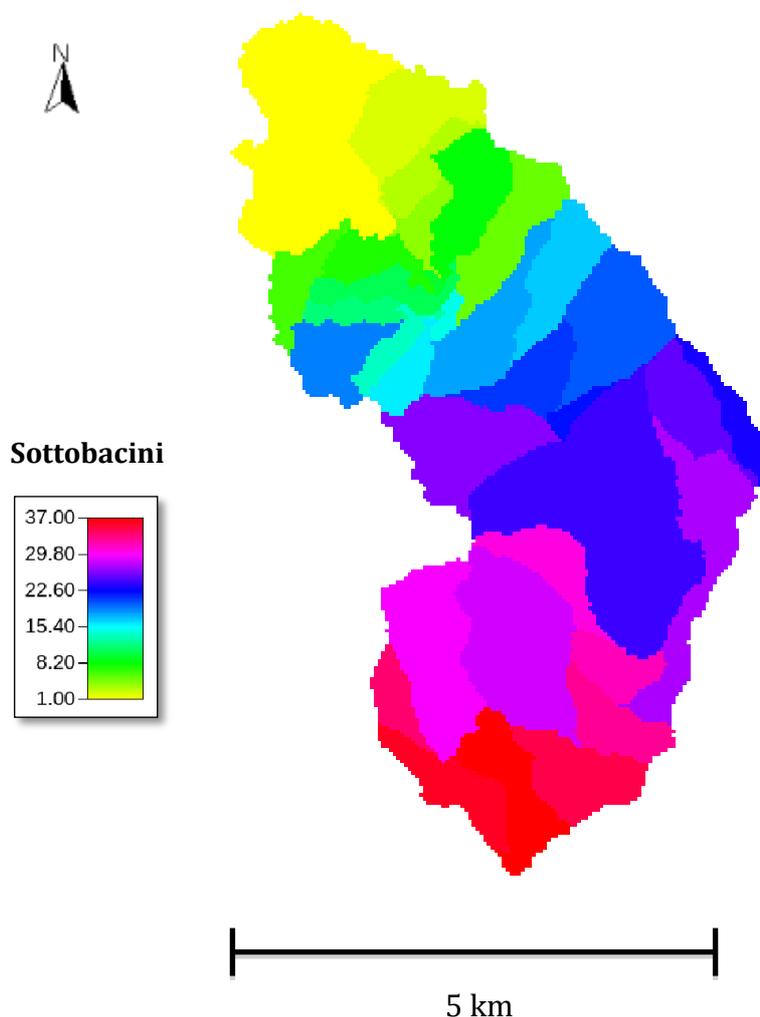


Figura 4.13.1. Mappa dei sottobacini.

- La mappa che delinea e numera la rete di drenaggio e che può essere trasformata in un vettoriale in Stage, grazie a **NetworkAttributesBuilder**.

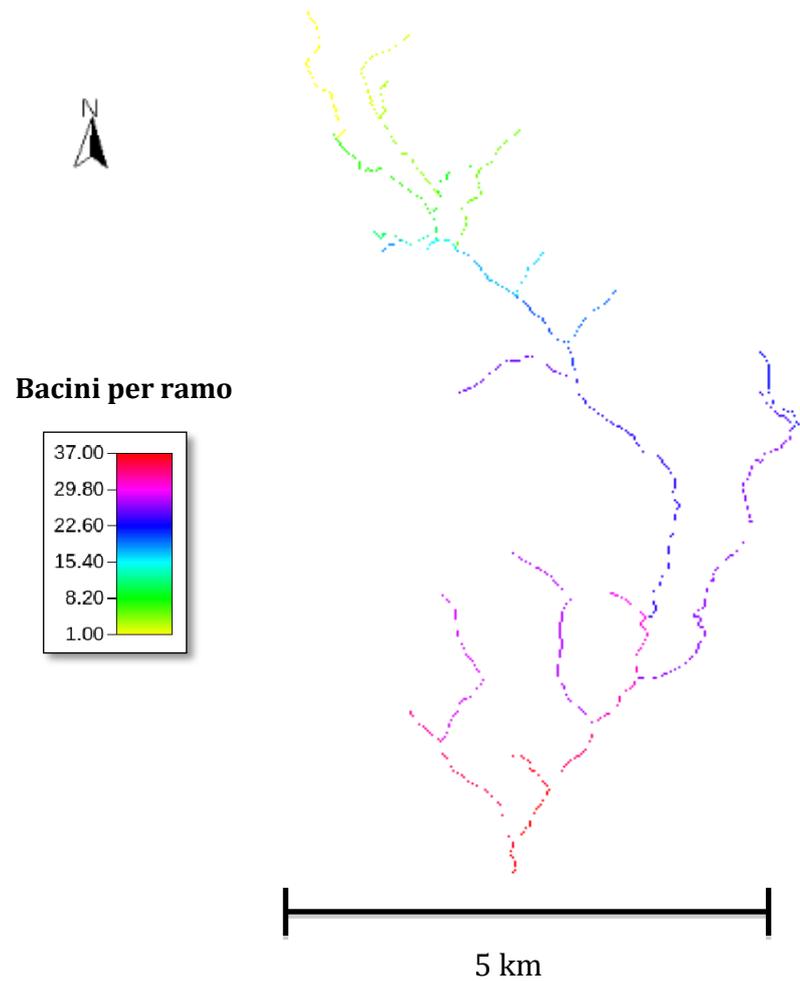


Figura 4.13.2. Mappa dei sottobacini afferenti per ogni ramo.

Come si può notare dalle mappe il numero di sottobacini coincide con il numero dei sottobacini per ramo ed è pari a 37.

#### 4.14. VectorReshaper

Questo comando è in grado di restituire una mappa vettoriale che evidenzia per ogni sottobacino il suo centroide; di seguito viene riportata questa mappa sovrapposta a quella vettoriale dei sottobacini.

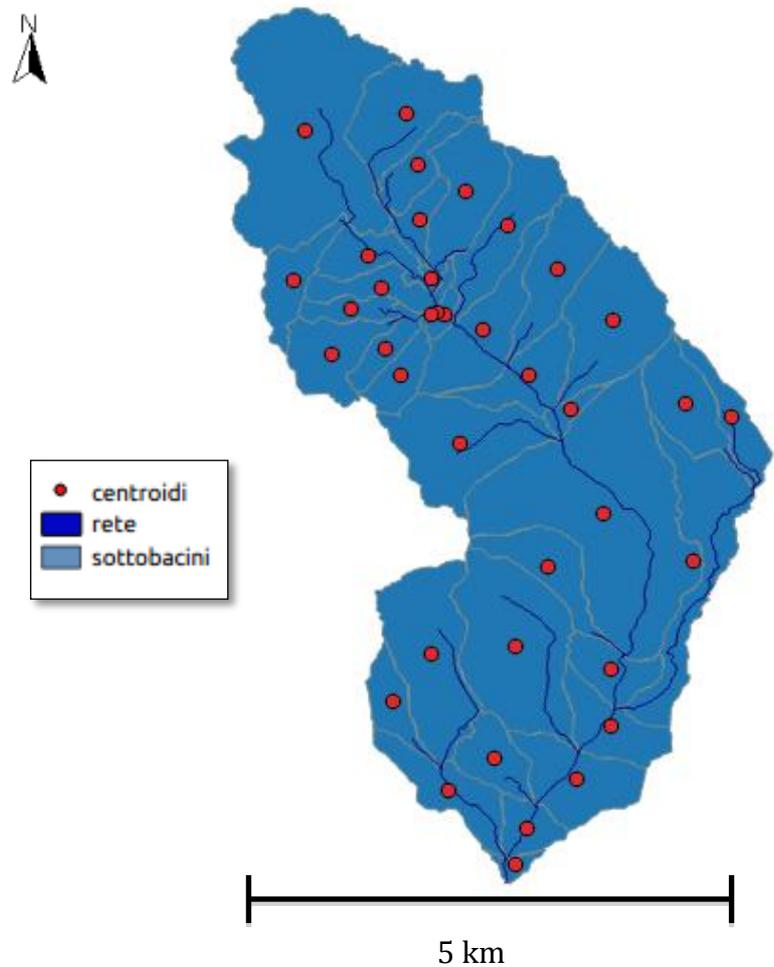
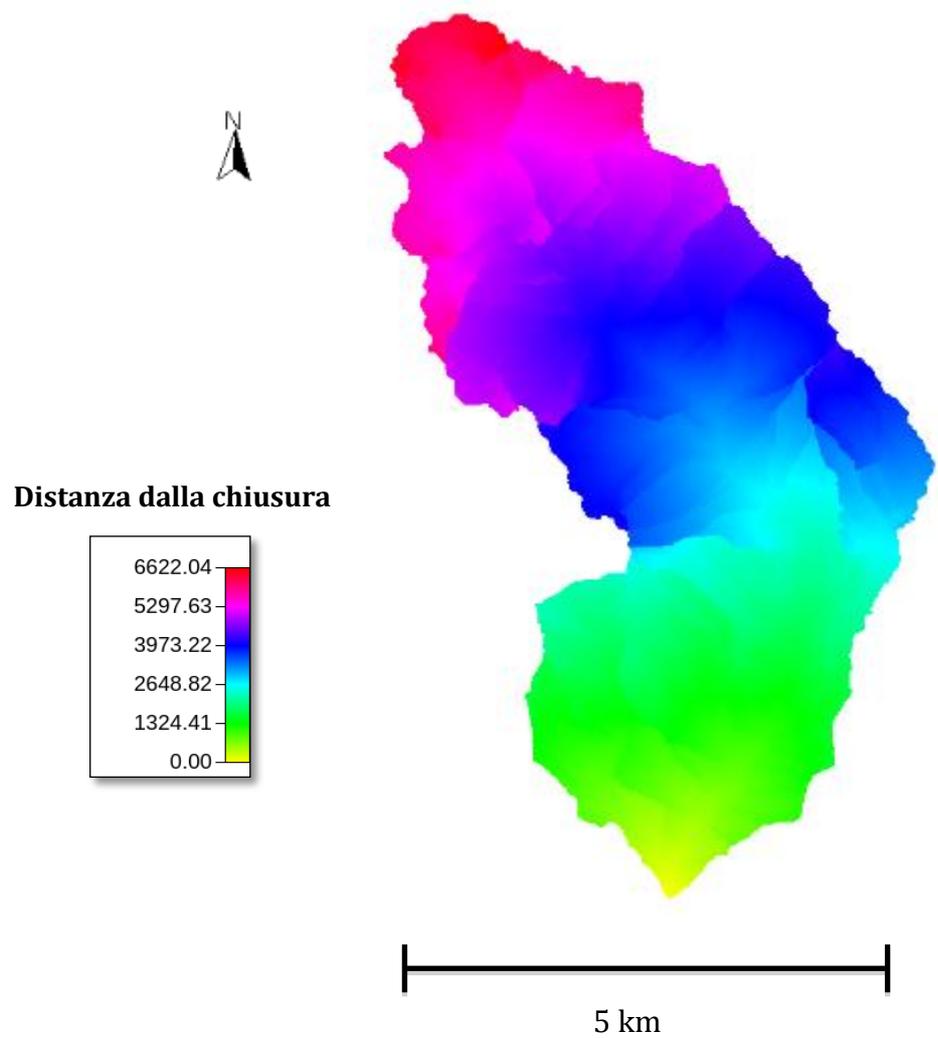


Figura 4.14. Mappa dei centroidi.

#### 4.15. DistanceToOutlet

La mappa, che questo comando crea, è in grado di indicare la distanza dal punto di chiusura scelto nel bacino per ogni pixel (si trova all'interno della famiglia delle **Network**).



**Figura 4.15.** Mappa che indica la distanza dal punto di chiusura.

#### 4.16. **Ab**

Per creare una mappa che sia in grado di visualizzare l'area drenante per unità di lunghezza ( $A/b$ ) e la lunghezza della curva di livello ( $b$ ), che passa per ogni punto avente un'area contribuyente uguale ad  $A$ , si utilizza il comando **Ab** appartenente alla famiglia della **Geomorphology**.

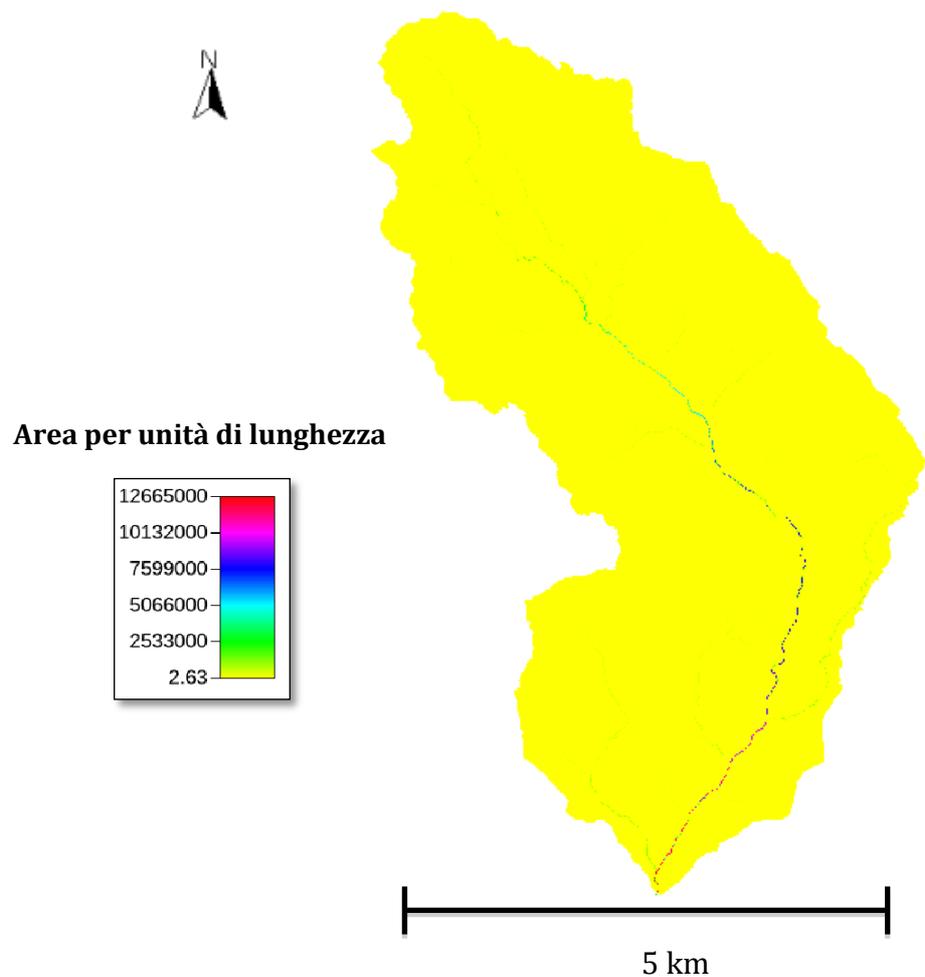


Figura 4.16. Mappa area drenata.

#### 4.17. Hacklength

Il comando **Hacklength** risulta utile al fine di creare una mappa che individui lungo la rete idrografica la lunghezza di Hack: distanza che separa ogni punto del bacino dallo spartiacque.

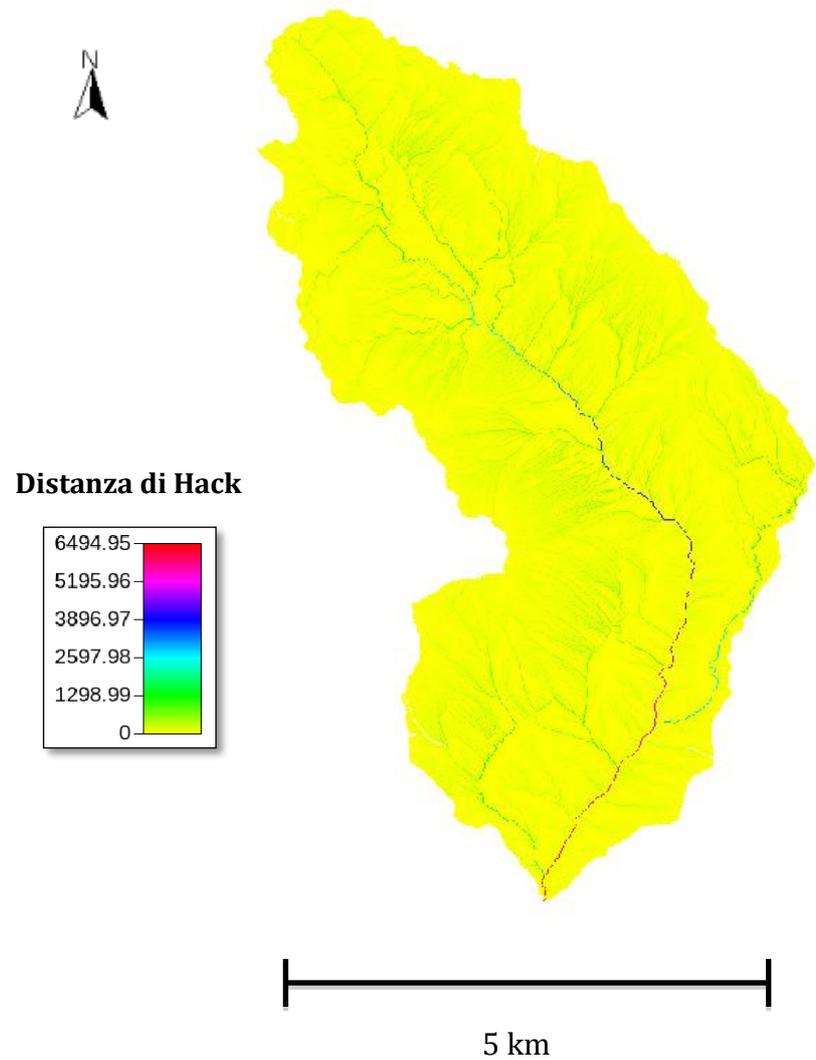


Figura 4.17. Mappa che individua distanza dallo spartiacque.

#### 4.18. TopIndex

TopIndex permette di calcolare la tendenza di un pixel a saturarsi, quindi di determinare il suo indice topografico  $T_I$ :

$$T_I = \log \left( \frac{A}{b |\nabla z|} \right)$$

Dove:

- $A$  è area contribuente;
- $b$  il perimetro drenato;
- $z$  la pendenza.

Se il valore è alto significa che il punto giungerà a saturazione prima, solitamente questi punti hanno pendenza minore.

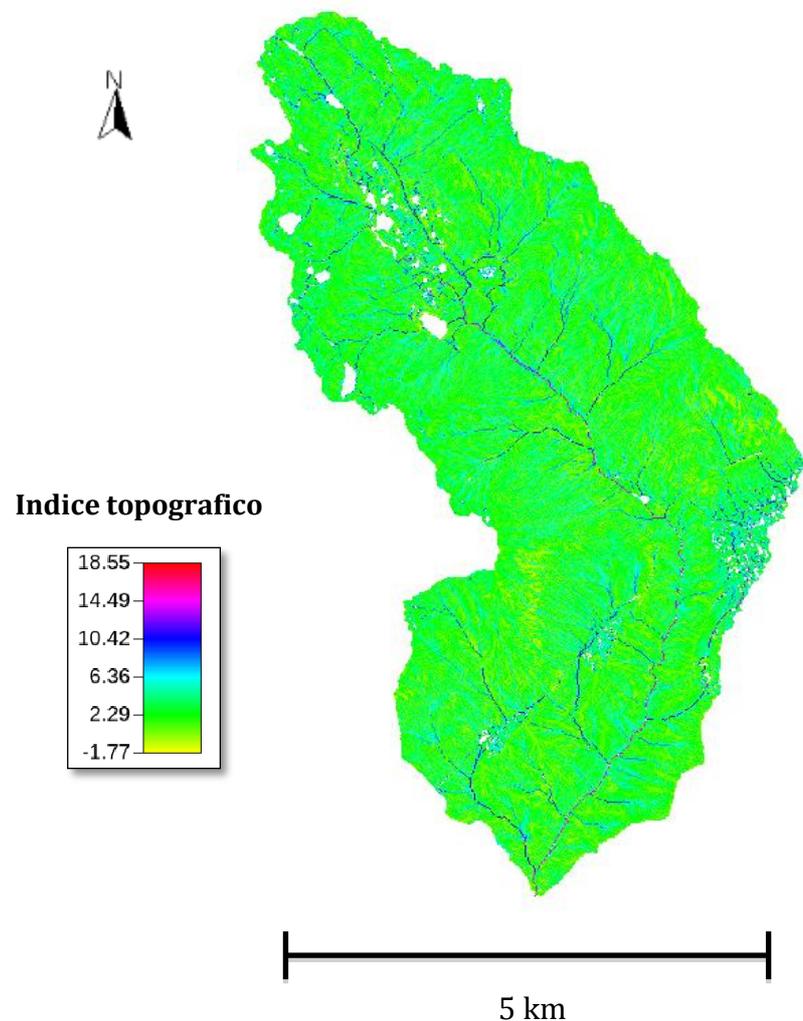


Figura 4.18.1. Mappa che determina tendenza a saturazione.

Come si può notare dalla mappa (Figura 4.18.1.), sono presenti alcune zone che non sono state classificate poiché il rapporto area cumulata su pendenza tende ad infinito; al fine di risolvere

tale problema, si assegna ai pixel con valore nullo di indice topografico il valore massimo della mappa grazie al comando **Mapcalc**.

Viene restituita come output una mappa che colora, quindi assegna un valore, anche a queste aree (Figura 4.18.2.).

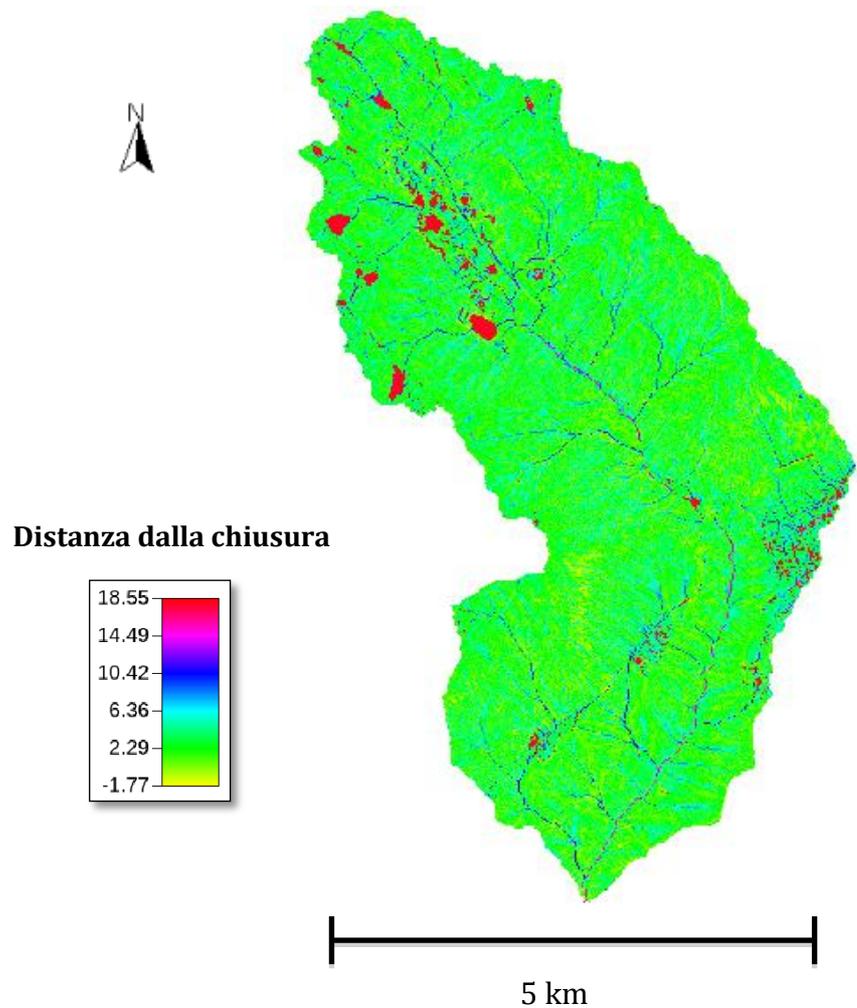


Figura 4.18.2. Mappa indicante la distanza dal punto di chiusura in ogni punto.

#### 4.19. RescaleDistance

E' possibile calcolare anche le distanze, lungo la rete di drenaggio, dall'uscita del bacino tramite il comando **RescaleDistance**; le distanze sono individuate grazie alle diverse velocità nei versanti e nella rete idrografica, vengono cioè "riscalate".

Per questo si utilizza il parametro  $r$ , indicante il rapporto tra la velocità nei canali ( $u_c$ ) e nei versanti ( $u_h$ ):

$$r = \frac{u_c}{u_h}$$

Imponendo  $r$  pari ad 1 si ottiene una mappa delle distanze semplici:

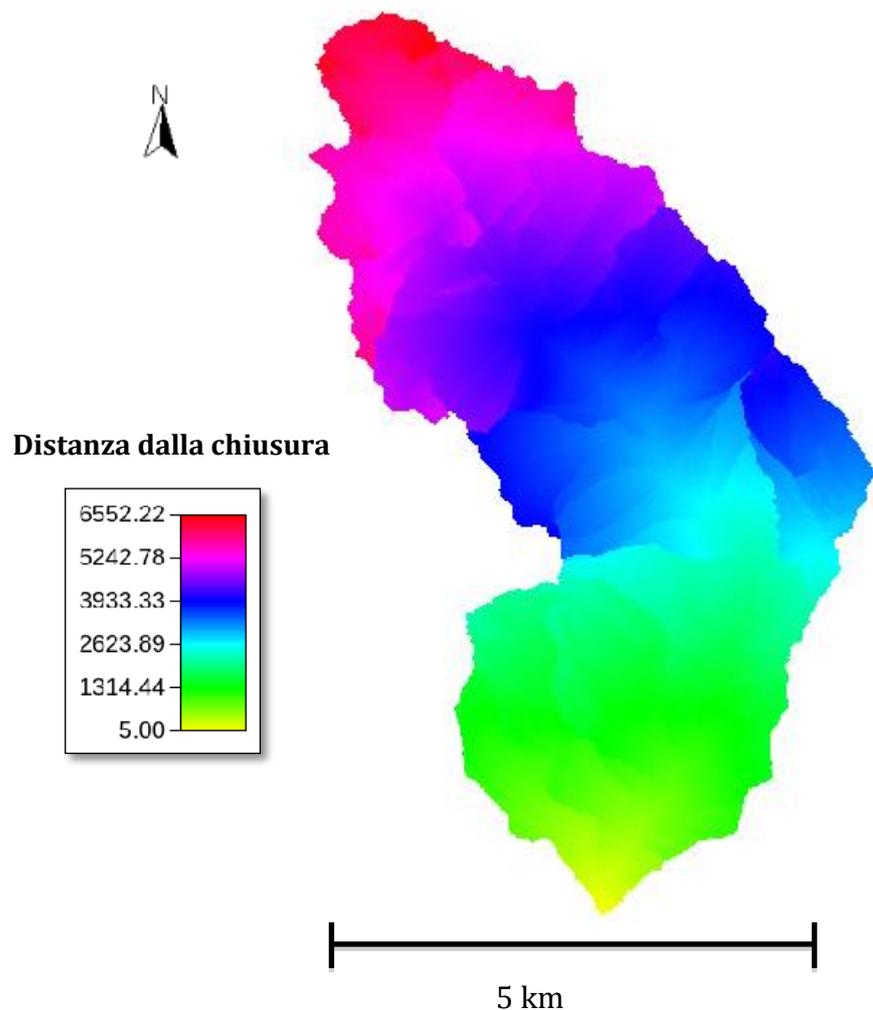


Figura 4.19.1. Mappa delle distanze semplici.

Se invece si pone  $r$  pari a 10 verrà creata la mappa "riscalata":

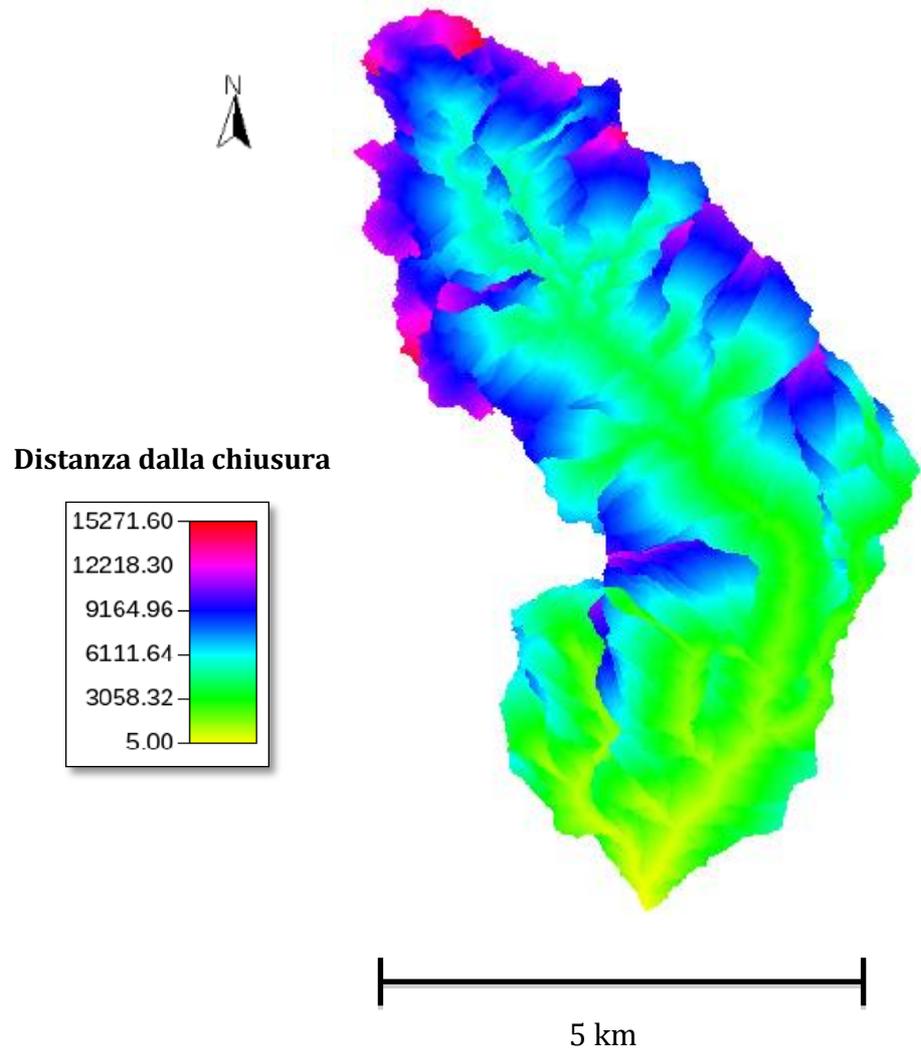


Figura 4.19.2. Mappa delle distanze "riscalata".

#### 4.20. **Magnitudo**

Il comando **Magnitudo** permette di calcolare a monte per ogni punto il numero di sorgenti in cui inizia il canale.

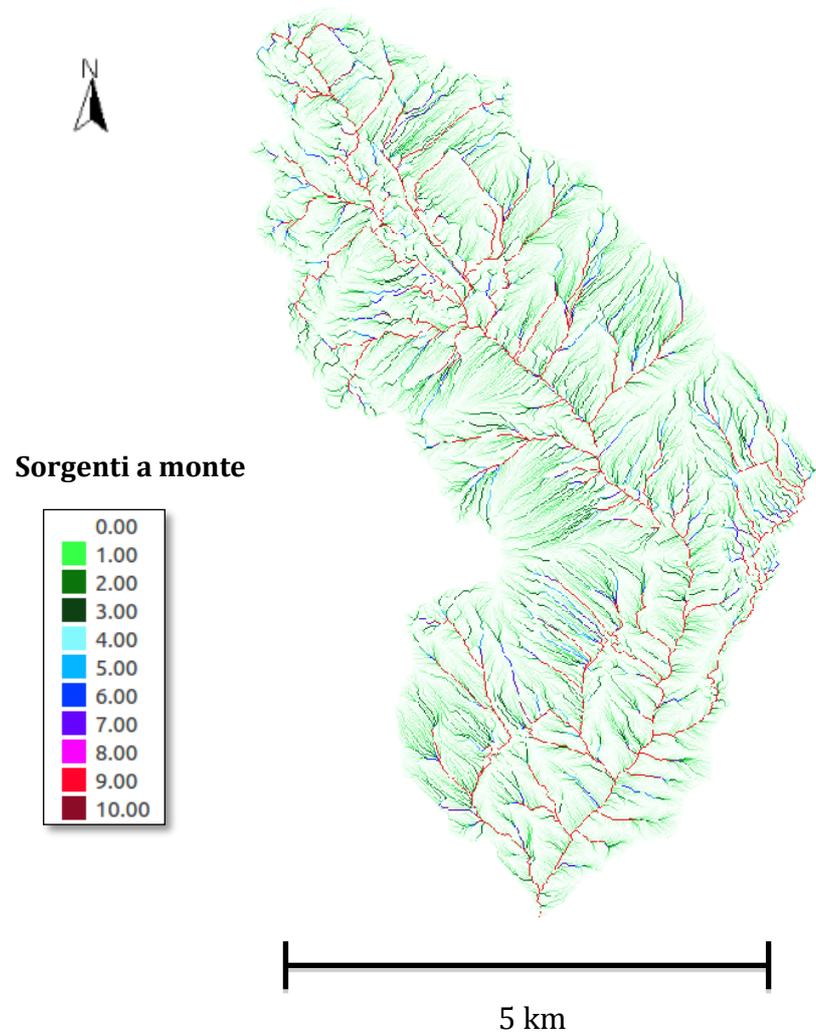


Figura 4.20. Mappa che delinea il punto d'inizio dei canali.

#### 4.21. HackStream

Questo strumento di QGis è in grado di numerare i canali all'interno del bacino seguendo la numerazione di Hack: cioè al canale principale viene attribuito il valore 1, a quello che si immette in quest'ultimo 2, e via dicendo.

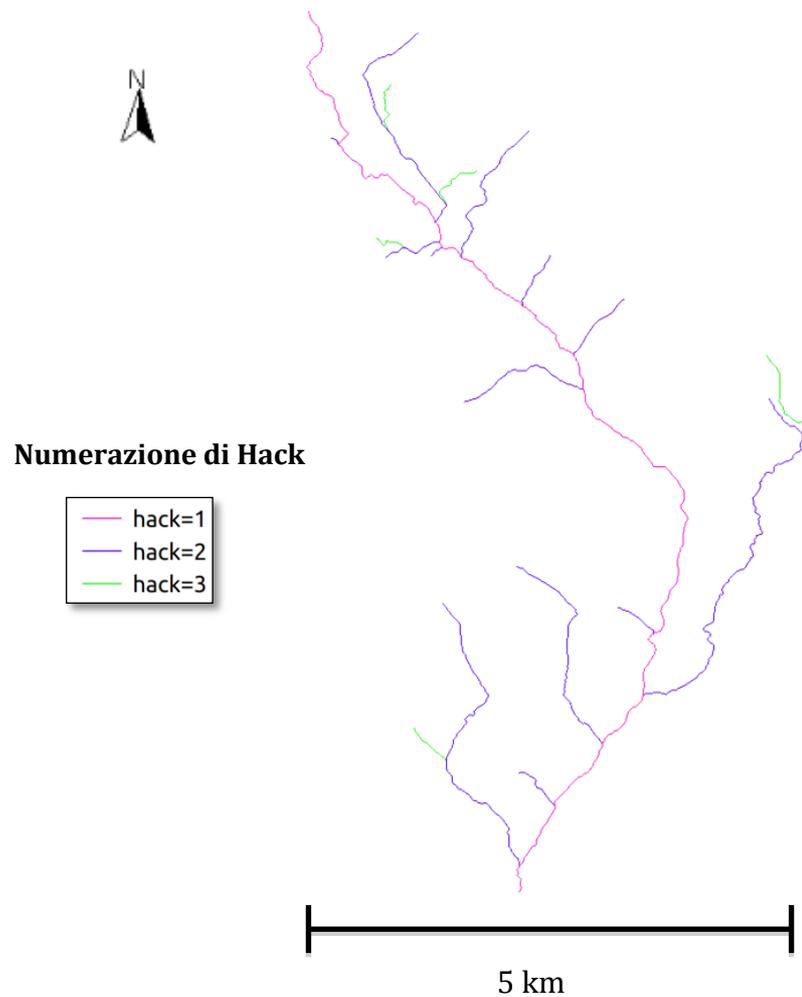


Figura 4.21. Mappa della numerazione dei canali secondo Hack.

#### 4.22. Strahler

Anche questo strumento di QGis numera i canali, questa volta però secondo la numerazione di Strahler che attribuisce il valore 1 alla sorgente, successivamente all'intersezione di due rami di uguale ordine  $n$  se ne forma uno di ordine  $n+1$ , mentre se si intersecano due rami di diverso ordine  $m$  e  $k$  quello risultante assume l'ordine del ramo maggiore.

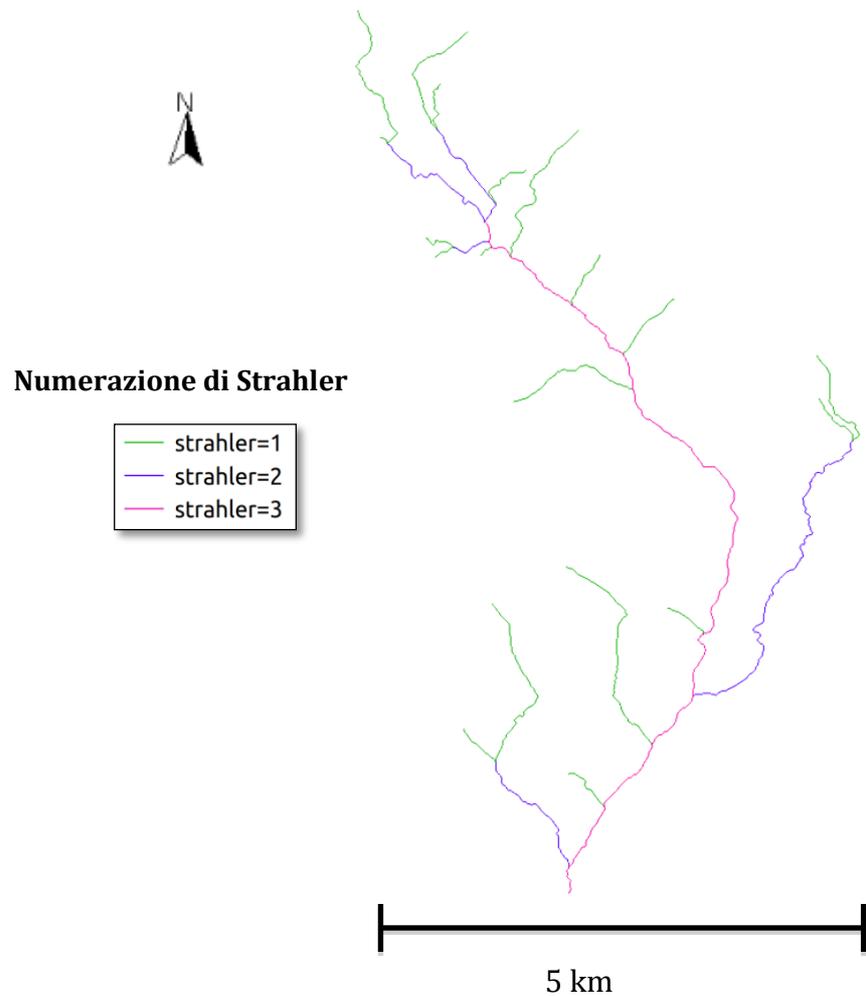


Figura 4.22. Mappa della numerazione dei canali secondo Strahler.

## 5. Analisi con R

Al fine di rendere l'analisi Idro-Geomorfologica più completa sono stati tracciati i grafici della distribuzione delle quote e delle pendenze del bacino all'interno del programma RStudio (0.98.1103).

Ciò è stato possibile grazie all'utilizzo del comando **RasterSummary** all'interno di Stage, che fornisce come output valori come massimo, minimo, deviazione standard e i dati relativi alle quote, che sono poi stati copiati in un apposito file txt, aperto successivamente in RStudio per creare grafici ed istogrammi.

### 5.1. Distribuzione delle quote

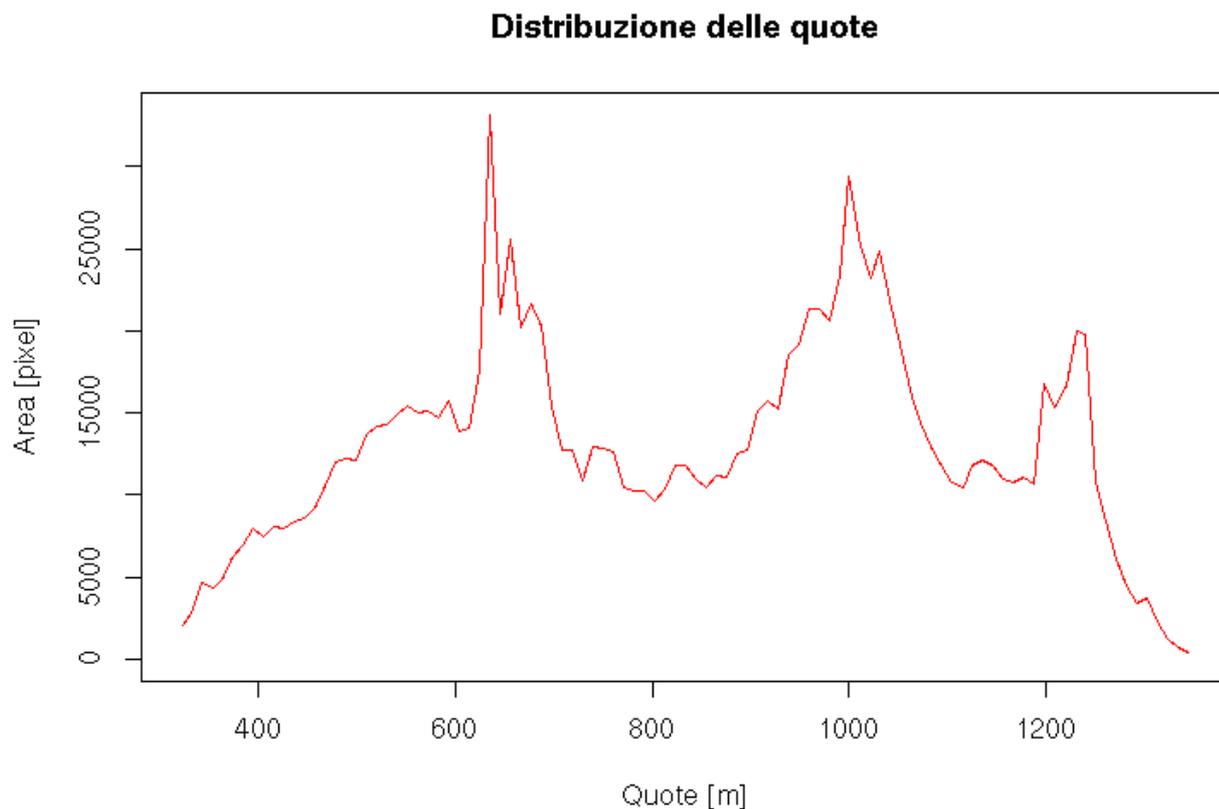


Figura 5.1. Grafico della distribuzione delle quote ottenuto con R.

5.2. Distanza dal punto di chiusura

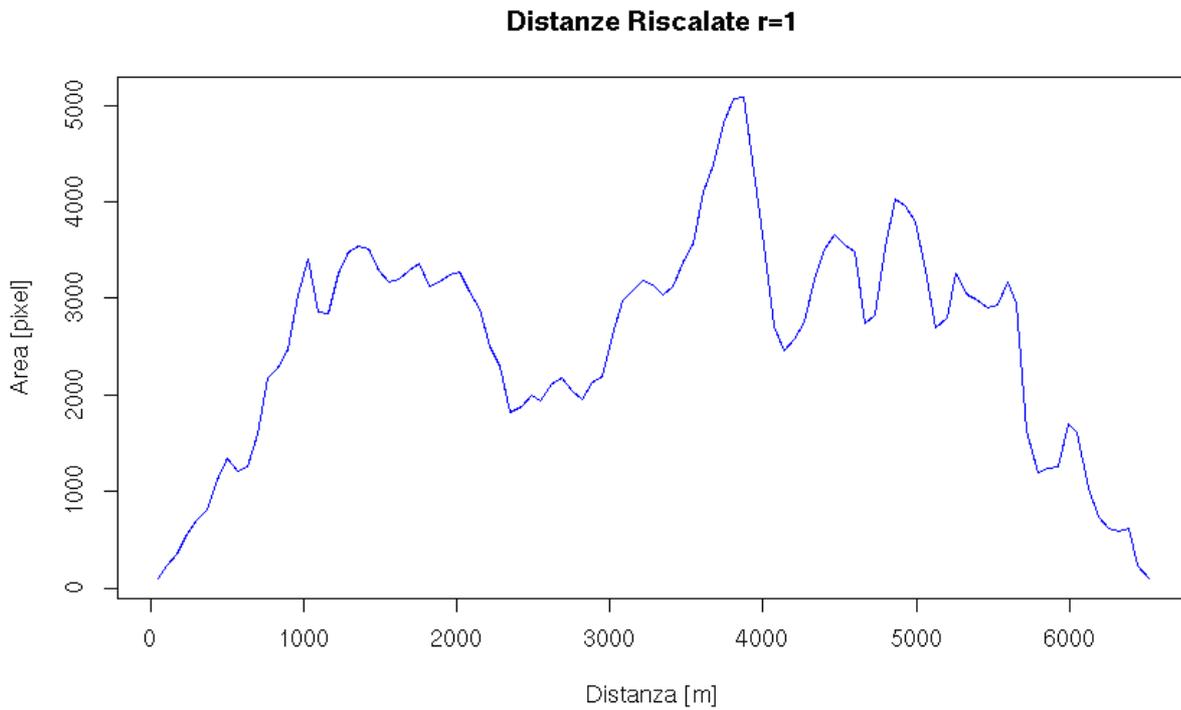


Figura 5.2.1. Grafico della distanza semplice dal punto di chiusura.

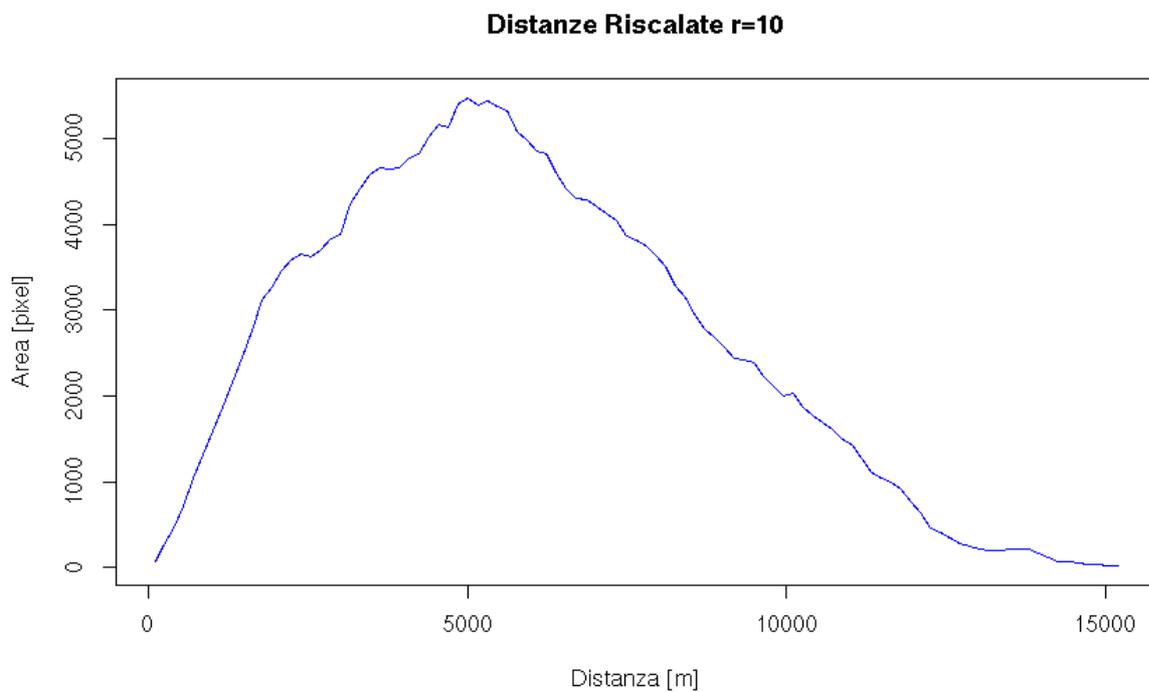
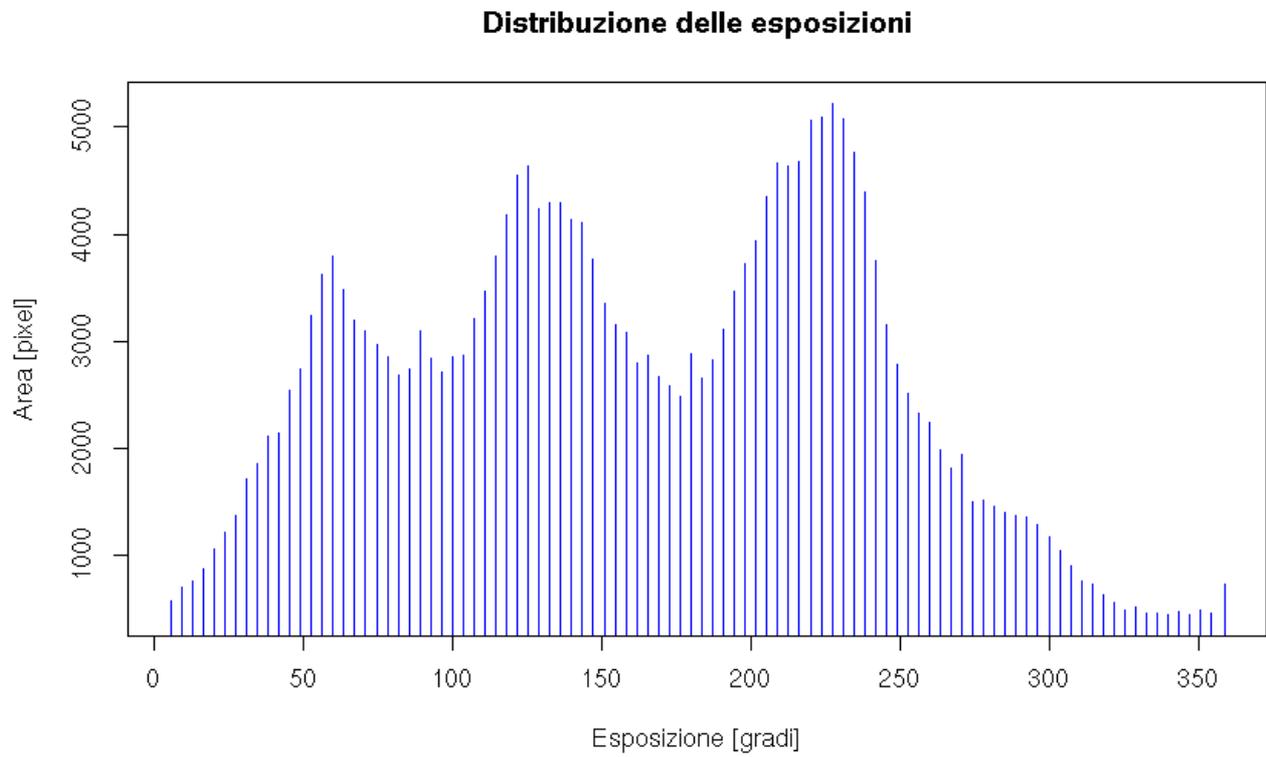


Figura 5.2.3. Grafico della distanza riscalata dal punto di chiusura.

5.3. Distribuzione dell'esposizione



**Figura 5.3. Grafico che delinea la distribuzione dell'esposizione.**

## 6. Bibliografia e sitografia

- *Slides sulle Horton Machine*, Riccardo Rigon, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Trento 2015:  
<http://abouthydrology.blogspot.it/2013/03/the-horton-machine-udig-jgrasstools.html> .
- Il sito Trentino cultura, nell'area toponomastica:  
[http://www.trentinocultura.net/asp\\_cat/main.asp?IDProspettiva=74&TipoVista=Scheda&IdObj=2101139&Pag=1&IdSel=2&IdSelTopoN=2&SearchType=SINGLEROW\\_SEARCH](http://www.trentinocultura.net/asp_cat/main.asp?IDProspettiva=74&TipoVista=Scheda&IdObj=2101139&Pag=1&IdSel=2&IdSelTopoN=2&SearchType=SINGLEROW_SEARCH) .
- AA.VV. *Storia di Cembra*, 1994 - Casa Editrice Panorama, Trento  
Pubblicazione realizzata con il contributo del Consorzio dei Comuni della Provincia di Trento BIM dell'Adige e della Cassa Rurale di Giovo.
- *Relazione idrogeomorfologica sul Rio Negro (Tn)*, Damiano Zampieri.
- *Relazione idrogeomorfologica, analisi del bacino Rio Foce*, Aaron Iemma Federica De Vecchi.
- Il sito del comune di Cembra: <http://www.comunedicembra.it> .