

**Università degli Studi di Trento**

**Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica**



Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio  
Anno Accademico 2014/2015

Corso: Idrologia  
Docente: Riccardo Rigon

## **Analisi idro-geomorfologica Bacino Torrente Vela**

Francesco De Bortoli	153738
Alberto De Luca	160073

# Indice

Introduzione	pag. 3
Analisi idro-geomorfologica con Stage	pag. 4
DTM	pag. 4
Direzioni di drenaggio	pag. 6
Markoutlets	pag. 8
Pendenza	pag. 9
Esposizione	pag. 10
Curvatura	pag. 13
Forme topografiche	pag. 15
Estrazione del reticolo idrografico	pag. 17
Estrazione del bacino	pag. 19
Estrazione dei sottobacini	pag. 20
Indice topografico	pag. 22
Gradiente	pag. 24
Distanze riscalate	pag. 25
Sopralluogo	pag. 28
Note	pag. 36
Bibliografia e sitografia	pag. 36

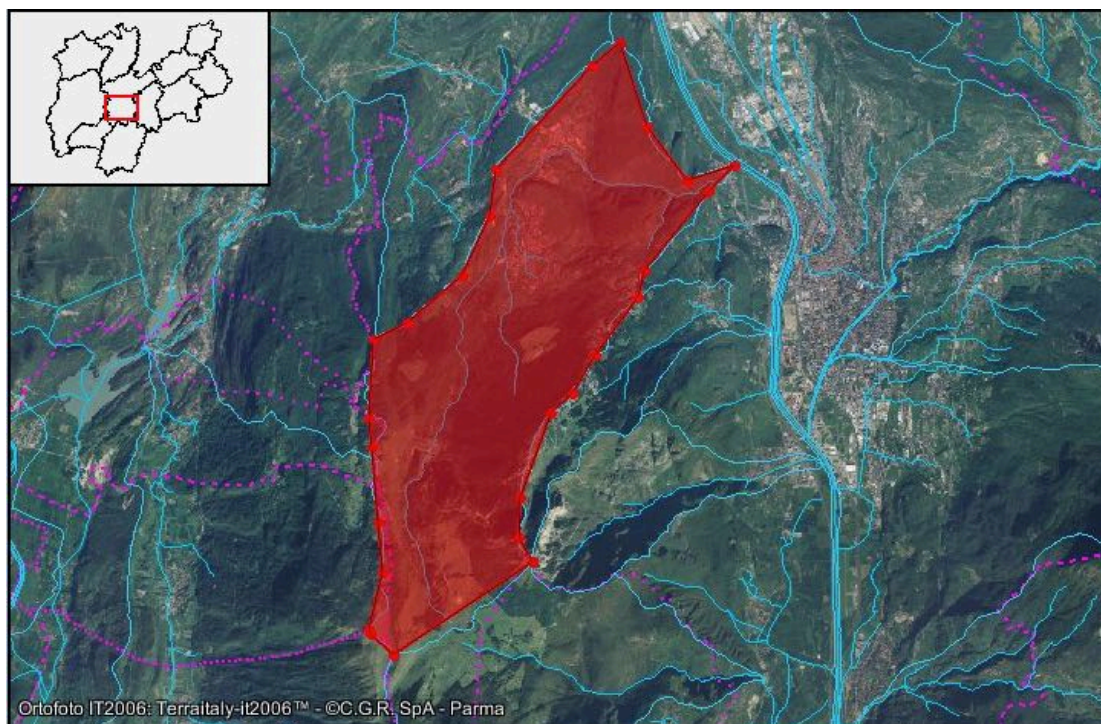
## INTRODUZIONE

L'oggetto della presente analisi idro-geomorfologica è il bacino del Torrente Vela che si estende su di una superficie di circa 25 km<sup>2</sup>.

Il torrente si sviluppa interamente nel Comune di Trento con una lunghezza dell'asta principale di circa 12km.

La sua sorgente si trova a quota 1550 m s.l.m. a Palù di Bondone, alle pendici delle Tre Cime del Monte Bondone.

Scende poi lungo il pendio nord-ovest della montagna attraversando i centri abitati di Sopramonte, Cadine e Vela. Infine sfocia, sempre in località Vela, a nord-ovest della città di Trento, nel fiume Adige come affluente di destra ad una quota 195 m s.l.m.



*Immagine 1. Localizzazione geografica del bacino.*

## Analisi idro-geomorfologica con Stage

Dalla pagina web-Gis dell'università di Trento sono stati scaricati i fogli DTM, la mappa dei fiumi e la mappa dei bacini della zona circostante il torrente Vela.

Al fine di eseguire l'analisi idro-morfologica del bacino di interesse è stato utilizzato il programma Stage, fornitoci dall'università, che contiene varie funzioni per l'analisi della rete e del bacino idrografico.

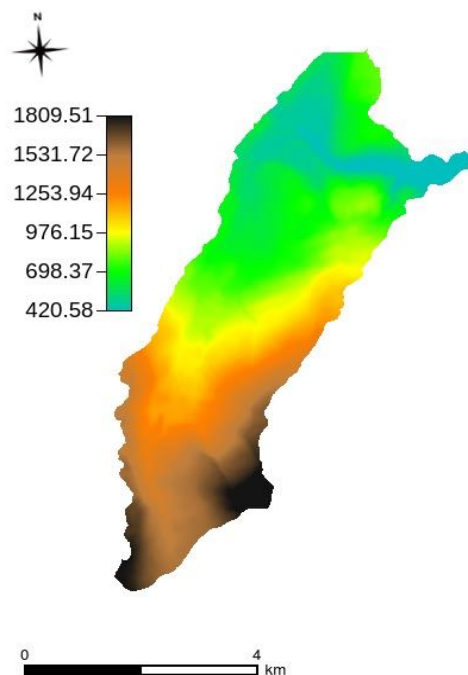
Il sistema di riferimento utilizzato è ROMA40 [codice EPSG: 3003 Monte Mario] in proiezione Gauss-Boaga.

### DTM

Il DTM è stato scaricato dalla pagina <http://mapserver.ing.unitn.it/webgis/iniz.phtml> con risoluzione 10x10 metri.

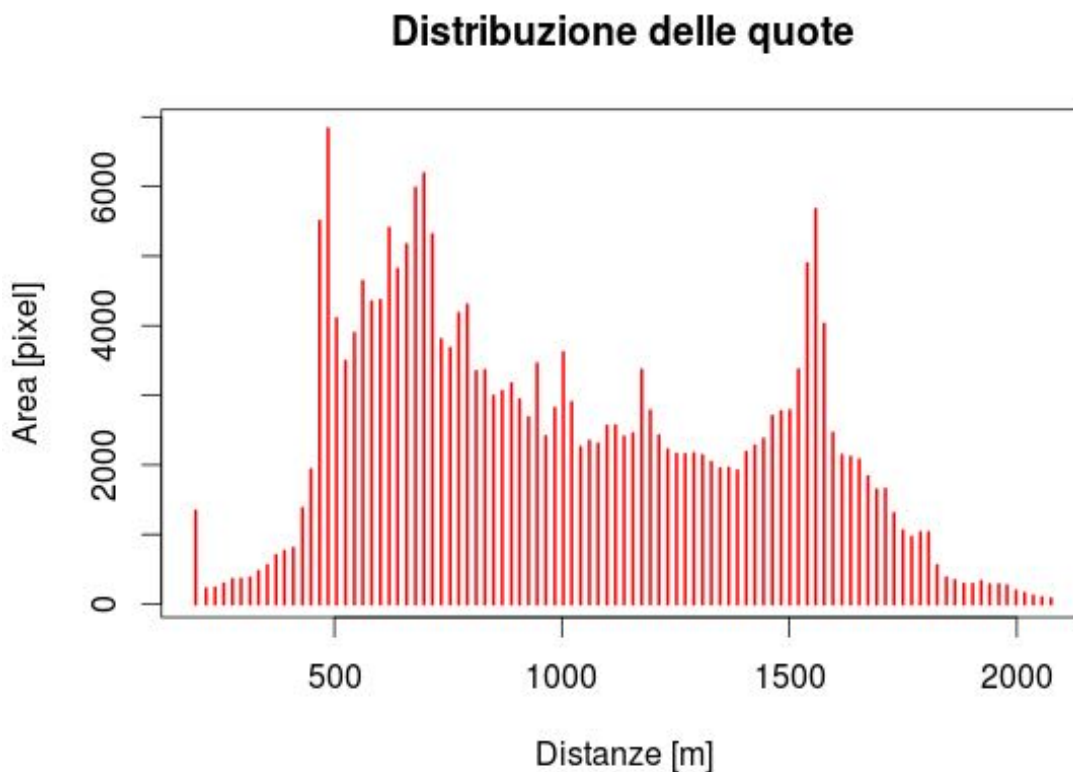
Il DTM (modello digitale del terreno) rappresenta la distribuzione delle quote (coordinate  $z = f(x,y)$ ) di una superficie. La sua costruzione avviene tramite il metodo degli elementi finiti. Un modo per farlo è dividere la superficie in maglie quadrate. Per ogni pixel esistono 8 possibili direzioni di drenaggio, essendo 8 pixel confinanti con il pixel scelto.

Per poter definire in maniera univoca le direzioni di drenaggio, tutti i punti di depressione presenti nel DTM devono essere riempiti mediante il comando **Pitfiller**. Questi punti di depressione sono dovuti ad errori di calcolo nella creazione del DTM e, siccome l'elaborazione riguarda in genere meno del 1% dei punti presenti, si riporta solo la mappa del DTM già dipintata.



*Mappa 1. DTM dipintato del bacino del torrente Vela.*

Si riporta di seguito il grafico rappresentante la distribuzione delle quote all'interno del bacino oggetto di studio, calcolato con il programma di calcolo statistico R.

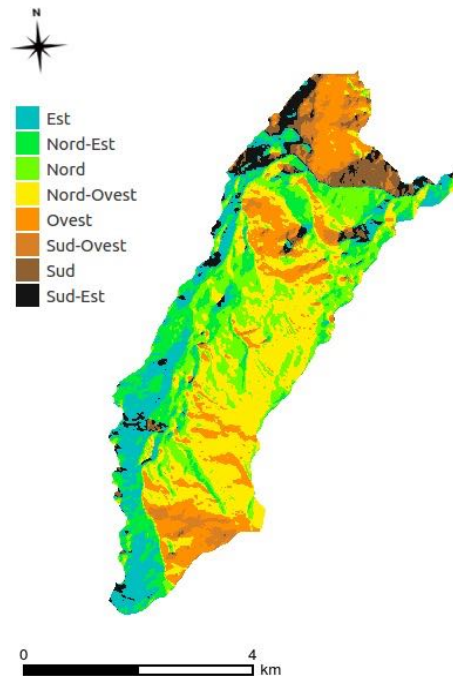


*Grafico 1. Distribuzione delle quote.*

Come si può osservare dalla mappa e dal grafico sopra riportati, il bacino si colloca prevalentemente in un intervallo di quote compreso fra i 200 - 300m e i 1700m, risulta quindi confermato quanto detto nell'introduzione, cioè che il torrente nasce a quote intorno ai 1600m e scende verso valori prossimi ai 200m s.l.m.

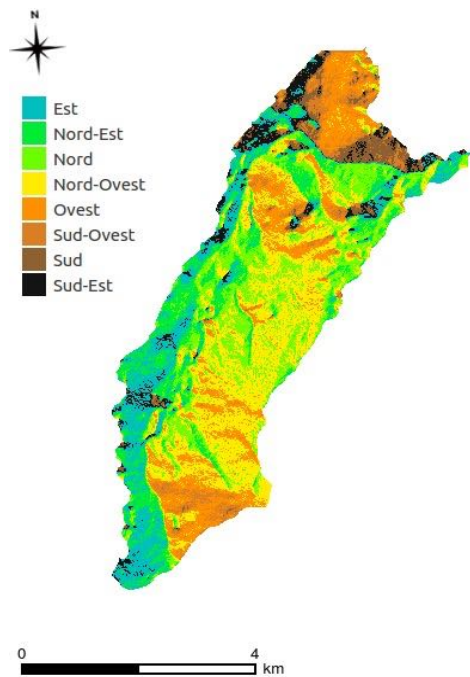
## Direzioni di Drenaggio

Utilizzando il comando **FlowDirection** si può determinare il moto dell'acqua per gravità sulla superficie, date le pendenze del terreno secondo il criterio della massima pendenza discendente. Esso identifica per ogni cella del DTM una delle 8 vicine, cioè partendo da ogni pixel individua verso quale degli 8 adiacenti drena l'acqua.



*Mapa 2. Direzioni di drenaggio.*

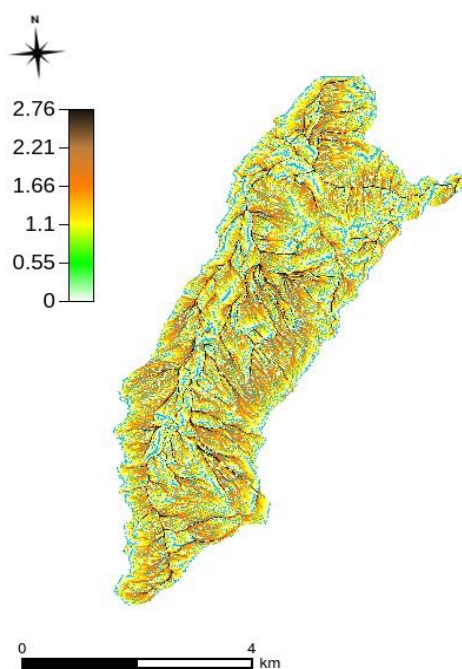
Il fatto di avere solamente 8 possibili direzioni di drenaggio semplifica la realtà e bisogna quindi correggere la deviazione del flusso d'acqua dalla sua reale direzione, che può presentare un errore che nel peggiore delle ipotesi è di  $22,5^\circ$ . Questa modifica è stata fatta mediante il comando **DrainDir** che calcola le direzioni di drenaggio minimizzando la deviazione del flusso dal suo percorso reale.



*Mappa 3. Direzioni di drenaggio corrette.*

Con quest'ultimo passaggio si è ottenuta anche la mappa del TCA, cioè l'area contribuyente totale che rappresenta punto per punto la proiezione dell'area che contribuisce all'afflusso in ogni punto del bacino. In condizioni di precipitazione uniforme essa è collegata al flusso in uscita attraverso i differenti punti del bacino.

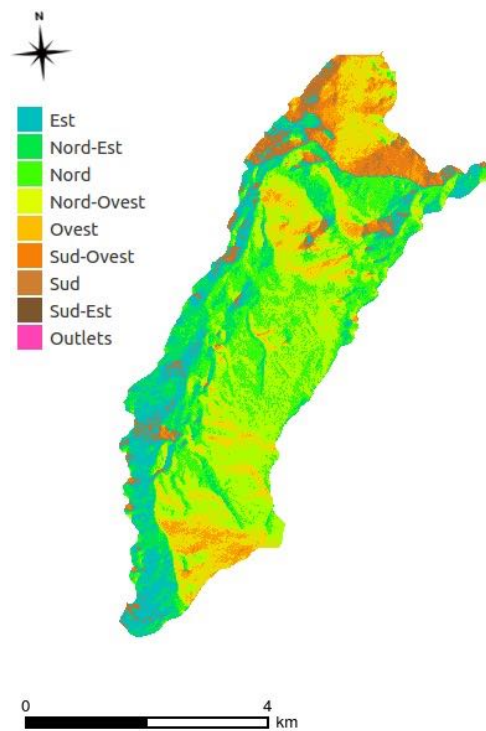
Si è utilizzata una scala di colori di tipo logaritmico per la visualizzazione di questa mappa, poiché l'intervallo di valori che essa può assumere è molto esteso.



*Mappa 4. Area contribuyente totale.*

## Markoutlets

Il comando **Markoutlets** marca con valore convenzionale pari a 10, nella mappa che rappresenta le direzioni di flusso, gli outlets (uscite) del bacino. Infatti è necessario in alcuni casi identificare i punti che drenano all'esterno del bacino preso in analisi per eseguire correttamente alcuni comandi soprattutto relativamente alla mappa della direzioni di drenaggio.

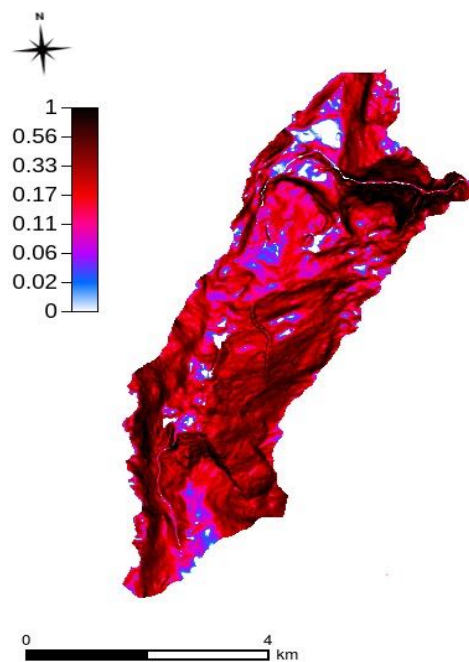


*Mapa 5. Uscite del bacino.*



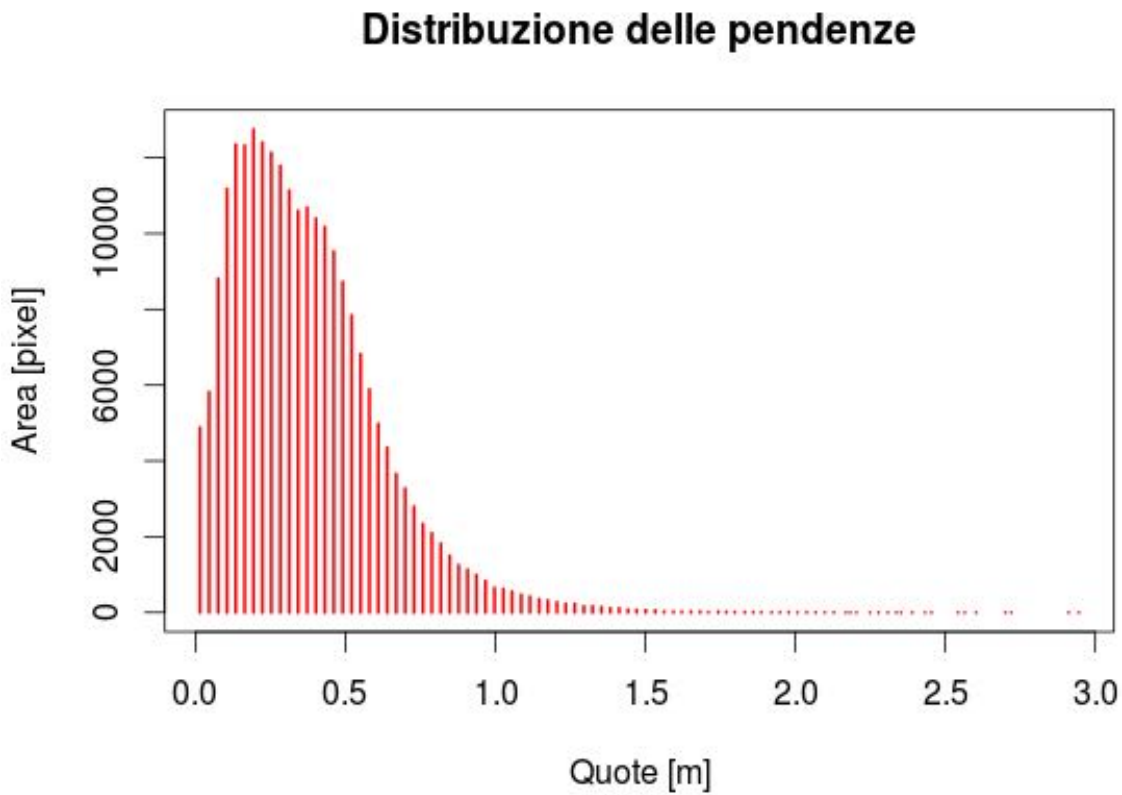
## Pendenza

Per calcolare la pendenza della superficie si è usato il comando **Slope**, che considera la differenza di quota tra pixel adiacenti e la divide per la dimensione del pixel oppure della sua diagonale, a seconda della posizione reciproca dei pixel considerati. Si ottiene così la pendenza della superficie topografica in ogni punto lungo le direzioni di drenaggio.



*Mappa 6. Pendenze.*

Di seguito è riportato il grafico della distribuzione delle pendenze che evidenzia come la pendenza prevalente del bacino del torrente Vela è compresa fra 0 e 1.



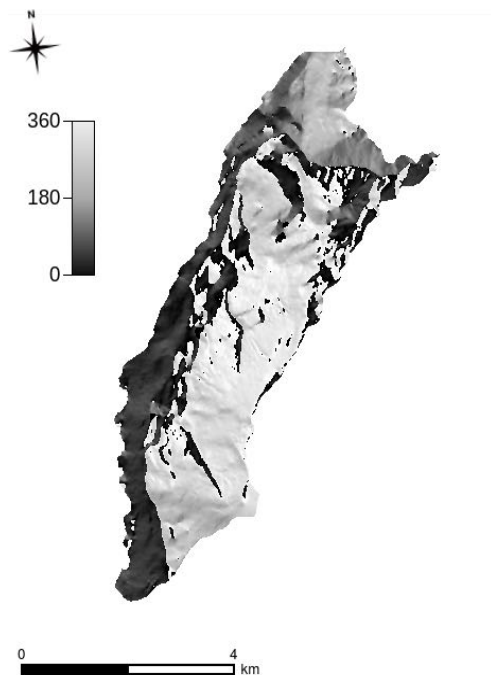
*Grafico 2. Distribuzione delle pendenze.*

## Esposizione

Con il comando **Aspect** è stata calcolata l'esposizione ovvero l'angolo tra il gradiente della quota e la direzione est, ruotando in senso antiorario nel piano xy.

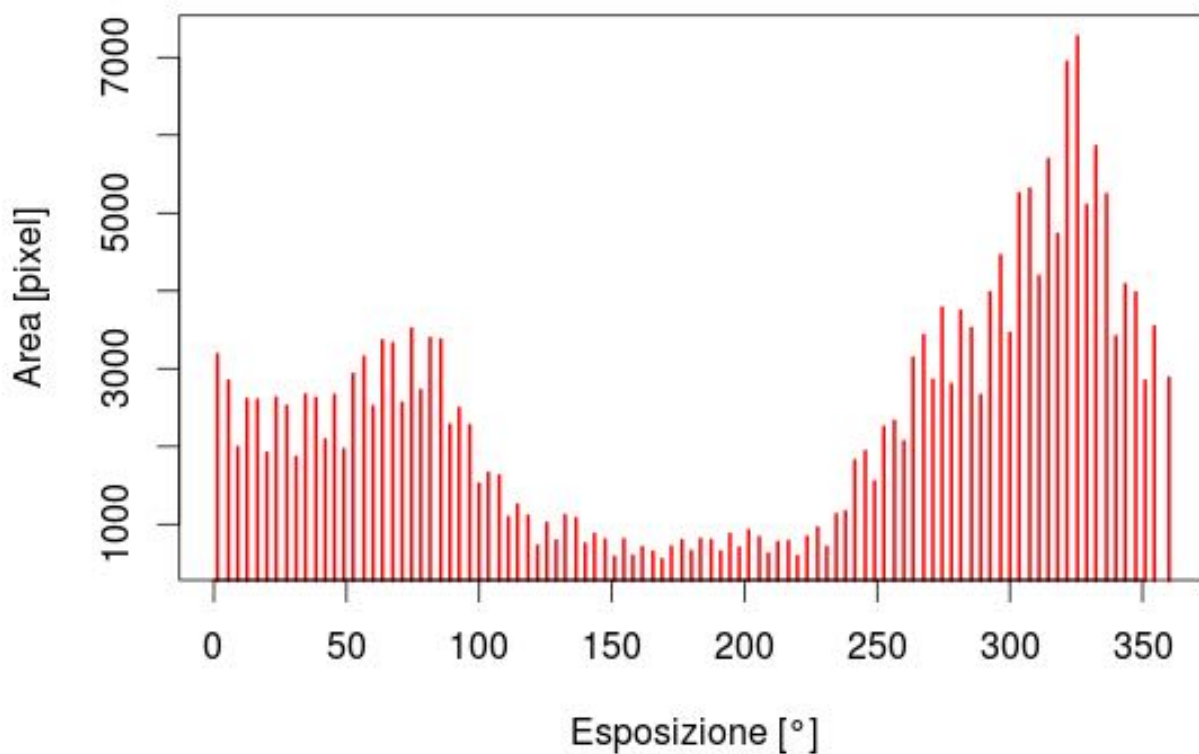
Corrispondenza fra angoli e direzioni di esposizione:

0° Est  
90° Nord  
180° Ovest  
270° Sud



*Mapa 7. Esposizione.*

## Distribuzione dell'esposizione



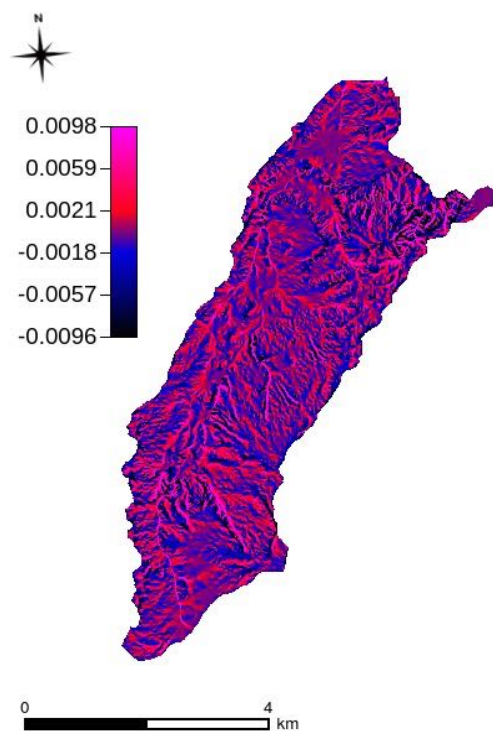
*Grafico 3. Distribuzione dell'esposizione.*

L'esposizione è un parametro molto importante nell'analisi geomorfologica, perché influenza il tipo di vegetazione che si sviluppa lungo i versanti del bacino e di conseguenza incide sui processi di erosione e franamento.

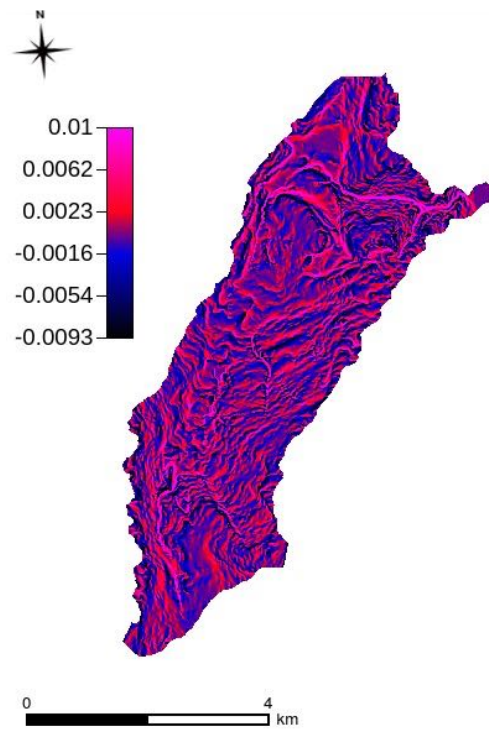
## Curvatura

Mediante il comando **Curvatures** sono stati calcolati i seguenti 3 tipi di curvature:

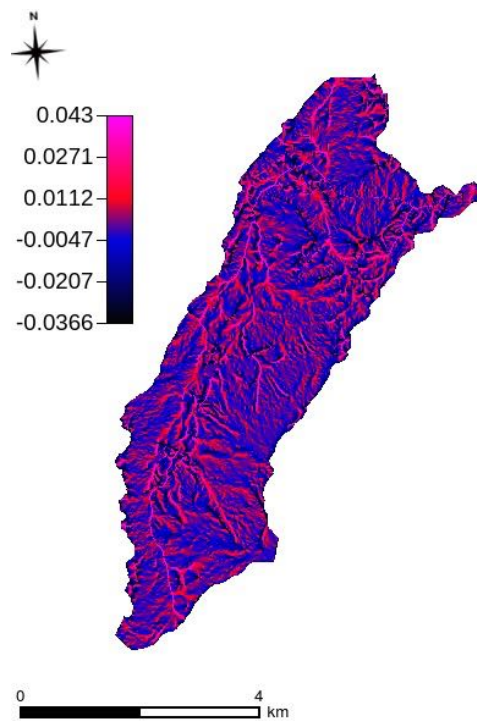
- Curvatura tangenziale, cioè la deviazione del piano perpendicolare alla direzione del gradiente e tangente alla linea di livello nel punto in esame;
- Curvatura longitudinale, cioè la deviazione del vettore gradiente spostandosi da valle verso monte seguendo l'involuppo dei gradienti;
- Curvatura planare, cioè la variazione del vettore tangente alla linea di livello passante per il punto in esame.



*Mapa 8. Curvatura tangenziale.*



*Mappa 9. Curvatura longitudinale.*



*Mappa 10. Curvatura planare.*

## Forme topografiche

Dall'intersezione tra le curvature planare e longitudinali si possono ricavare nove classi topografiche.

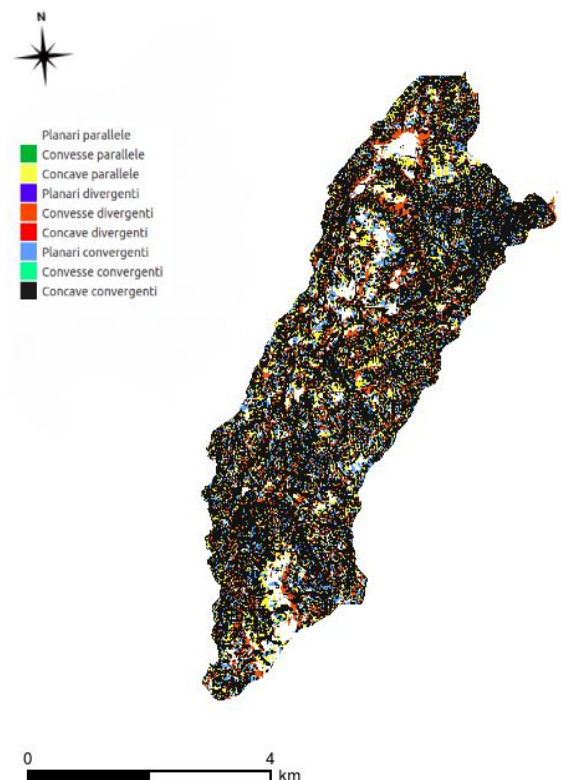
Ad ogni pixel corrisponde una classe topografica che dipende da un valore di soglia stabilito:

- 10 -> planare parallelo
- 20 -> convesso parallelo
- 30 -> concavo parallelo
- 40 -> planare divergente
- 50 -> convesso divergente
- 60 -> concavo divergente
- 70 -> planare convergente
- 80 -> convesso convergente
- 90 -> concavo convergente

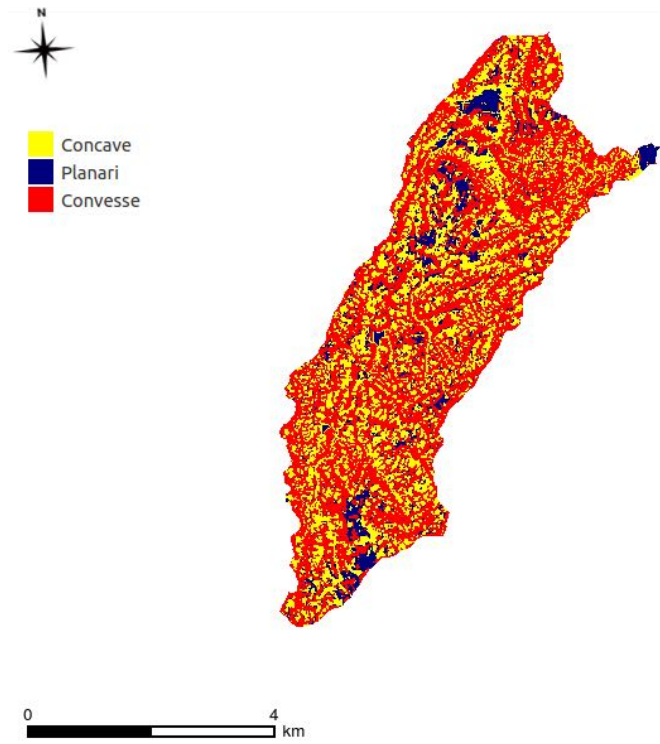
È anche possibile aggregare queste nove classi raggruppandole in tre categorie fondamentali:

-siti concavi (unione classi 30, 70, 90)	15
-siti piani (corrisponde alla classe 10)	25
-siti convessi (unione classi restanti)	35

Sono quindi state create due mappe, una con nove classi topografiche e l'altra con solo tre.



*Mappa 11. Nove classi topografiche.*



*Mappa 12. Tre classi topografiche.*



## Estrazione del reticolo idrografico

Per estrarre la rete idrografica bisogna considerare una soglia sullo sforzo tangenziale dei siti convergenti. Tale soglia dipende dalla dimensione dei pixel e dagli attributi topografici del bacino e rappresenta il numero di pixel che devono drenare su un determinato pixel affinché quest'ultimo possa rappresentare l'inizio di un corso d'acqua.

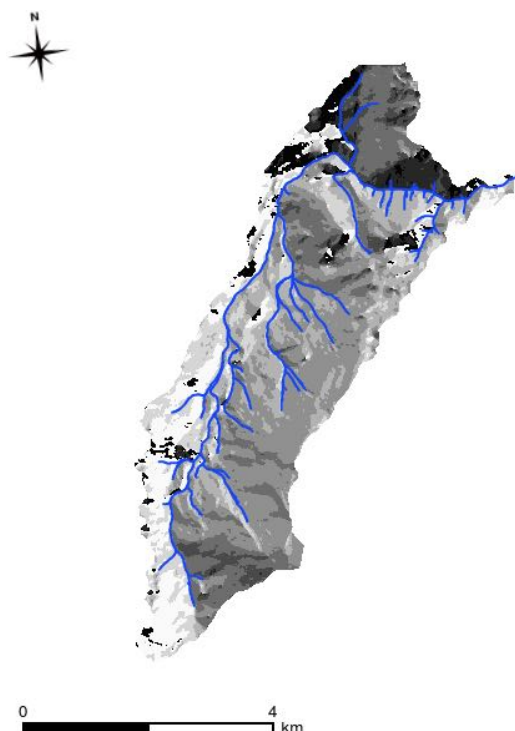
Variando la soglia si può ottenere un maggiore o minore numero di canali, rispettivamente diminuendo la soglia e aumentandola. Prima di effettuare l'analisi è importante verificare che il valore della soglia sia il più possibile rappresentativo della realtà.

Il programma potrebbe generare, oltre a quelli con permanente presenza idrica, nuovi canali bagnati solo in situazioni di piogge consistenti o in caso di piene. Di solito si realizzano delle prove per decidere un adeguato valore di soglia per la rete di canali (per l'esercitazione è stato preso il valore 20).

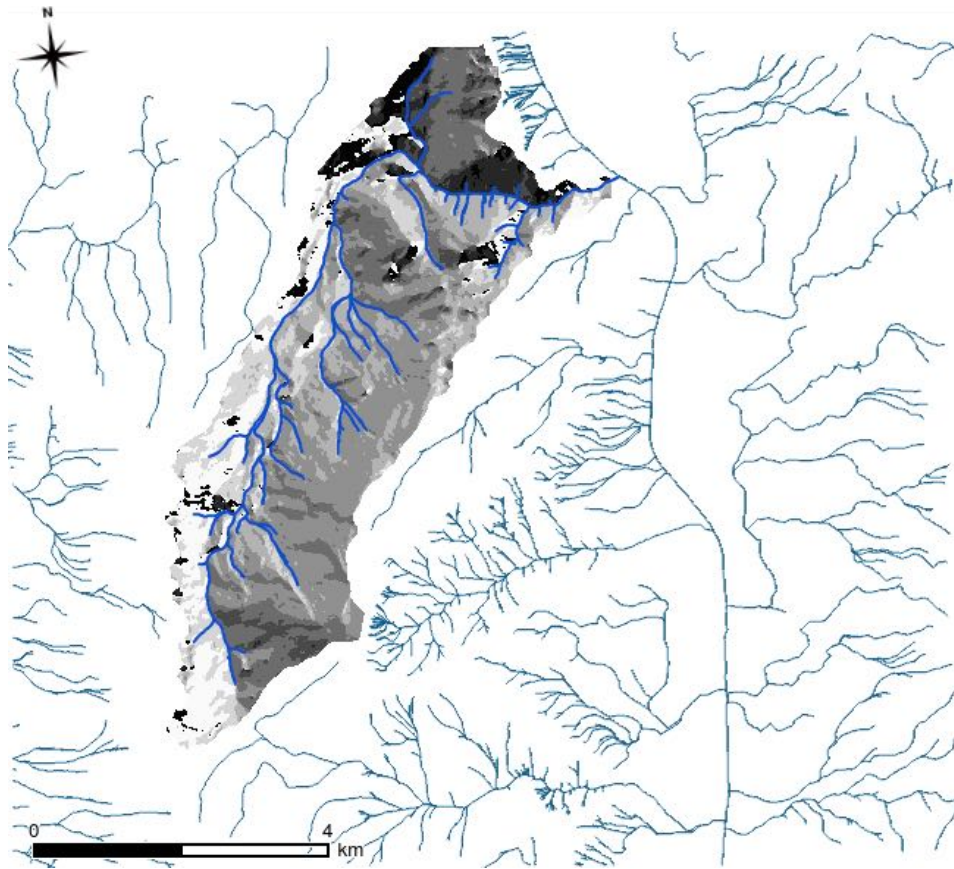
Viene usato il comando **ExtractNetwork** per estrarre il reticolo.

Esso prende in input le mappe precedenti:

direzioni di drenaggio corrette, area contribuyente totale, distribuzione delle pendenze, tre classi topografiche e ne estrae la rete del reticolo idrografico.



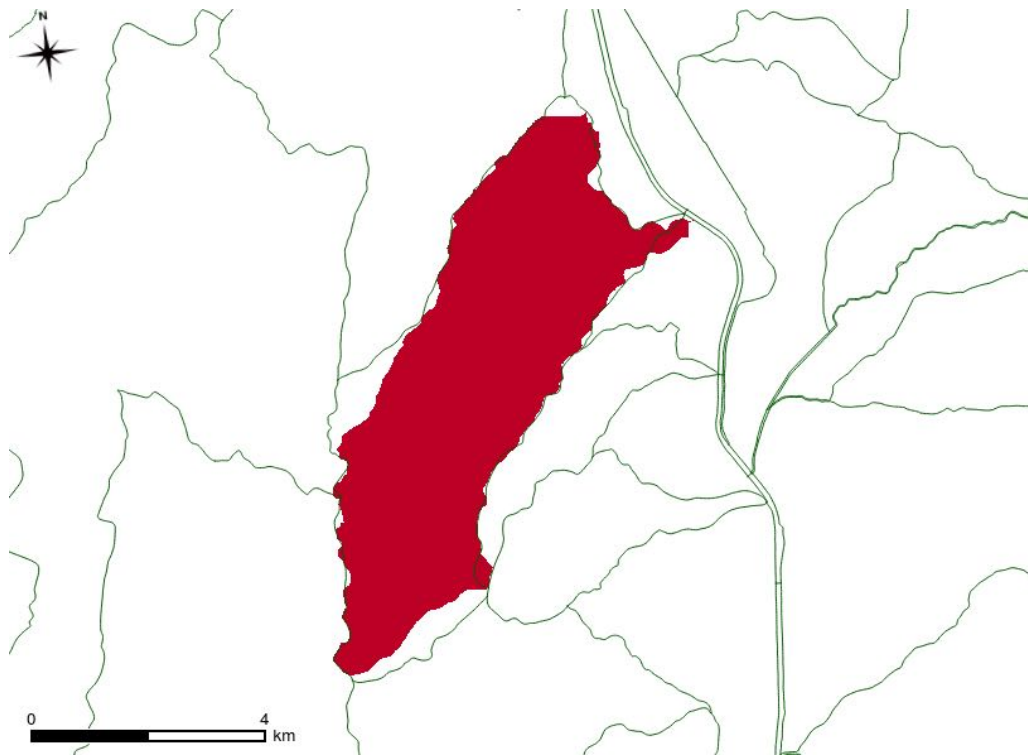
*Mapa 13. Reticolo idrografico estratto.*



*Mapa 14. Confronto tra rete estratta ed idrografia ufficiale.*

## Estrazione del bacino

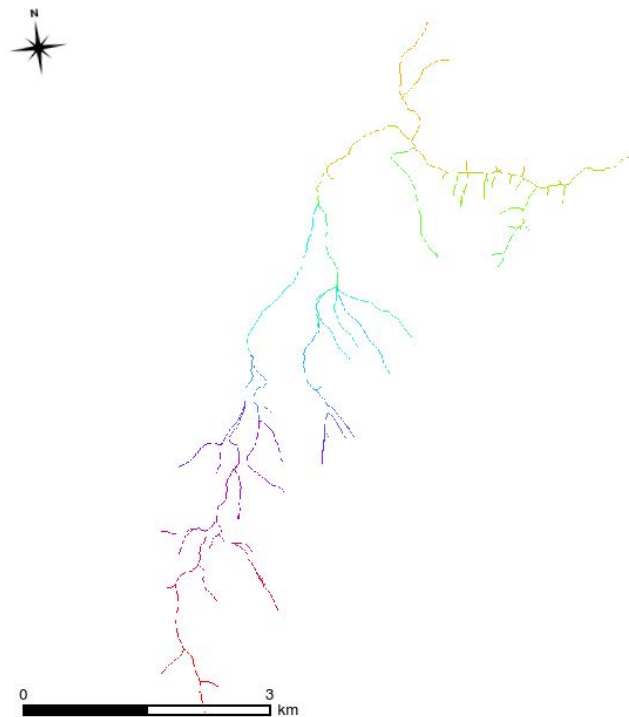
Mediante il comando **WaterOutlet** si estrae il bacino drenante su un punto appartenente al reticolo idrografico che sta ad indicare la chiusura e di cui si indicano le coordinate. Il punto di chiusura è stato scelto vicino allo sfocio del torrente nel fiume Adige.



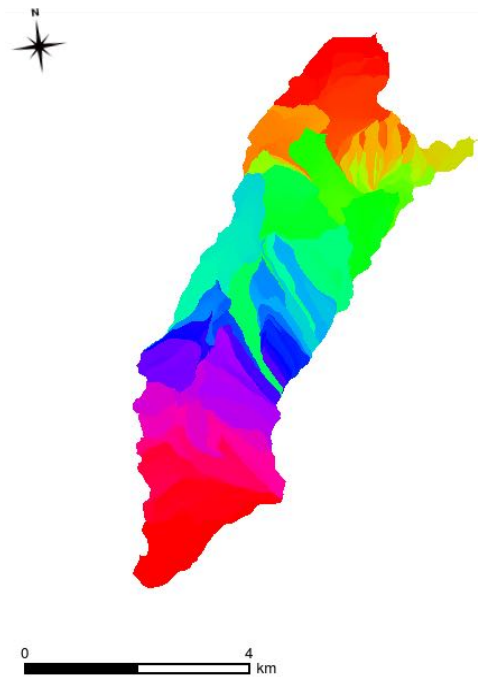
*Mappa 15. Bacino estratto.*

## Estrazione dei sottobacini

Al fine di estrarre i sottobacini relativi alla zona di interesse si è utilizzato il comando **NetNumbering**. Esso prende in input le mappe delle direzioni di drenaggio, delle aree contribuenti e della rete estratta; in output restituisce due mappe raster relative alla rete numerata e quella dei sottobacini.



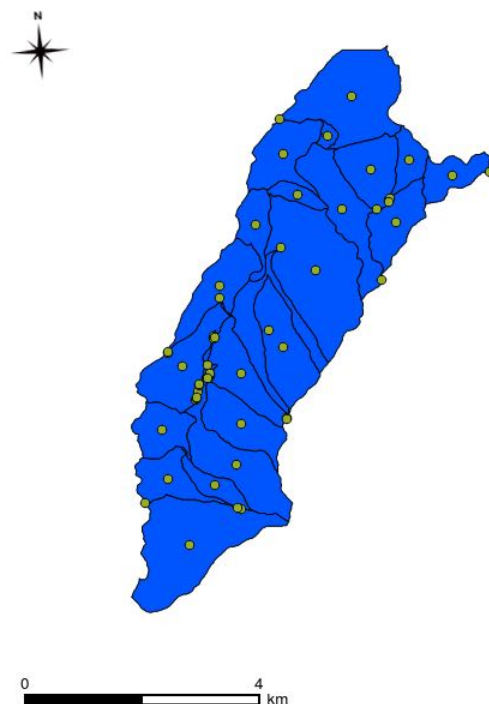
*Mappa 16. Rete di drenaggio numerata.*



*Mappa 17. Sottobacini.*

Si è anche creata la mappa vettoriale dei contorni dei sottobacini tramite il comando **Vectorizer**, che presenta un'utile opzione di soglia sulla dimensione minima (in pixel) che devono avere le feature per essere create.

Utilizzando il comando **VectorReshaper** è possibile ottenere la mappa vettoriale contenente i centroidi di ogni singolo sottobacino, prendendo in input le mappe vettoriali del bacino e specificando la sintassi "`the_geom=centroid(the_geom)`".



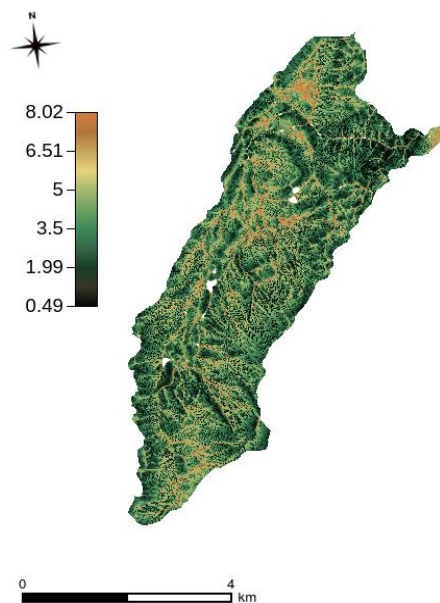
*Mappa 18. Vettoriale delle aree dei sottobacini con centroidi.*

## Indice topografico

Per creare la mappa dell'indice topografico si è utilizzato il comando **TopIndex**.

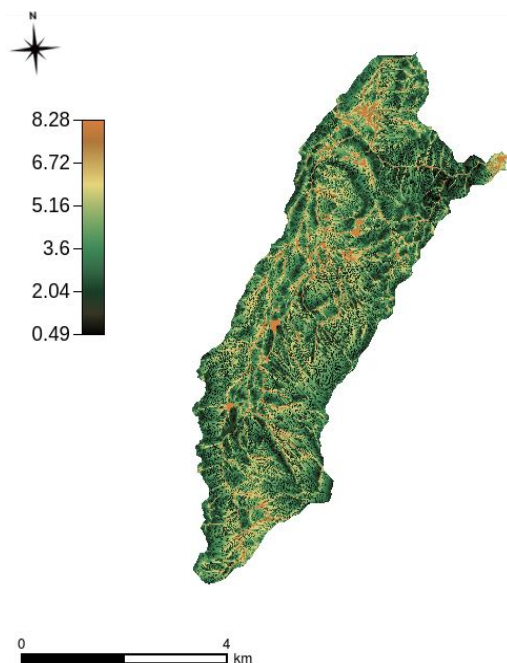
L'indice topografico esprime la tendenza di un pixel a saturarsi: zone a valore elevato di indice topografico si saturano prima di zone con valore minore. Rappresenta il rapporto tra l'area contribuente totale di un punto e la pendenza. Esso dipende, quindi, solo dalle caratteristiche morfologiche del terreno:

$$T_i = \log \frac{A}{b|\nabla z|}$$



*Mappa 19. Indice topografico.*

Per le zone a pendenza nulla all'interno del bacino, il valore dell'indice topografico risulta non definito, in quanto il rapporto area contribuente su pendenza tende ad infinito. Si è utilizzato dunque il comando **Mapcalc** per assegnare a questi pixel il valore massimo caratteristico della mappa, ossia circa 8.

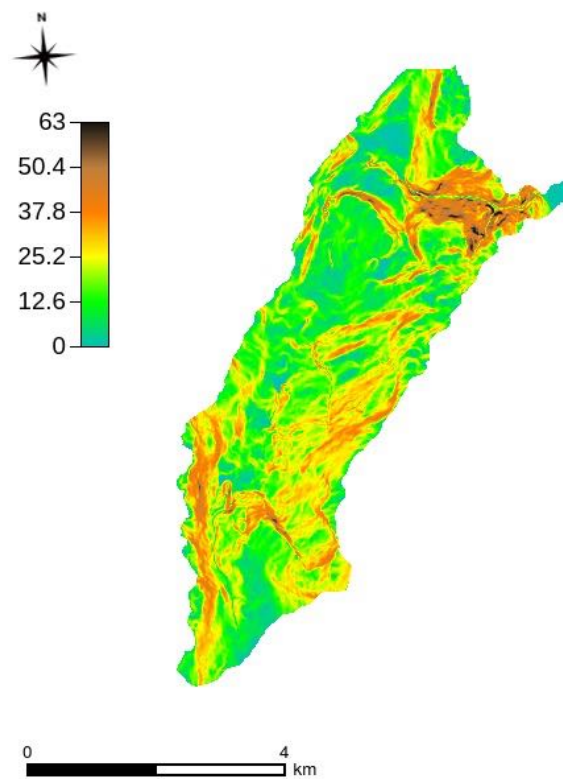


*Mappa 20. Indice topografico ricalcolato.*

## Gradiente

Attraverso il comando **Gradient** è possibile calcolare il modulo del vettore gradiente della quota sull'intera superficie del bacino, rappresentando la tangente dell'angolo.

Si può notare che all'interno del bacino del torrente Vela si ha una pendenza massima di circa 60°.



*Mappa 21. Gradiente.*



## Distanze riscalate

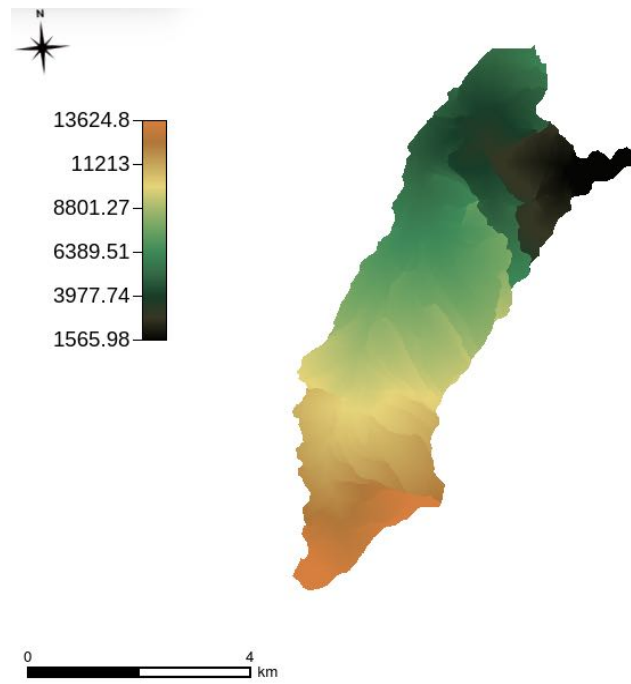
Mediante il comando **RescaledDistance** si possono calcolare le distanze da un punto qualsiasi del bacino all'uscita del bacino stesso lungo le direzioni di drenaggio, considerando velocità diverse per i versanti e per la rete idrografica.

Si introduce il parametro:  $r = \frac{u_c}{u_h}$  con:  $u_c$  = velocità dei canali  
 $u_h$  = velocità dei versanti

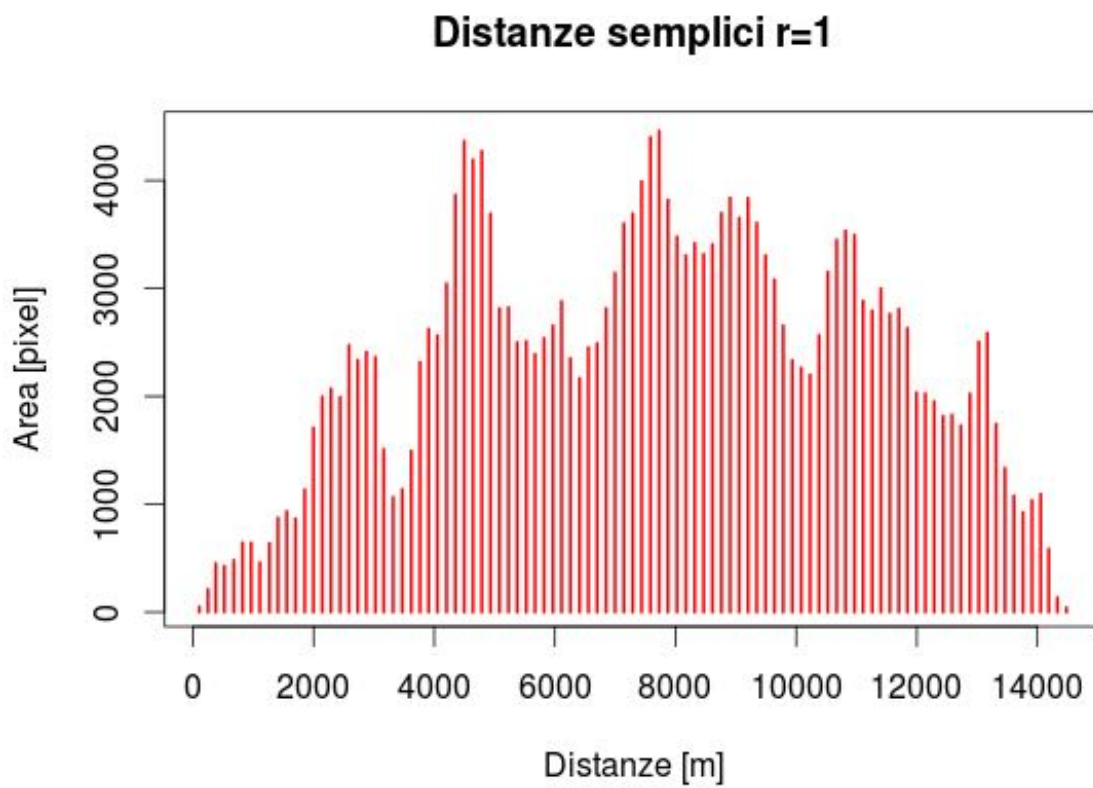
che permette di realizzare la mappa delle distanze semplici se  $r = 1$  o la mappa delle distanze riscalate per  $r > 1$ .

Si sono quindi realizzate la mappa delle distanze semplici e la mappa delle distanze riscalate. La mappa delle distanze riscalate viene fatta ponendo  $r = 10$ , ossia si è supposto che l'acqua scorra più lentamente di un fattore 10 lungo i versanti rispetto ai canali.

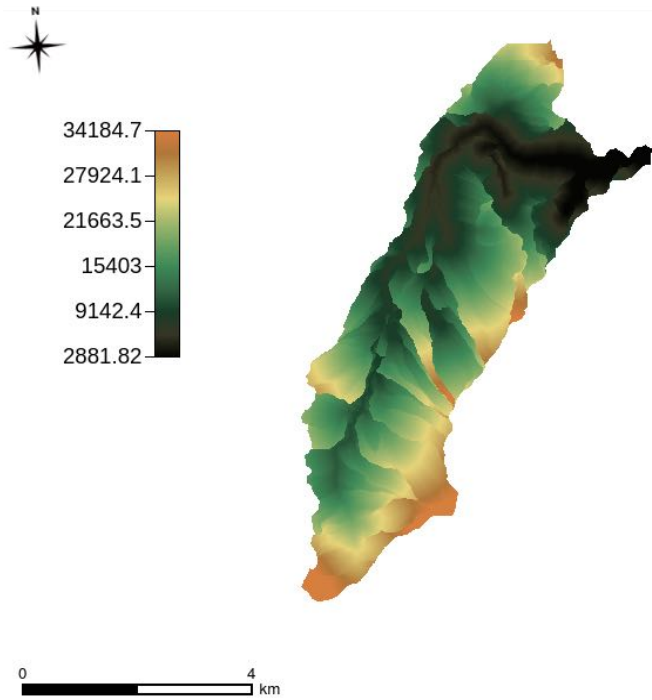
Utilizzando il programma R si sono realizzati i grafici corrispondenti alle mappe che rappresentano la distribuzione dell'area in funzione della distanza dall'uscita del bacino.



*Mapa 22. Distanze semplici.*

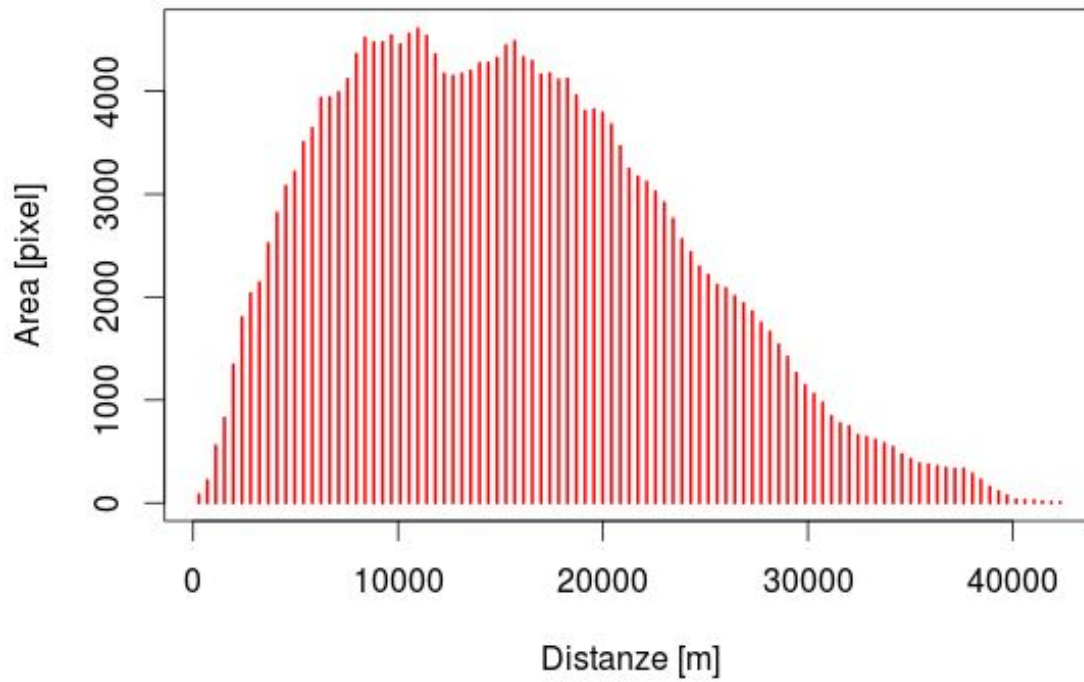


*Grafico 4. Distribuzione dell'area con  $r = 1$ .*



*Mappa 23. Distanze riscalate.*

### Distanze riscalate $r=10$



*Grafico 5. Distribuzione dell'area con  $r = 10$ .*

## Sopralluogo

Per comprendere meglio l'analisi effettuata al calcolatore si sono fatti dei sopralluoghi lungo il corso del Torrente.

Partendo dalla sua foce, in prossimità del fiume Adige, si è proceduto a visionare, effettuare il rilievo delle coordinate assolute (latitudine e longitudine) e fotografare tutti i punti ritenuti interessanti.

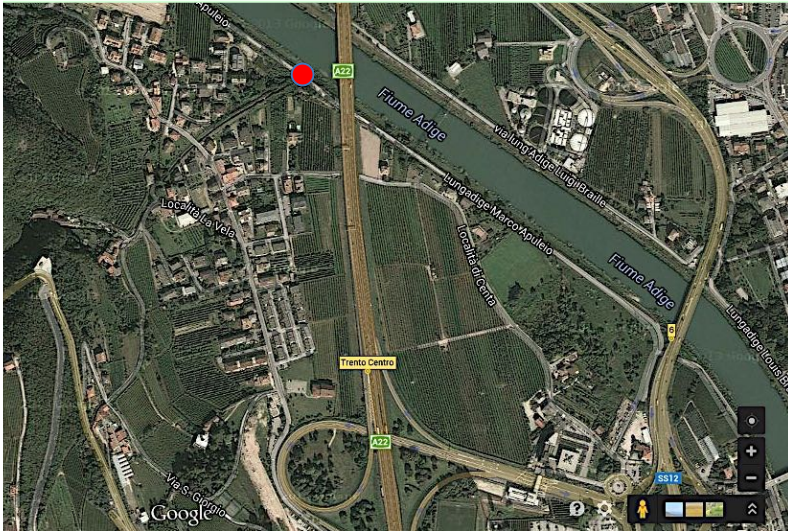
Partendo quindi dalla foce si è seguito il corso del torrente, giungendo nel centro della località Vela, da cui esso ne prende il nome, e passando poi per Cadine e successivamente per Sopramonte dove il Torrente accoglie i suoi due affluenti, Rio Sopramonte e Rio Bozon.

Si è risalito ancora il corso del Vela fin dove possibile, passando per il centro del paese e soffermandosi vicino alla caserma dei pompieri di Sopramonte.

L'ultima parte del sopralluogo è avvenuta nei pressi della sorgente dove nasce il torrente nella località Viote del monte Bondone.

Si sono inoltre trovati dei documenti per la realizzazione da parte del "PAT" di un progetto che punta a riqualificare la Torbiera delle Viote, dalla quale nasce il Torrente Vela. Infatti la torbiera soffre di un progressivo abbassamento della falda freatica che potrebbe portare alla sua scomparsa. Il progetto consiste nella costruzione di uno sbarramento che rialzi la falda per evitare che la torbiera pian piano scompaia.

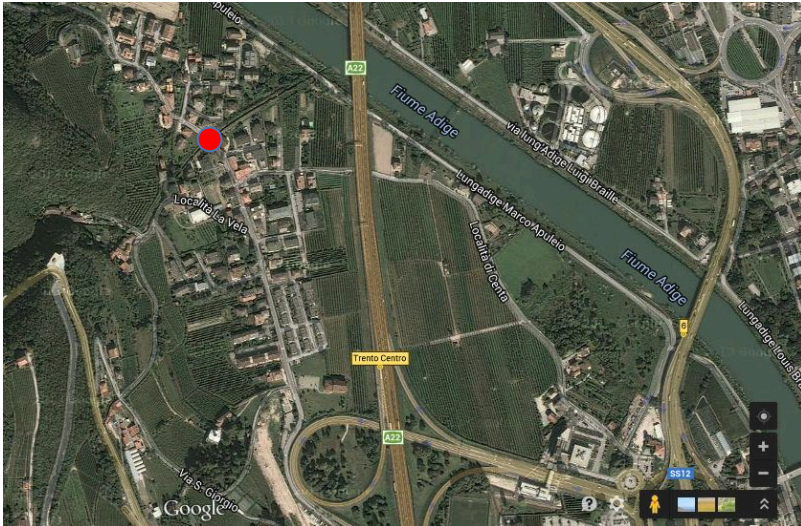
	Latitudine	Longitudine
Coordinate GPS (in MonteMario)	46.081364 N	11.105930 E



*Immagine 2. Foce del Torrente Vela, direttamente nell'Adige.*



	Latitudine	Longitudine
Coordinate GPS (in MonteMario)	46.086926 N	11.101761 E

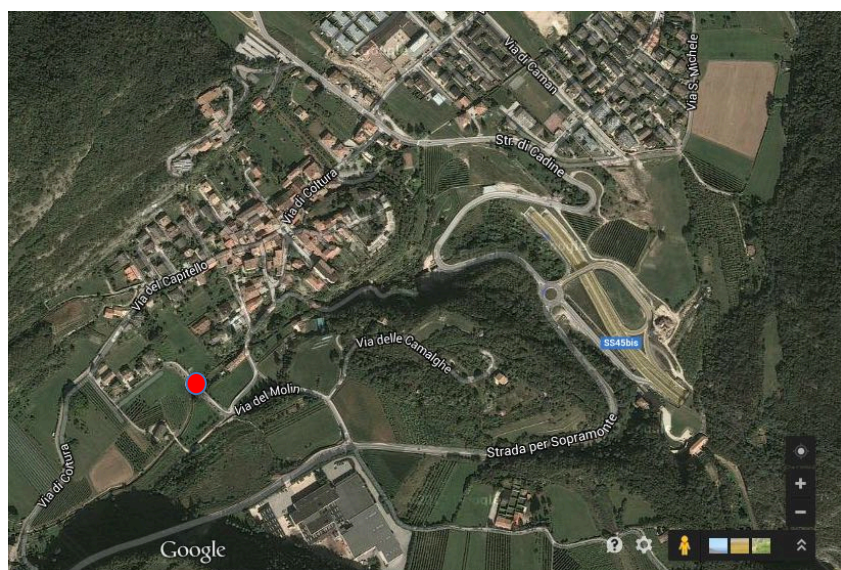


*Immagine 3. Passaggio del Torrente nei pressi dell'omonima località di Vela.*



*Immagine 4. Passaggio del Torrente nei pressi dell'omonima località di Vela.*

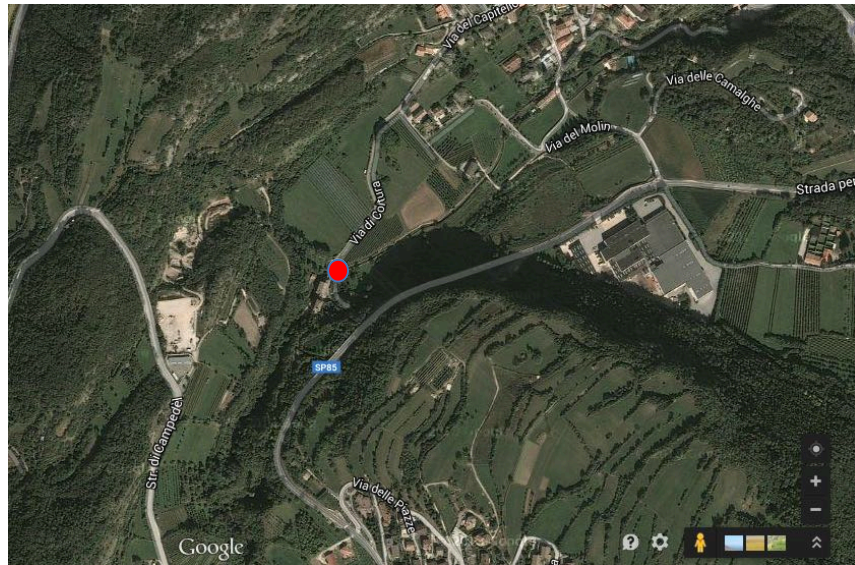
	Latitudine	Longitudine
Coordinate GPS (in MonteMario)	46.086204 N	11.066915 E



*Immagine 5. Torrente Vela nei pressi della località di Cadine.*



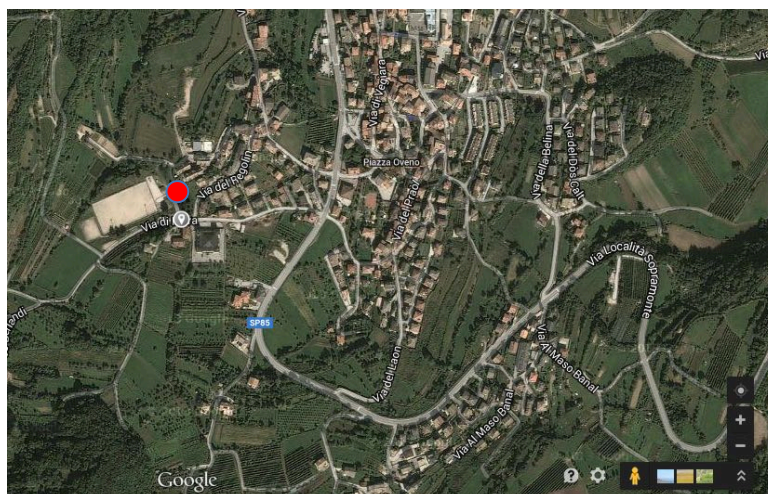
	Latitudine	Longitudine
Coordinate GPS (in MonteMario)	46.082332 N	11.058209 E



*Immagine 6. Tra Cadine e Sopramonte in Via di Coltura.*



	<b>Latitudine</b>	<b>Longitudine</b>
<b>Coordinate GPS (in MonteMario)</b>	46.070235 N	11.055026 E



*Immagine 7. Rio Bozon.*



*Immagine 8. Rio Bozon, vicino alla caserma dei pompieri*

	Latitudine	Longitudine
Coordinate GPS (in MonteMario)	46.0183323N	11.0396489E







*Immagine 9. Apice della torbiera da cui nasce il Torrente Vela.*



*Immagine 10. Apice della torbiera da cui nasce il Torrente Vela.*

## Note

Si specifica che tutte le mappe sopra riportate sono state ritagliate utilizzando come maschera il contorno del bacino del Torrente Vela ottenuto dall'imposizione del punto di chiusura, tramite il comando **CutOut**.

I grafici sono stati realizzati tramite elaborazione R studio, software per l'indagine statistica.

## Bibliografia e sitografia:

### Riferimenti Bibliografici

-S. Franceschi, L. Perathoner, M. Toro, G. Formetta, "Iniziare con i JGrasstools";

-L.Perathoner, M.Bancheri, G.Formetta, "Utilizzare i JGrasstools nello SpatialToolbox di uDig";

-S. Franceschi, L. Perathoner, M. Toro, G. Formetta, "Analisi Idro-Geomorfologica con i JGrasstools e le Horton Machine";

-Esempio relazione analisi Idrologica di Leonardo Perathoner, Christian Sannicolò;

-Eugenia Cimadom, Novella Agostini; La Vela nel segno del torrente

- Informazioni aggiuntive sul Rio Vela tratte da:

[http://www.areeprotette.provincia.tn.it/binary/pat\\_aree\\_protette/documentazione/RRTorrento\\_CatalogoMisureGestionali.1350638333.pdf](http://www.areeprotette.provincia.tn.it/binary/pat_aree_protette/documentazione/RRTorrento_CatalogoMisureGestionali.1350638333.pdf)

### Mappe:

[http://www.territorio.provincia.tn.it/portal/server.pt/community/cartografia\\_di\\_base/260/cartografia\\_di\\_base/19024](http://www.territorio.provincia.tn.it/portal/server.pt/community/cartografia_di_base/260/cartografia_di_base/19024)

<https://www.google.it/maps>

### Programmi utilizzati:

-Q Gis 2.0.6

-Stage\_0.7

-Word

-Anteprima

-Firefox