



Università degli Studi di Trento

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E MECCANICA

Corso di Laurea in Ingegneria per l'ambiente e il territorio

RELAZIONE DI IDROLOGIA

Analisi idro-geomorfologica Rio Val de Fora

Studenti:

Michele Bonazzi

Matricola 158767

Alessandro Formigari

Matricola 160132

Prof.re:

Riccardo Rigon

Indice

1	Inquadramento della zona	4
2	Sopralluoghi	6
2.1	Introduzione	6
2.2	Mappa dei sopralluoghi	7
2.2.1	Prima suddivisione	8
2.2.2	Seconda suddivisione	8
2.3	Punto di partenza	9
2.4	Vista della valle	10
2.5	Asta principale	11
2.6	Postazione di difesa	13
2.7	Diramazione	14
2.8	Tratto eroso	14
2.9	Evento franoso	15
2.10	Altezza massima raggiunta	15
2.11	Tratto finale	16
2.12	Foce	17
2.13	Ponte ferroviario	18
3	Analisi idro-geomorfologica di base	20
3.1	Delineazione del bacino	20
3.2	Pitfiller	21
3.3	Flowdirections	22
3.4	DrainDir	22
3.5	TCA	23
3.6	Markoutlets	24
3.7	Slope	24
3.8	Curvatures	25
3.9	Tc	27
3.9.1	9 classi topografiche	27
3.9.2	3 classi topografiche	28
3.10	ExtractNetwork	28
3.10.1	Reticolo 1	28
3.10.2	Reticolo 2	29
3.10.3	Reticolo 3	29
3.11	NetworkAttributeBuilder	30
3.12	NetNumbering	30
3.13	Vectorizer	31
3.14	VectorReshaper	32
3.14.1	Lunghezza rami	32
3.14.2	Centroidi	33
4	Attributi derivati	34
4.1	Gradient	34
4.2	Aspect	35
4.3	Ab	36
4.4	RescaledDistance	37
4.4.1	Cb	38
4.5	TopIndex	38
5	Cartografia utilizzata	39
6	Applicazioni per smartphone utilizzate	39
7	Programmi utilizzati	39

Elenco delle figure

1	Sviluppo del torrente	4
2	Diramazione dell'Adige con origine del canale Biffis, la freccia rossa indica la posizione della foce	4
3	Vista dall'alto	5
4	Schermata home dell'applicazione Geopaparazzi	6
5	Interfaccia del comando Geopaparazzi4Converter	6
6	Schermata home di GPS Status, applicazione necessaria a Geopaparazzi per la gestione dei servizi GPS.	6
7	Mapa totale dei sopralluoghi	7
8	Prima parte	8
9	Seconda parte	8
10	Punto di partenza	9
11	Vista della valle	10
12	Asta principale	12
13	Postazione di difesa	13
14	Tratto eroso	14
15	Tratto finale	16
16	Foce	17
17	Ponte ferroviario	19
18	DTM	21
19	Grafici calcolati con RStudio	21
20	Direzioni di drenaggio non corrette	22
21	Direzioni di drenaggio corrette	22
22	Aree contribuenti in scala logaritmica	23
23	Direzioni di drenaggio con uscite poste convenzionalmente a 10	24
24	Mapa della pendenza	24
25	Curvature longitudinali	25
26	Curvature planari	25
27	Curvature tangenziali	26
28	Rappresentazione delle classi topografiche	27
29	Mapa delle 9 classi topografiche	27
30	Mapa delle 3 classi topografiche	28
31	Reticolo estratto con il primo metodo	28
32	Reticolo estratto con il secondo metodo	29
33	Reticolo estratto con il terzo metodo	29
34	Mapa degli ordini di Hack	30
35	Mapa vettoriale dei sottobacini	30
36	Mapa della rete numerata	31
37	Mapa vettoriale dei sottobacini numerati	31
38	Mapa del reticolo vettoriale con lunghezza dei rami	32
39	Rami numerati con il metodo di Strahler	32
40	Mapa dei centroidi	33
41	Mapa restituita dal comando Geomorphology → Gradient	34
42	Mapa dell'esposizione	35
43	Mapa delle aree di drenaggio	36
44	Mapa delle distanze semplici	37
45	Mapa delle distanze riscalate con $r=10$	37
46	Distruzioni delle distanze semplici e riscalate	38
47	Mapa dell'indice topografico	38

1 Inquadramento della zona

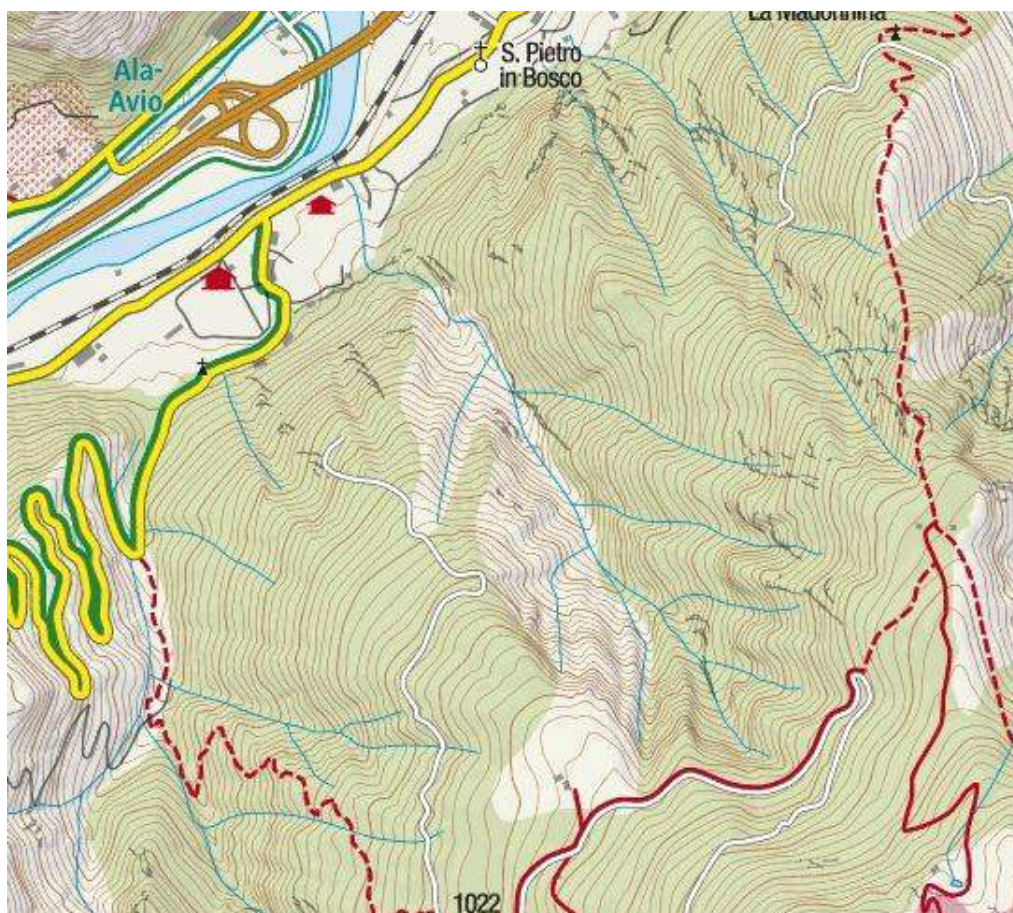


Figura 1: Sviluppo del torrente

Il Rio Val de Fora è un corso d'acqua che ha origine nel Parco Regionale della Lessinia e sfocia nel fiume Adige nei pressi della località di Sdruzzinà, tra Ala e Avio. Dall'alto è facilmente individuabile poiché nelle vicinanze è presente la diramazione dell'Adige che da origine al Canale Biffis. La foce si colloca pressapoco di fronte al Castello di Avio.



Figura 2: Diramazione dell'Adige con origine del canale Biffis, la freccia rossa indica la posizione della foce

Il percorso del rio in esame è caratterizzato da un'estensione di circa 3,8 km partendo da una quota di circa 1780 m s.l.m. e sfociando nel fiume Adige a circa 145.7 m s.l.m. L'area del bacino idrografico soggetto all'analisi idro-geomorfologica è di 3.49 km².

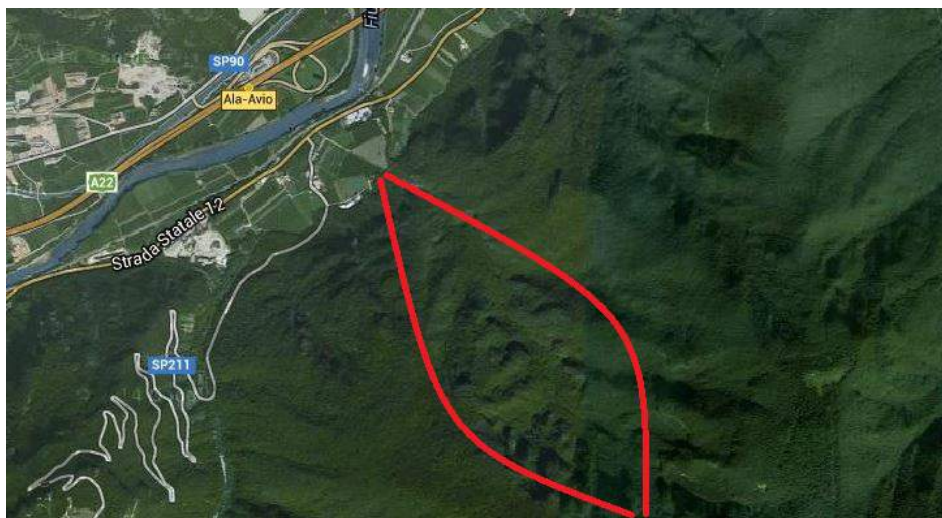


Figura 3: Vista dall'alto

2 Sopralluoghi

2.1 Introduzione

Con il software Geopaparazzi si è generata una mappa vettoriale necessaria alla localizzazione dei sopralluoghi. Più precisamente l'output è un file con estensione .gpx contenente una serie di punti, ognuno corrispondente alla posizione in cui è stata scattata una foto durante il sopralluogo.

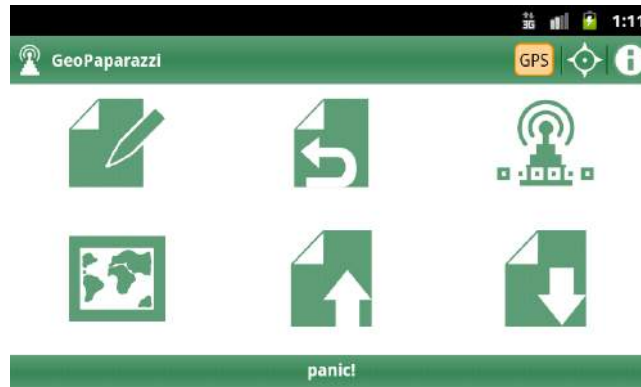


Figura 4: Schermata home dell'applicazione Geopaparazzi

Il file è convertibile in Shapefile tramite l'uso di STAGE con il comando Mobile → Geopaparazzi4Converter.

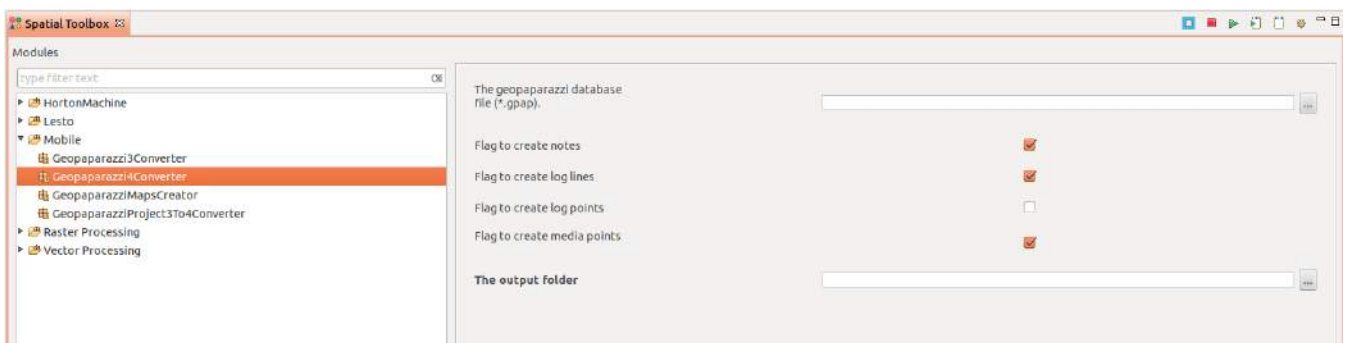


Figura 5: Interfaccia del comando Geopaparazzi4Converter



Figura 6: Schermata home di GPS Status, applicazione necessaria a Geopaparazzi per la gestione dei servizi GPS.

2.2 Mappa dei sopralluoghi

Si riporta il vettoriale dei punti di acquisizione delle immagini. I punti sono rinominati da Geopaparazzi come *media points*. Questi sono stati sovrapposti al reticolo idrografico e alla traccia del bacino per una miglior comprensione. La mappa può essere utile per capire in che tratti è stato esplorato il rio, ma soprattutto per la verifica dell'esattezza del reticolo estratto. Infatti, come si può vedere è evidente una pressoché completa corrispondenza tra il reticolo e i punti acquisiti ¹. Si può inoltre notare che la foce e il ponte sulla ferrovia sono apparentemente un prolungamento del reticolo, ma non ne fanno propriamente parte. Questa incongruenza può nascere dal fatto che la foce e in generale l'ultimo tratto del rio sono stati fortemente modificati e influenzati dall'intervento dell'uomo. É comunque chiaro che il rio debba, come si vede nella Carta ittica del Trentino, sfociare nel fiume Adige.

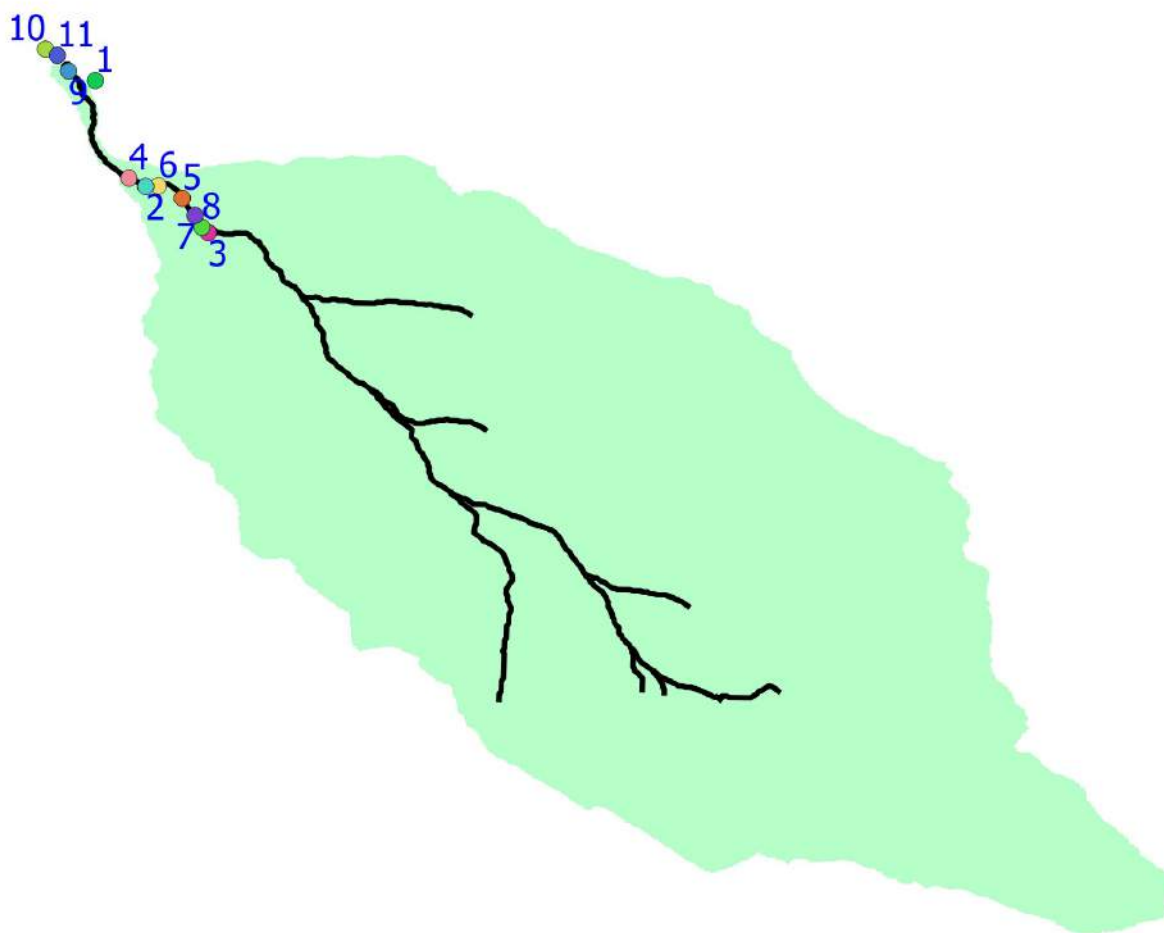


Figura 7: Mappa totale dei sopralluoghi

¹L'unico punto visibilmente fuori dal reticolo è il luogo in cui si è cominciato il sopralluogo

Per una miglior comprensione si è divisa la mappa in due parti.

2.2.1 Prima suddivisione

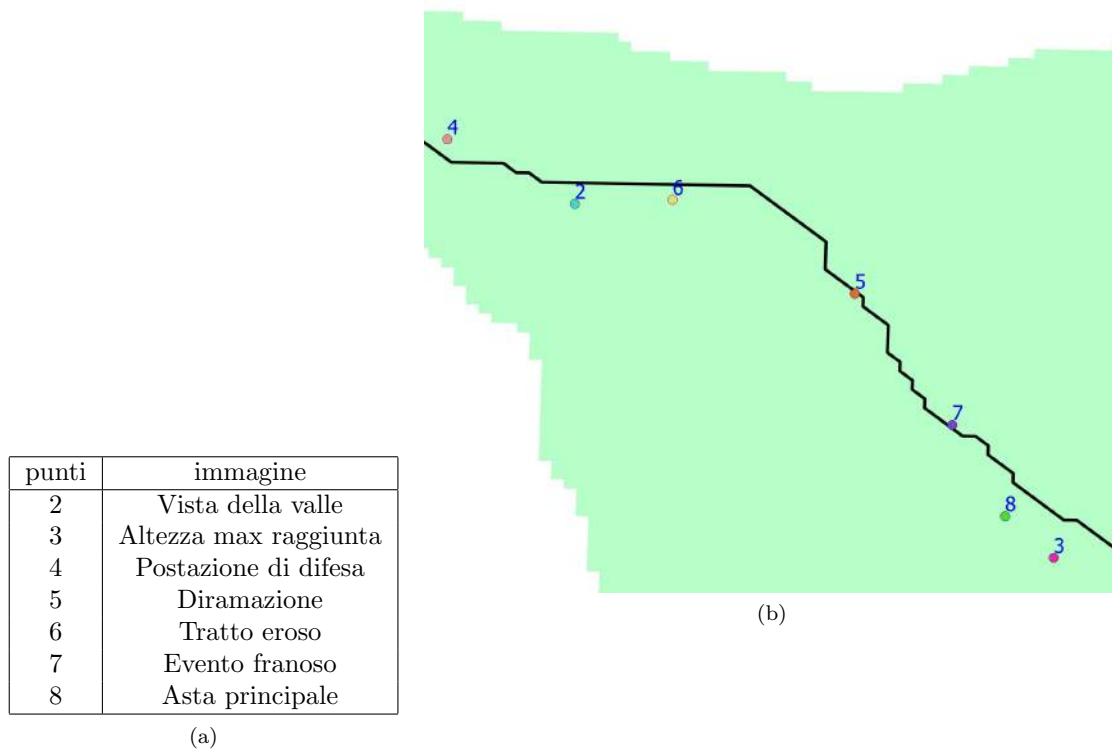


Figura 8: Prima parte

2.2.2 Seconda suddivisione

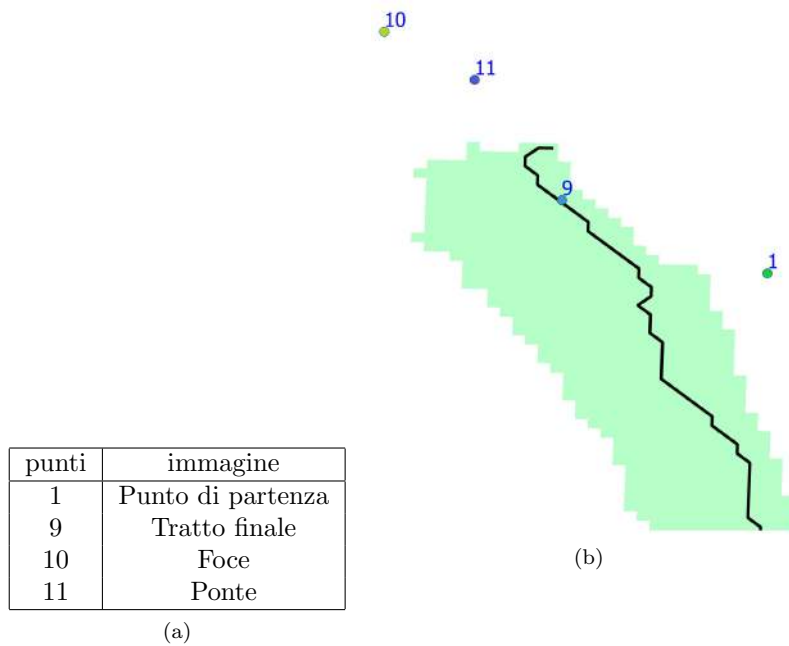


Figura 9: Seconda parte

2.3 Punto di partenza

Il punto da cui siamo partiti si trova in prossimità della foce. Per raggiungere l'asta principale è stato necessario percorrere un tratto passante per dei vigneti, al di sopra del rio, dato che il tratto inesplorato tra tratto finale e il punto (11) era di difficile percorrenza.

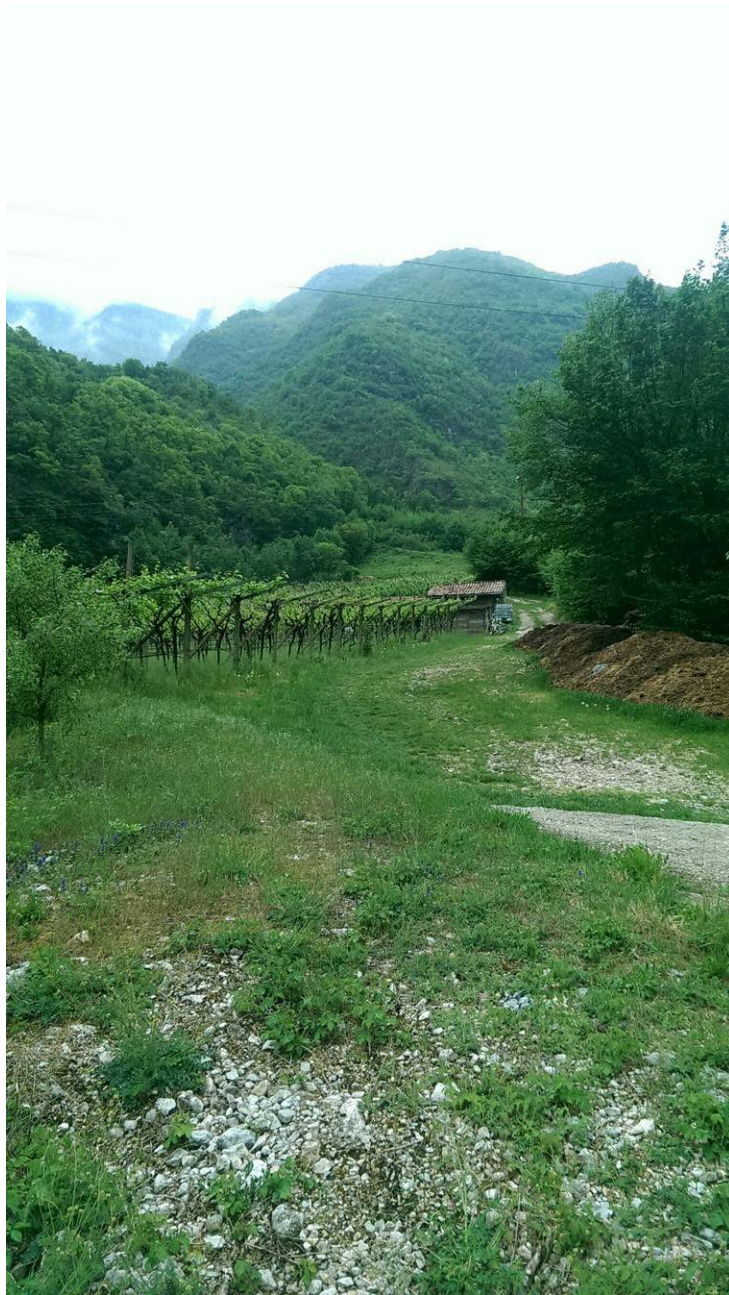


Figura 10: Punto di partenza

2.4 Vista della valle

Da questo punto è possibile apprezzare la convergenza della Val de Fora e scorgere il versante dove è situato il castello di Avio, appena di fronte.



(a) Vista della valle nel punto presente sulla mappa



(b) Vista della valle da un punto non segnato sulla mappa dei sopralluoghi

Figura 11: Vista della valle

2.5 Asta principale

In questa sezione si riportano le varie foto scattate lungo il percorso dell'asta principale. Solo (a) è inerente al punto rappresentato sulla mappa.





Figura 12: Asta principale

La localizzazione dell'asta principale è resa possibile dalla disomogeneità della zona in quanto l'asta principale è contraddistinta da assenza di vegetazione e da presenza di grandi massi di roccia sedimentaria. Osservando le immagini si può notare un'alternanza tra tratti a bassa e alta pendenza.

2.6 Postazione di difesa

Un ritrovamento interessante è stato quello di una postazione di difesa in uso probabilmente durante la Grande Guerra. Storicamente però il fronte si trovava più a Nord, sul monte Pasubio, quindi nella zona in esame non è mai avvenuto alcun combattimento. Tale postazione, costituita da due uscite, un corridoio e due camere con feritoie rivolte verso la valle, fungeva solo da retroguardia al fronte. È evidente dal buono stato in cui è conservata che la postazione è soggetta a manutenzione periodica.



(a) entrata più a ovest



(b) corridoio



(c) entrata più a est



(d) postazione con feritoia

Figura 13: Postazione di difesa

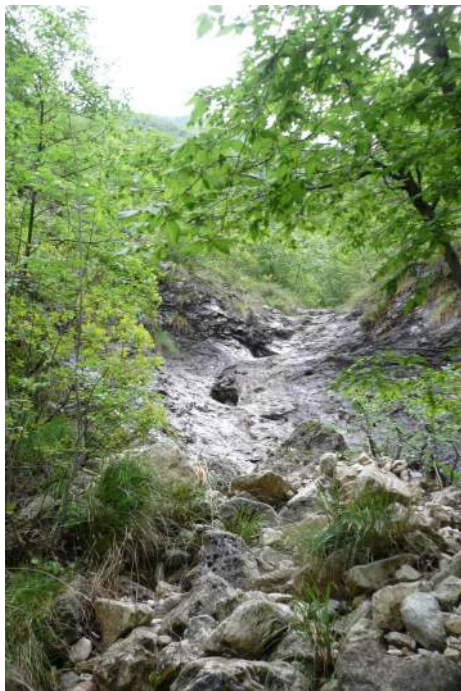
2.7 Diramazione

Risalendo l'alveo si può notare una sostanziale diramazione, evidenziata in particolar modo dalla presenza di vegetazione in mezzo all'asta principale. Questa diramazione non è riportata nella mappa del reticolo, probabilmente perché di lieve entità.



2.8 Tratto eroso

Percorrendo il letto del rio si possono incontrare tratti lisci e levigati spesso antecedenti a piccole cascatelle o tratti ad alta pendenza. La causa è appunto l'erosione dovuta al passaggio dell'acqua nel corso dei secoli.



(a)



(b)

Figura 14: Tratto eroso

2.9 Evento franoso

Mentre la parte finale del rio è stata rinforzata artificialmente quasi la totalità dell'ambiente circostante è incontaminata e perciò instabile, come si può vedere dalla foto sottostante in cui viene immortalata una piccola frana.



2.10 Altezza massima raggiunta

Le varie parti del rio sono raggiungibili solo percorrendo l'alveo, quindi in condizioni di secca e a piedi. Per questo motivo è stato impossibile percorrerlo per intero e verificare varie diramazioni riscontrabili nel reticolo ricavato. Possiamo inoltre presupporre che non sia presente una sorgente in quanto il rio è venuto a formarsi nel corso degli anni come mezzo di scolo della Val de Fora. Ciò è confermato da un abitante del luogo, incontrato durante i sopralluoghi, il quale ci ha informato sulla pressochè costante secca del rio ad eccezione dei periodi di ingente piovosità che generano, talvolta, piene improvvise. La foto rappresenta il punto di massima quota raggiunta.



2.11 Tratto finale

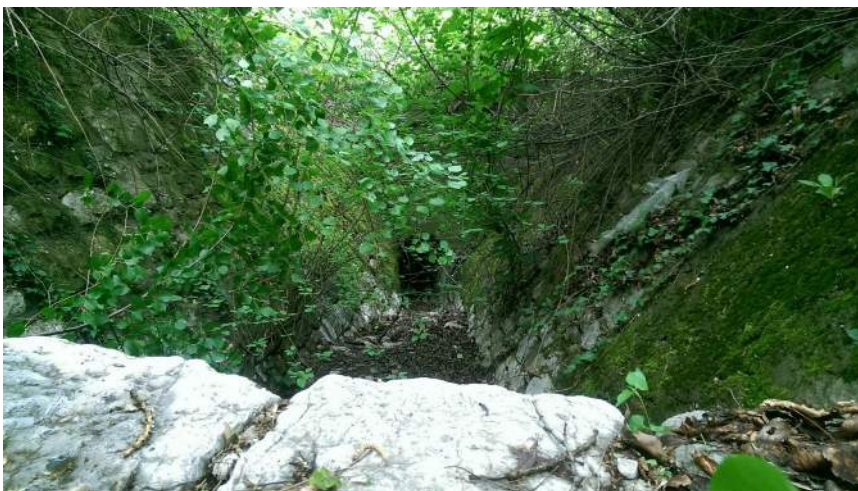
Il tratto finale si trova nelle vicinanze della Strada Statale 12 ed è il punto più prossimo al punto di partenza. Si trova in mezzo al bosco e ad alcune abitazioni. È stato rinforzato artificialmente attraverso degli argini per sopportare grandi ed improvvise portate d'acqua. Come si può notare dalle foto il Rio Val de Fora non segue, in questo specifico tratto un tragitto naturale ma è stato interrato probabilmente per permettere la costruzione della SS. Il tratto è soggetto a periodiche operazioni di manutenzione e disboscamento.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 15: Tratto finale

2.12 Foce

Anche questa parte del fiume è stata modificata e rinforzata. Inoltre, dalle foto si può notare a destra il ponte in corrispondenza della diramazione che da origine al canale Biffis (c), mentre a sinistra si intravedono piccole porzioni del castello di Avio (b).



(a)



(b)



(c)

Figura 16: Foce

2.13 Ponte ferroviario

Il ponte ferroviario, parte integrante della linea Trento-Verona, costituisce il punto di congiunzione tra i punti 9 e 10. Come da foto è possibile notare il cartello che recita "Attenzione pericolo piene improvvise nel fiume", testimoniando il carattere incostante del flusso del rio e la sua natura di canale di scolo della valle.





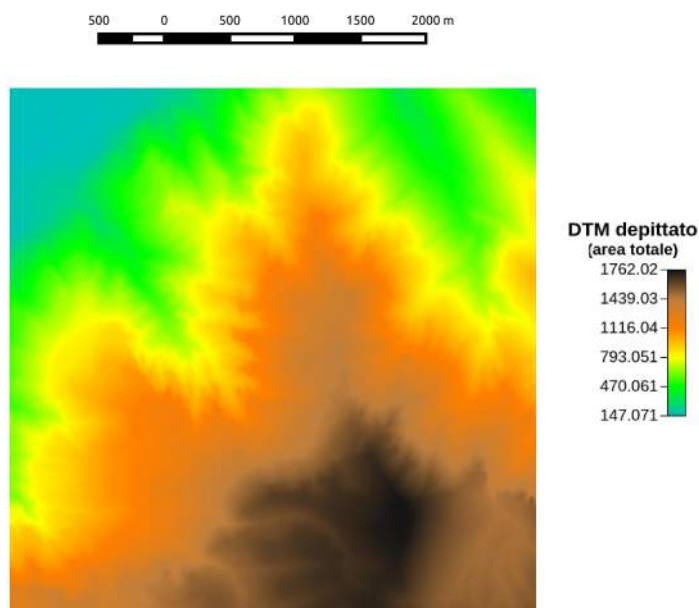
Figura 17: Ponte ferroviario

3 Analisi idro-geomorfologica di base

3.1 Delineazione del bacino

L'analisi idro-geomorfologica al computer ha inizio scaricando i fogli DTM corrispondenti alla zona interessata attraverso il Portale Geocartografico del Trentino; operazione fondamentale è l'unione di questi fogli in un unico file .asc utilizzando il comando `Merge` di QGIS. A questo punto è necessario eliminare tutti i punti di depressione che impediscono il calcolo delle direzioni di drenaggio (attraverso il comando `Pitfiller`. Nell'immediato, con la risoluzione fornita dal Geoportale 1x1 ciò non è stato possibile poiché il numero di punti era troppo elevato e sarebbe servito troppo tempo per l'elaborazione, quindi è stata ridotta la risoluzione del 25% con il comando `Translate`. Dopo questa correzione ha inizio l'estrapolazione delle mappe, dall'intero DTM, attraverso i comandi:

1. `Pitfiller`
2. `FlowDirections`
3. `DrainDir`
4. `TCA`
5. `MarkOutlets`
6. `Slope`
7. `Curvatures`
8. `Tc`
9. `ExtractNetwork`



Al fine di ottenere informazioni affini al Rio Val de Fora occorre procedere con l'estrazione del bacino idrografico attraverso il comando `Dem Manipulation` → `Wateroutlet`. Innanzitutto occorre individuare il punto di chiusura del bacino (interrogando la mappa, cioè cliccando su tale punto con lo strumento `info` di QGIS); in seguito bisogna verificare che il valore (Band 1) sia 2 e copiare le coordinate del punto cliccando con il tasto destro su `clicked coordinates` → `copy attribute value`. In input sono necessari le coordinate del punto di chiusura appena individuate e la mappa delle direzioni di drenaggio. Si precisa che in QGIS la prima coordinata è la coordinate est(x). In output viene restituita una maschera del bacino estratto, con valore 1 all'interno e no value all'esterno. Una volta estratto il bacino è stato eseguito il ritaglio di tutte le mappe, precedentemente calcolate per l'intera area, attraverso il comando `Raster Processing` → `CutOut`. È però necessario rieseguire il comando `Markoutlets` sulla mappa ritagliata delle direzioni di drenaggio per eliminare le uscite *outlets* corrispondenti ai nuovi confini.

3.2 Pitfiller

Il primo comando da utilizzare è il `Pitfiller`, il quale permette di eliminare dal modello digitale del terreno (DTM) gli eventuali punti di depressione creati in seguito a calcoli errati eseguiti durante la creazione del DTM; tali punti di depressione non permetterebbero il calcolo delle direzioni di drenaggio in ogni punto del nostro modello. Il comando `Pitfiller` appartiene alla classe `DemManipulation` dell' `Horton Machine`. La mappa ottenuta attraverso questo comando rappresenta, come il DTM di input, le quote assegnate ai centroidi dei pixels e per tale motivo abbiamo cambiato la scala colore con la scala `elevation`, adatta a rappresentare proprio la quota.

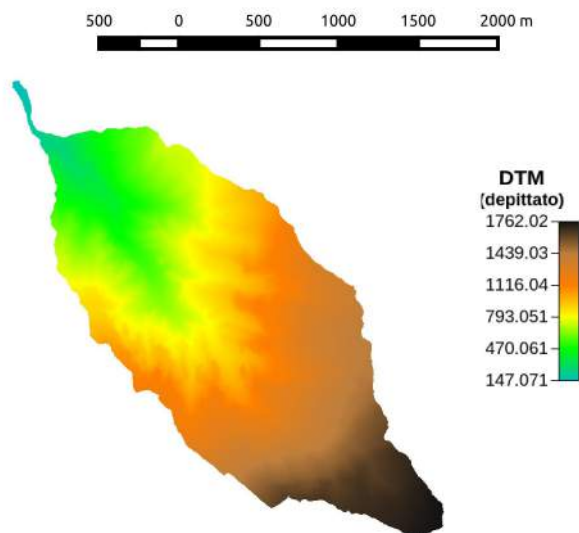


Figura 18: DTM

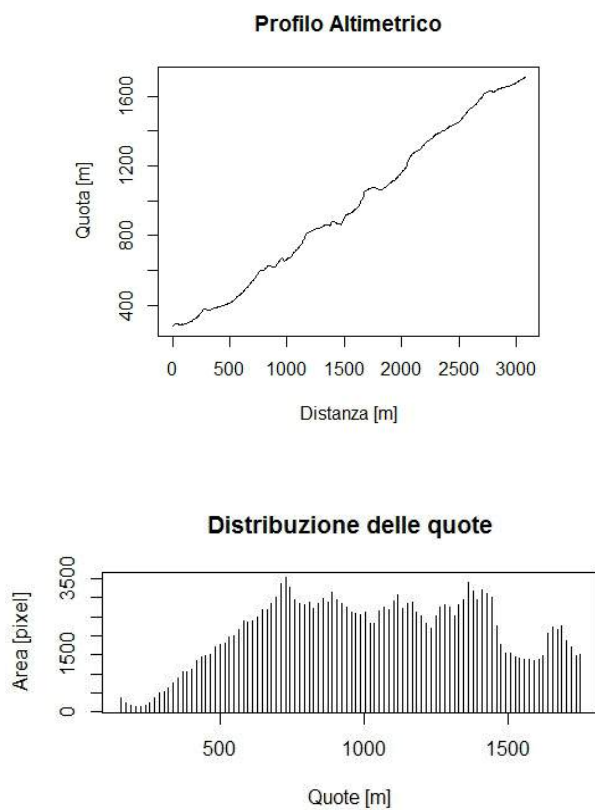


Figura 19: Grafici calcolati con RStudio

3.3 Flowdirections

Il comando `Geomorphology` → `FlowDirections` permette di calcolare le direzioni di drenaggio, cioè le direzioni verso cui l'acqua tende a fluire per gravità, tenendo conto della topografia dell'area analizzata. Questo comando definisce 8 possibili direzioni in cui l'acqua può drenare, secondo il criterio di massima pendenza discendente; quindi ogni pixel del DTM è in grado di drenare solo in una delle 8 celle ad esso adiacenti (soprastanti, sottostanti o diagonali). Ad ogni modo il comando `FlowDirections` provoca una deviazione del flusso rispetto al reale percorso naturale e per questo si sono rese necessarie delle correzioni.

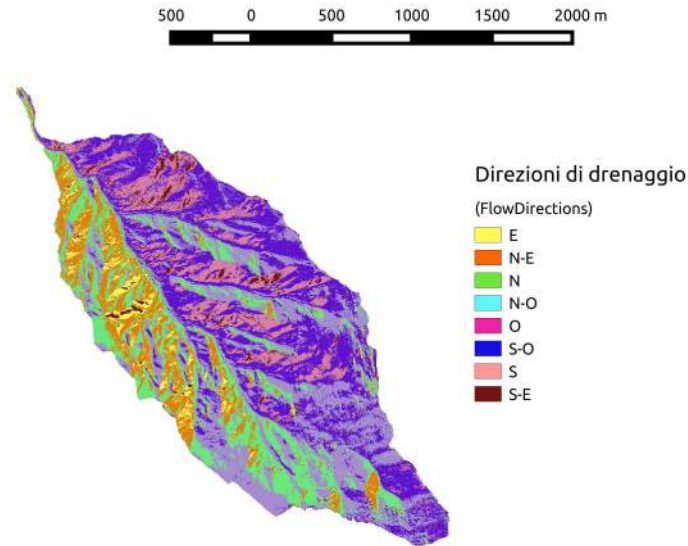


Figura 20: Direzioni di drenaggio non corrette

3.4 DrainDir

La funzione del comando `Geomorphology` → `DrainDir` consiste nel correggere la deviazione (nel peggiore dei casi di 22.5°) creatasi nel passaggio precedente; sostanzialmente corrisponde ad un miglioramento nel calcolo delle direzioni di drenaggio. Alla base di tale comando sta un algoritmo in grado di minimizzare la deviazione tra direzione calcolata e reale e si fonda sul calcolo di un parametro λ , che consente di determinare l'errore cumulato lungo il percorso e di reindirizzare la direzione di drenaggio ogniqualvolta venga superato un determinato valore di soglia. In input devono essere inserite le mappe del DTM dipintato e delle direzioni di drenaggio (precedentemente calcolata con `FlowDirections`), mentre in output otteniamo la mappa delle direzioni corrette e la mappa rappresentante le aree contribuenti

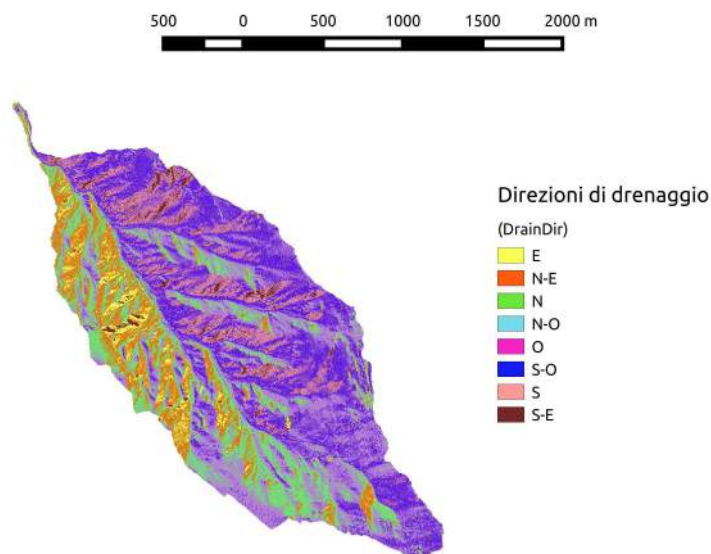


Figura 21: Direzioni di drenaggio corrette

3.5 TCA

La mappa delle aree contribuenti o TCA (Total Contribution Area) può essere calcolata attraverso il comando `DrainDir` oppure con `Geomorphology` → `Tca`. Tale mappa è di fondamentale importanza poiché rappresenta l'area contribuyente ad ogni punto del bacino idrografico d'interesse; sostanzialmente rappresenta la proiezione planare delle aree che afferiscono ad un determinato punto. Considerando l'ordine di grandezza dei valori restituiti dal comando, si è optato per una rappresentazione in scala logaritmica in modo da permettere una migliore visualizzazione dei dettagli. Il passaggio a scala logaritmica è stato effettuato utilizzando il comando `Raster Processing` → `MapCalc`, utile per eseguire operazioni logico-aritmetiche su mappe raster. In input si è inserito la mappa TCA e il seguente codice.

```
images{  
dtm_tca=read;  
result=write;  
}  
result=log(dtm_tca,10);
```

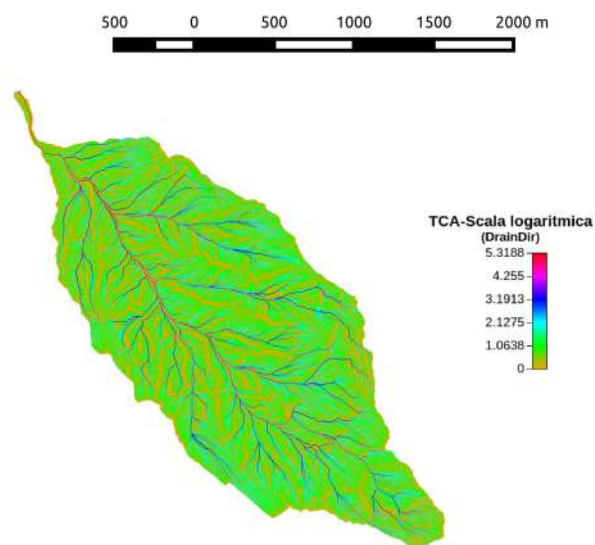


Figura 22: Aree contribuenti in scala logaritmica

3.6 Markoutlets

Il comando `Dem Manipulation` → `Markoutlets` evidenzia, nella mappa rappresentante le direzioni di drenaggio, le uscite (*outlets*) del bacino d'interesse, cioè i pixels che drenano fuori dall'area analizzata, con un valore convenzionale 10. Viene richiesta in input la mappa delle direzioni di drenaggio (calcolata con `DrainDir`).

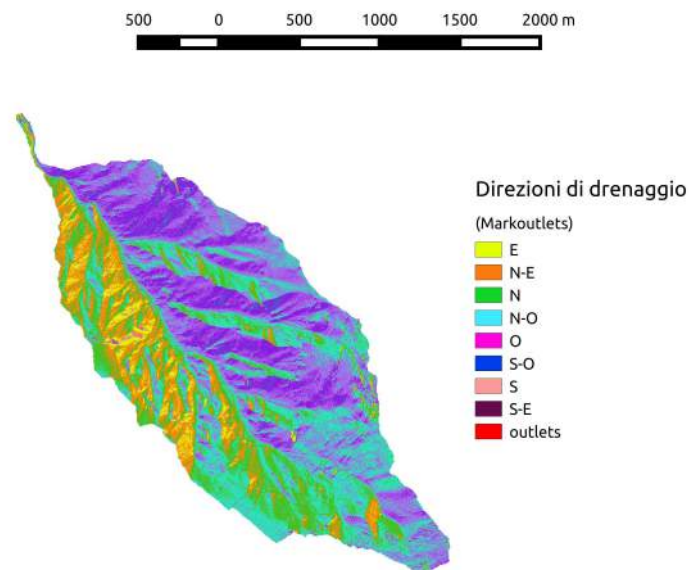


Figura 23: Direzioni di drenaggio con uscite poste convenzionalmente a 10

3.7 Slope

Il comando `Geomorphology` → `Slope` calcola la pendenza della superficie topografica in ogni punto lungo le direzioni di drenaggio; sostanzialmente calcola l'inclinazione tra due pixel svolgendo il rapporto tra il dislivello e la proiezione orizzontale della distanza tra i centri dei due pixels. In input vengono richieste le mappa del DTM depittato e delle direzioni di drenaggio (calcolate con `Markoutlets`).

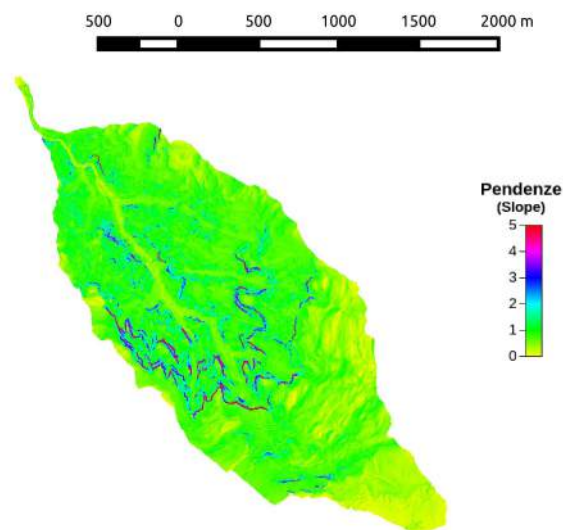


Figura 24: Mappa della pendenza

3.8 Curvatures

Il comando `Geomorphology → Curvatures` permette di calcolare le curvatures, cioè la deviazione del vettore gradiente per unità di lunghezza lungo particolari curve tracciate sulla superficie in esame. Richiede in input la sola mappa del DTM depittato e fornisce in output 3 mappe rappresentanti i 3 diversi tipi di curvatures:

1. **Longitudinale:** rappresenta la deviazione del gradiente andando da valle verso monte seguendo l'inviluppo dei gradienti. È negativa se il gradiente aumenta. Delinea il pendio in concavo, convesso, e planare.

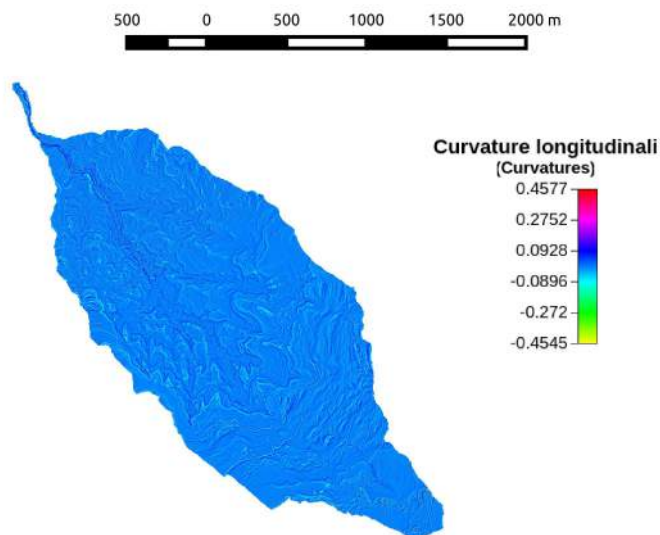


Figura 25: Curvature longitudinali

2. **Planare:** si ottiene sezionando la superficie con un piano parallelo al piano (x, y) ed è la variazione dei vettori tangenti alle linee di livello passanti per il punto in esame. Misura la convergenza (se > 0) o la divergenza (se < 0) del flusso.

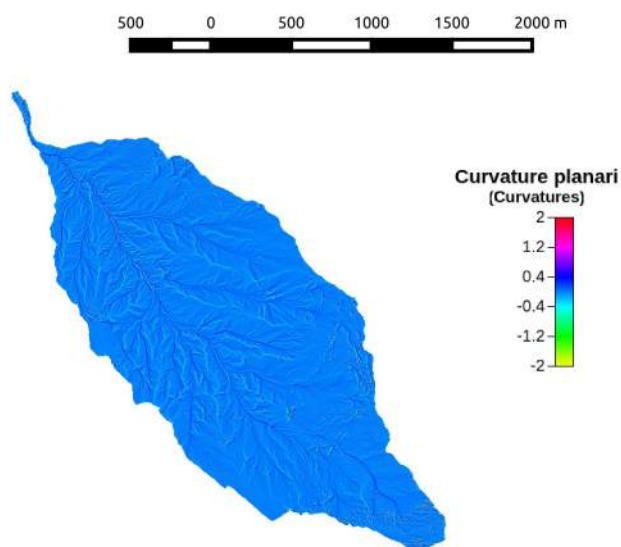


Figura 26: Curvature planari

3. **Tangenziale:** è determinata sulla curva di intersezione tra un piano perpendicolare alla direzione del gradiente e tangente alle linee di livello nel punto considerato. Curvatura tangente e piana sono tra loro proporzionali e quindi la loro distribuzione spaziale è la stessa.

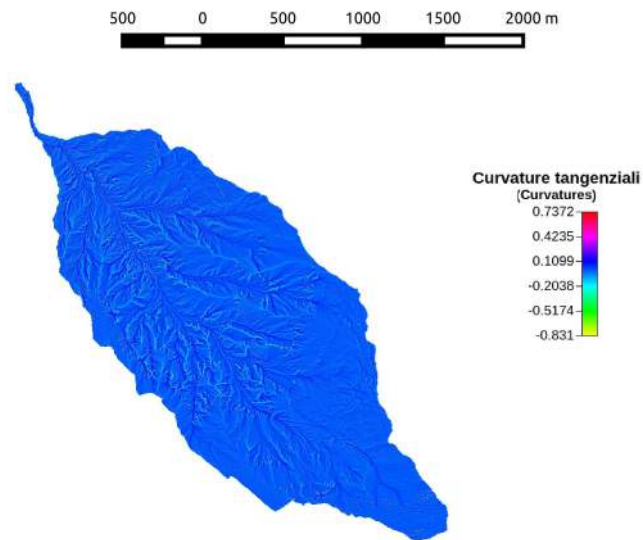
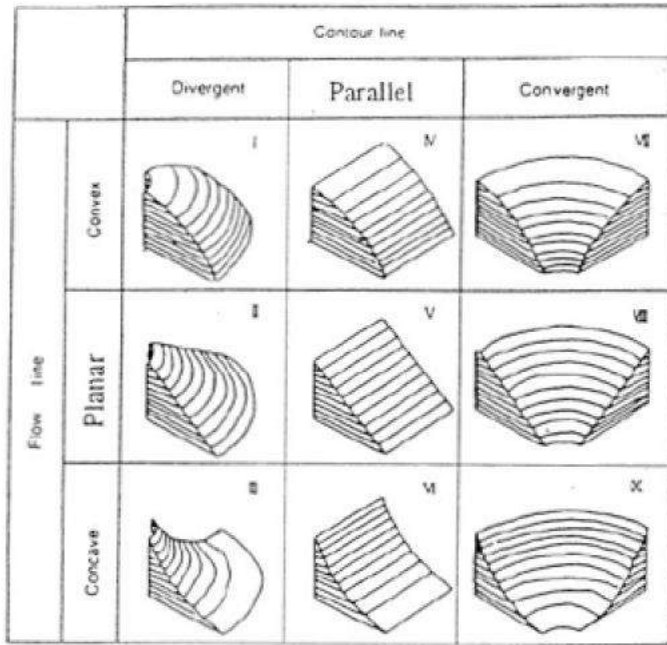


Figura 27: Curvature tangenziali

3.9 Tc

Il comando Hillslope → Tc permette di classificare ogni punto attraverso 9 classi topografiche, che sono ottenute con l'intersezione dei tre tipi di curvature longitudinali con i tre di curvature planari. In input vengono richieste le mappe delle curvature piana e longitudinali. In output vengono fornite due mappe:

3.9.1 9 classi topografiche



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

Figura 28: Rappresentazione delle classi topografiche

Tabella 1: Relazione tra i valori nella mappa e le classi topografiche corrispondenti

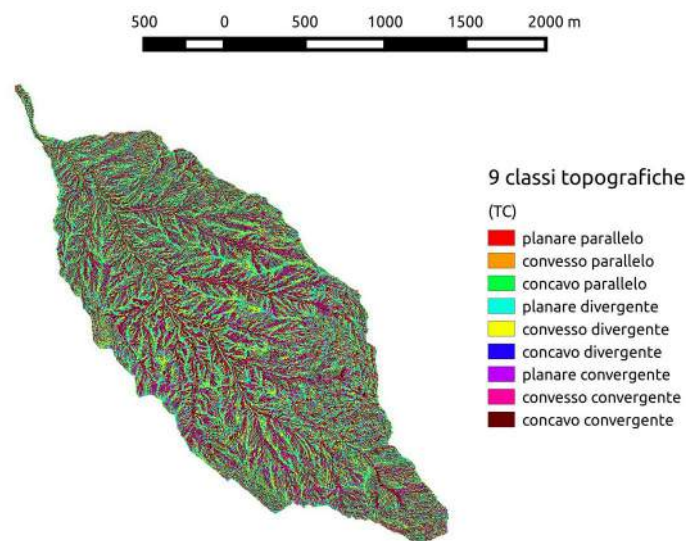


Figura 29: Mappa delle 9 classi topografiche

3.9.2 3 classi topografiche

Questa mappa permette di classificare un punto semplicemente come concavo, planare o convesso; tenendo però sempre presente le concavità in entrambe le direzioni.

15	concavo	unione delle classi 30, 70 e 90
25	planare	corrispondente alla classe 10
35	convesso	unione delle restanti classi

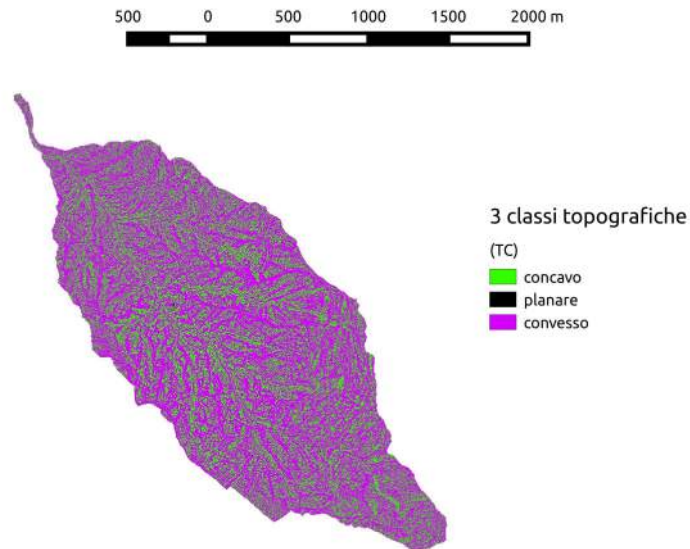


Figura 30: Mappa delle 3 classi topografiche

3.10 ExtractNetwork

Il comando `Network -> ExtractNetwork` consente di estrarre attraverso 3 diversi metodi il reticolo idrografico.

3.10.1 Reticolo 1

Nel primo metodo si imposta una soglia sulle aree contribuenti. Quindi solo i punti con area contribuyente maggiore della soglia danno luogo alla formazione di canali.

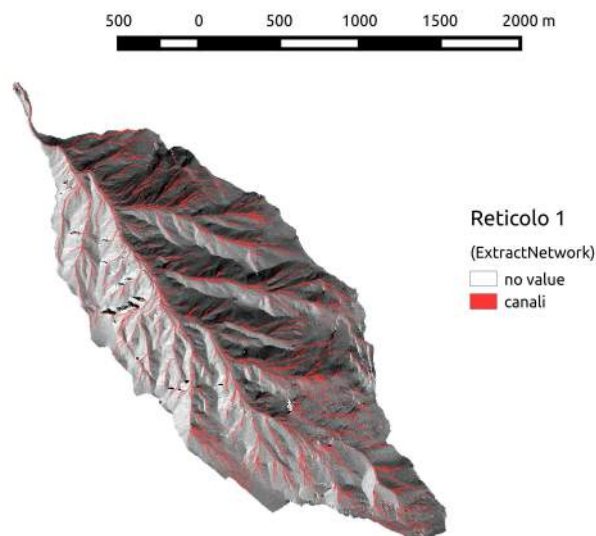


Figura 31: Reticolo estratto con il primo metodo

3.10.2 Reticolo 2

Nel secondo metodo si imposta una soglia sul prodotto tra aree contribuenti e la pendenza. Tale quantità stima lo sforzo tangenziale.

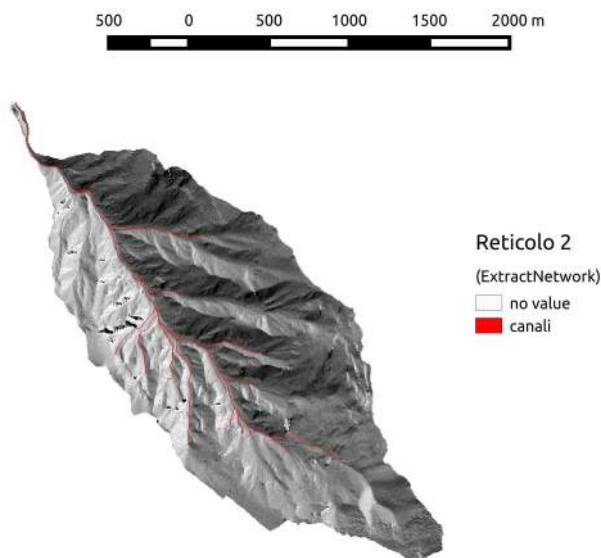


Figura 32: Reticolo estratto con il secondo metodo

3.10.3 Reticolo 3

Nell'applicare il terzo metodo si imposta una soglia analoga alla precedente considerando solo i punti convergenti. In questo modo si ottiene una soglia più accurata.

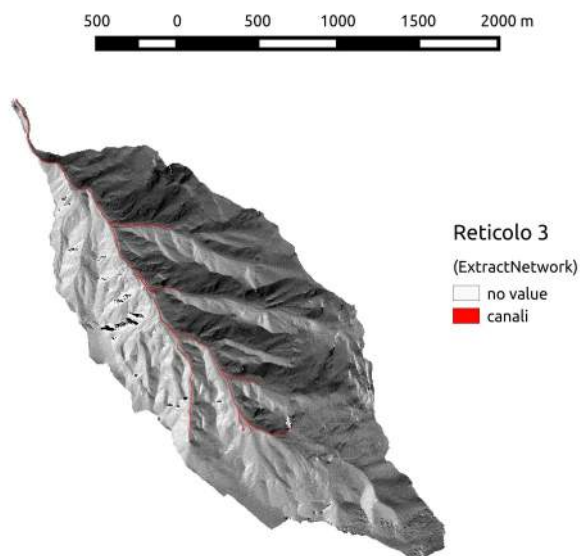


Figura 33: Reticolo estratto con il terzo metodo

Si precisa che per ottenere il reticolo attraverso il terzo metodo, occorre inserire in input le mappe delle direzioni di drenaggio, delle TCA, delle pendenze e delle 3 classi topografiche. Oltre alle mappe bisogna anche selezionare `tca in convergent sites` e impostare il valore di soglia (che noi abbiamo posto = 100), il quale dipende dalla dimensione dei pixel e dagli attributi topografici del bacino. Il terzo metodo è chiaramente il più raffinato tra quelli qui proposti.

3.11 NetworkAttributeBuilder

Il comando `Network` → `NetworkAttributesBuilder` consente di estrarre due mappe. Queste rappresentano una il reticolo in formato vettoriale e la seconda una mappa vettoriale con assegnato per ogni canale un ordine di Hack. Gli input da inserire sono le mappe del reticolo (d'ora in poi si userà solo quello più preciso), delle direzioni di drenaggio e delle aree contribuenti. Per poter estrarre correttamente le mappe di output è necessario, essendo dei vettoriali, indicare il formato desiderato. Nel caso qui in esame si è optato per lo Shapefile. Qui non si riporta la mappa del reticolo vettoriale poiché visivamente indistinguibile da quella del reticolo vettoriale.

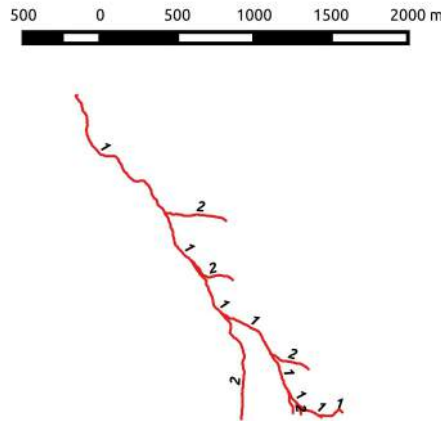


Figura 34: Mappa degli ordini di Hack

3.12 NetNumbering

Il comando `Network` → `NetNumbering` permette di numerare i canali del reticolo idrografico ottenuto in precedenza e di individuare i bacini ad essi afferenti. Il programma individua l'inizio dei canali, che numera in maniera crescente, quindi scende lungo la rete attribuendo ad ogni pixel di rete lo stesso valore del link di monte fino a che non arriva ad una confluenza. Giunto a un nuovo canale se questo non è già stato processato lo numera e così via fino a valle. Una volta numerata la rete vengono estrapolati i bacini che drenano dentro ogni singolo ramo della rete. In input devono essere inserite le mappe delle direzioni di drenaggio, delle TCA e del reticolo idrografico. È inoltre necessario impostare un valore di soglia sulle TCA, nel caso in esame si è scelto di impostare il valore aumentando di un ordine di grandezza quello usato per estrarre il reticolo idrografico, cioè 1000.

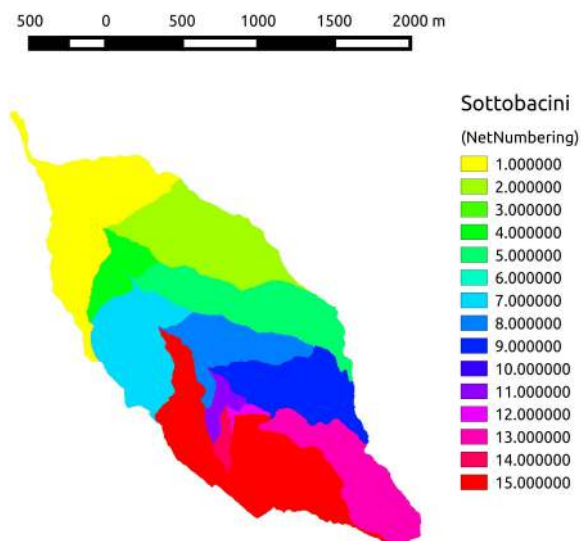


Figura 35: Mappa vettoriale dei sottobacini

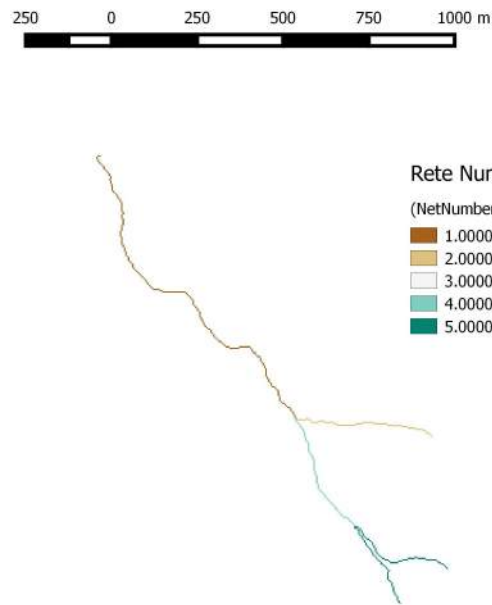


Figura 36: Mappa della rete numerata

3.13 Vectorizer

Il comando `Vector Processing` → `Vectorizer` è in grado di convertire una mappa raster in vettoriale. Nel caso in esame è stato utilizzato per convertire la mappa dei sottobacini. `Vectorizer` però presenta alcuni problemi alle congiunzioni tra due sottobacini, dove vengono erroneamente creati sottobacini (feature) di pochi pixel non realmente presenti. Al fine di non incorrere in tale errore è opportuno settare un valore di soglia (nel nostro caso pari a 30) sulla dimensione minima in pixel che devono avere le feature per essere create. La mappa ricavata risulta molto utile in quanto indicatrice di molti attributi dei sottobacini ad esempio: area, perimetro, numerazione, quota massima, quota minima, quota media e quota all'uscita.

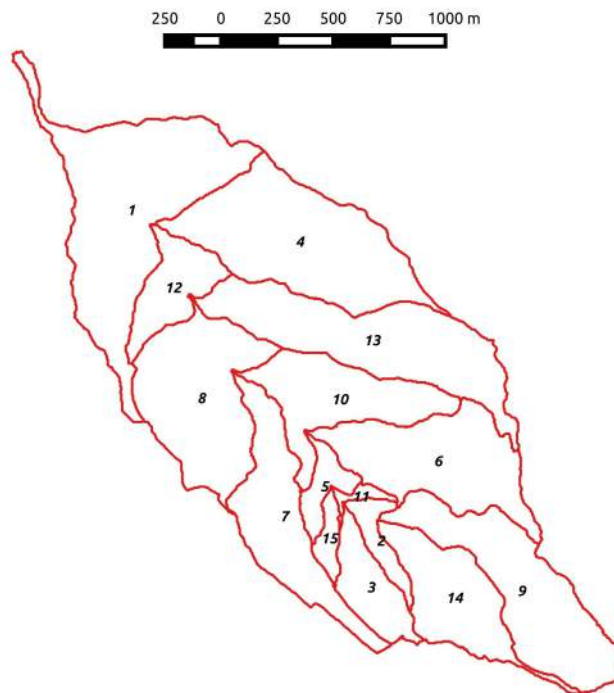


Figura 37: Mappa vettoriale dei sottobacini numerati

3.14 VectorReshaper

Il comando `Vector Processing → VectorReshaper` consente di ottenere, inserendo in input una mappa vettoriale, un altro vettoriale, utilizzando un'apposita funzione ECQL relativa alla mappa che vogliamo in output. Al fine di una analisi idro-geomorfologica di un bacino il comando può essere utile per estrarre le lunghezze dei singoli rami e ricavare i centroidi relativi ad ogni sottobacino.

3.14.1 Lunghezza rami

Per ottenere tale mappa occorre inserire in input la mappa vettoriale del reticolo e la sintassi:

```
len=geomLength(the_geom)
```

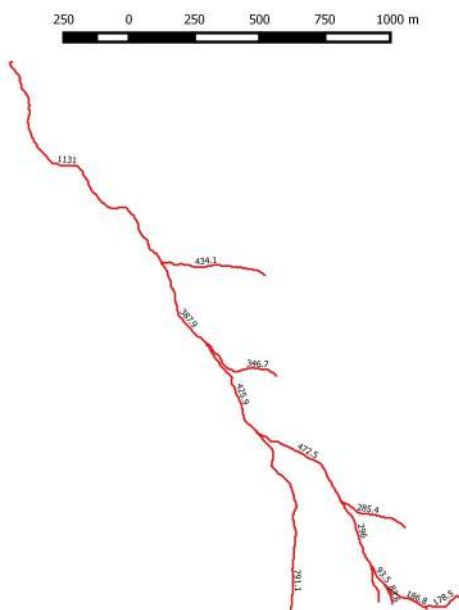


Figura 38: Mappa del reticolo vettoriale con lunghezza dei rami

È inoltre possibile visualizzare la numerazione dei rami con il metodo di Strahler. Così risulta facile capire quale sia l'asta principale

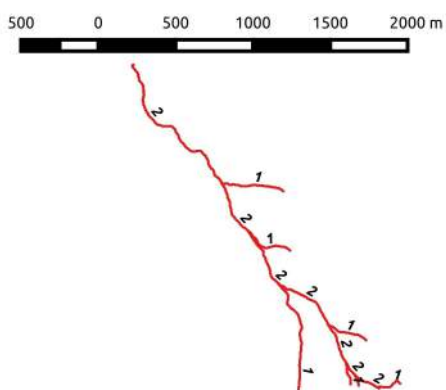


Figura 39: Rami numerati con il metodo di Strahler

3.14.2 Centroidi

Per ottenere tale mappa occorre inserire in input la mappa rappresentante i contorni dei sottobacini e la sintassi:

```
the_geom=centroid(the_geom)
```

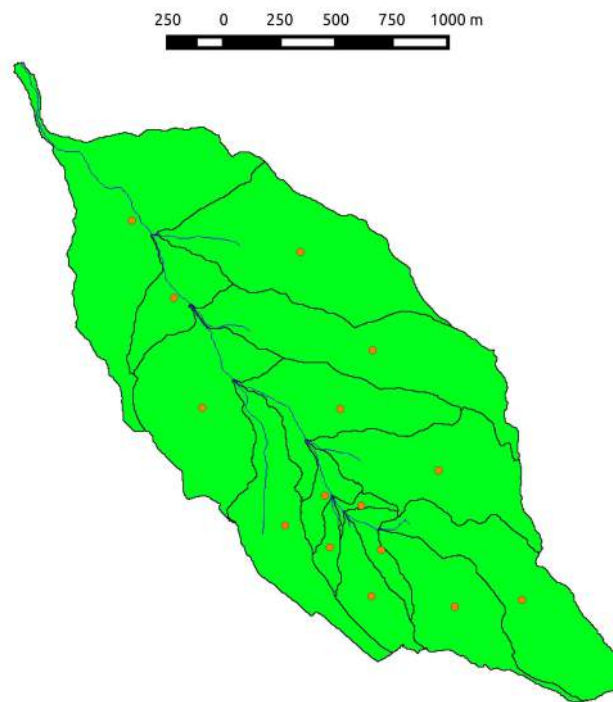


Figura 40: Mappa dei centroidi

4 Attributi derivati

4.1 Gradient

Il comando `Geomorphology → Gradient` calcola il modulo del vettore gradiente attraverso la formula:

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

Infatti, per gradiente si intende il percorso lungo il quale, a parità di dislivello, la variazione di quota per unità di lunghezza orizzontale è massima. Sostanzialmente rappresenta la direzione lungo la quale è massima la variazione della pendenza. È una grandezza fondamentale poichè serve ad identificare le direzioni di drenaggio, la velocità dell'acqua e di conseguenza l'erosione e il trasporto dei detriti.

Anche questo comando, come `Geomorphology → Aspect`, richiede in input la sola mappa del DTM depittato.

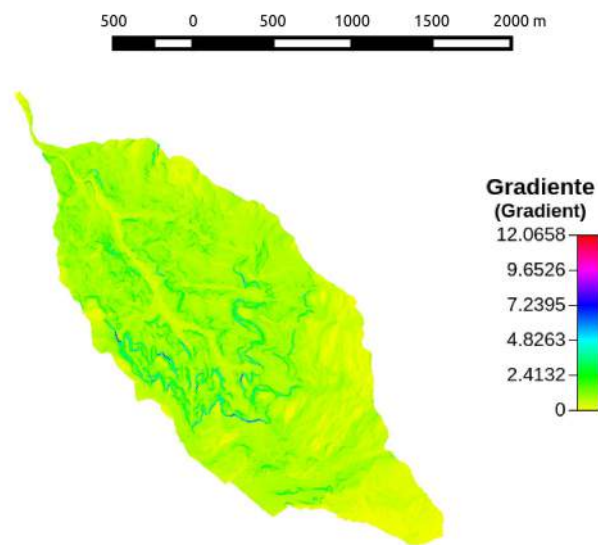
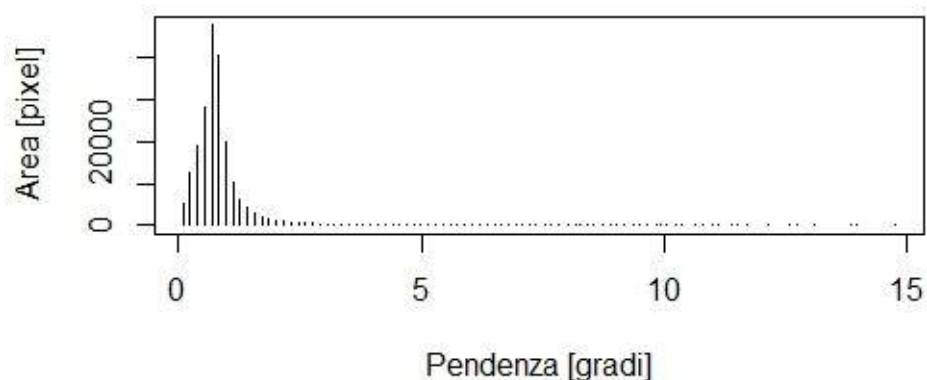


Figura 41: Mappa restituita dal comando `Geomorphology → Gradient`

Distribuzione delle pendenze



4.2 Aspect

Il comando `Geomorphology` → `Aspect` calcola l'esposizione, ovvero la direzione di massima pendenza verso cui tende il versante. Tale attributo può essere espresso attraverso la formula:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{f_y}{f_x}\right)$$

In input richiede solamente la mappa del DTM depittato.

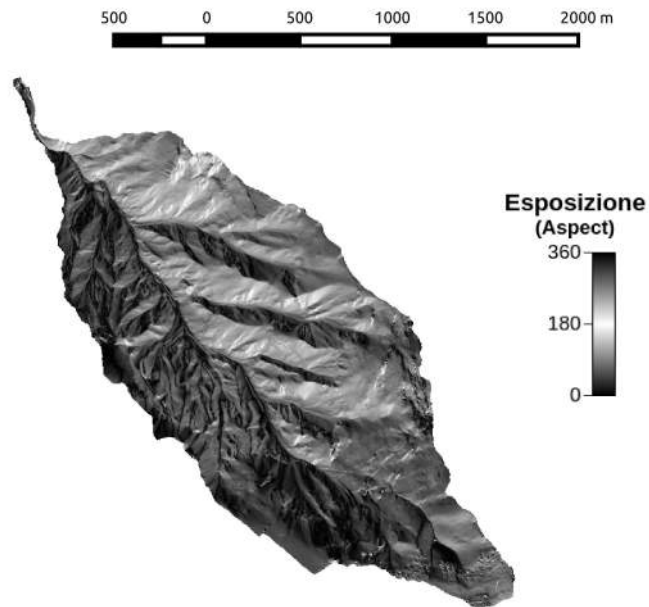
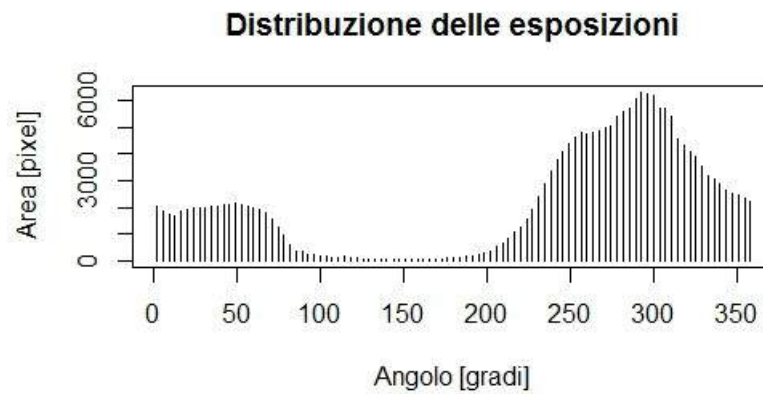


Figura 42: Mappa dell'esposizione



4.3 Ab

Il comando `Geomorphology` → `Ab` permette di calcolare in ogni punto del bacino l'area drenante per unità di lunghezza (A/b) e la lunghezza della curva di livello, b , passante per il punto a cui corrisponde un'area contribuyente pari ad A . Il calcolo del contorno drenante è legato al valore assunto dalla curvatura planare in ogni punto del bacino. Essendo una mappa legata alle TCA si adotta, come in precedenza, una scala logaritmica.

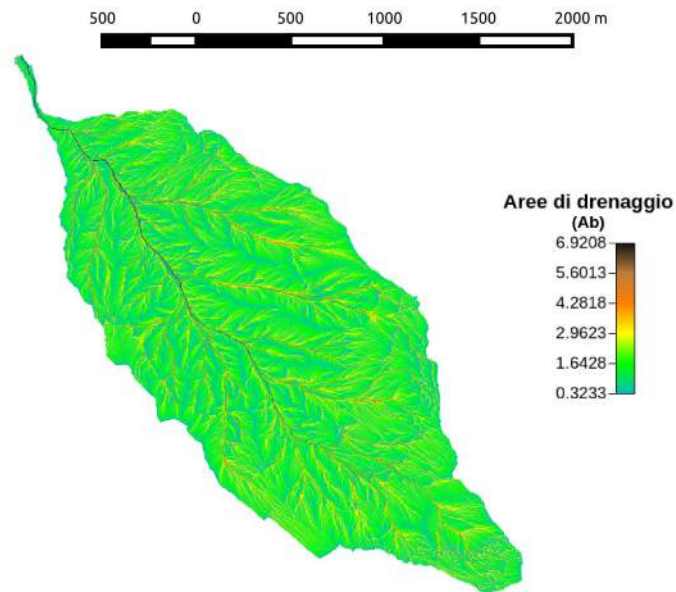


Figura 43: Mappa delle aree di drenaggio

4.4 RescaledDistance

Il comando `Basin → RescaledDistance` permette di ottenere le distanze dall'uscita del bacino, calcolate lungo le direzioni di drenaggio. Per una maggior validità dei risultati, tali distanze vengono riscalate in base al tragitto lungo cui vengono calcolate. L'acqua infatti andrà più veloce nei versanti anziché nella rete. In `STAGE` per fare ciò occorre introdurre il parametro r

$$r = \frac{U_c}{U_h} \quad (1)$$

dove U_c è la velocità nei canali e U_h è la velocità nei versanti. In input vengono richieste le mappe rappresentanti le direzioni di drenaggio e della rete idrografica. Si precisa che nell'analisi idro-geomorfologica in questione si sono utilizzati valori di r pari a 1 e 10.

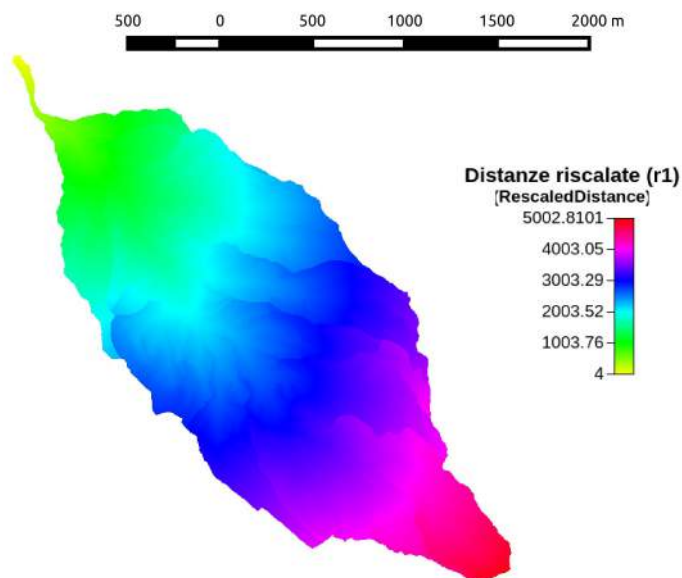


Figura 44: Mappa delle distanze semplici

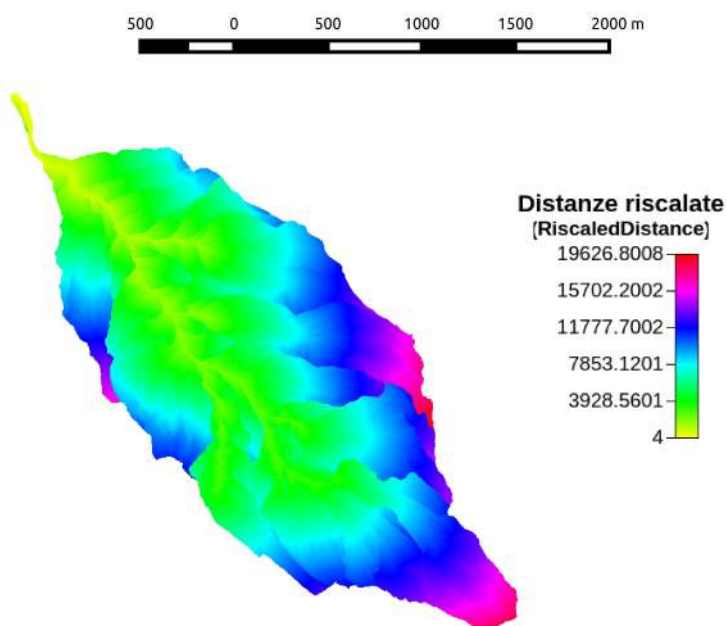


Figura 45: Mappa delle distanze riscalate con $r=10$

4.4.1 Cb

É molto interessante osservare la distribuzione delle distanze semplici e riscalate. A tal scopo si può usare il comando `Statistics` → `Cb` che permette di effettuare anche statistiche incrociate. In questo caso, per ottenere la distribuzione è sufficiente dare in input la mappa delle distanze interessate (inserita due volte). Con il software R si sono potuti generare i grafici delle distribuzioni:

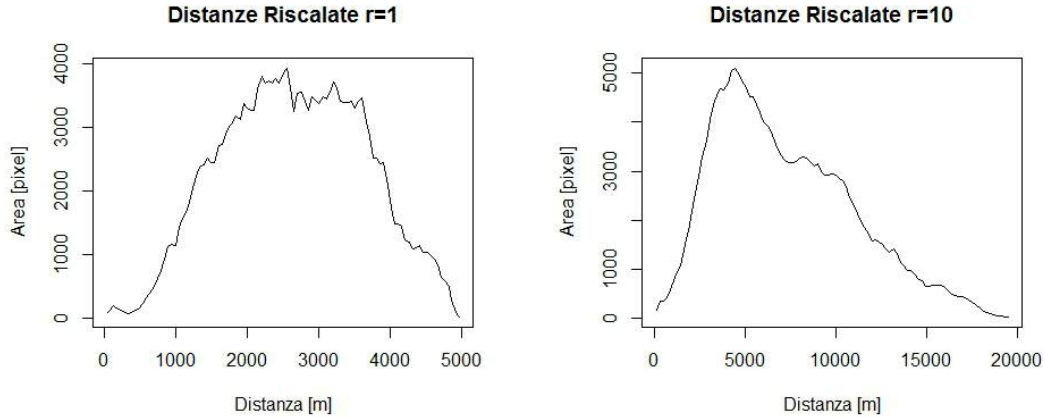


Figura 46: Distributions of simple and rescaled distances

4.5 TopIndex

The command `Basin` → `TopIndex` expresses the tendency of a pixel to saturate and requires in input the maps of the contributing areas and of the slopes. The topographic index depends on the morphological characteristics and is proportional to the ratio between the cumulative area in the pixel (A) and slope (expressed by the gradient)

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

where b is the length of the contour curve passing through the point to which corresponds an area A . The areas subject to a rapid saturation are characterized by high values of index T_i , therefore by low slopes.

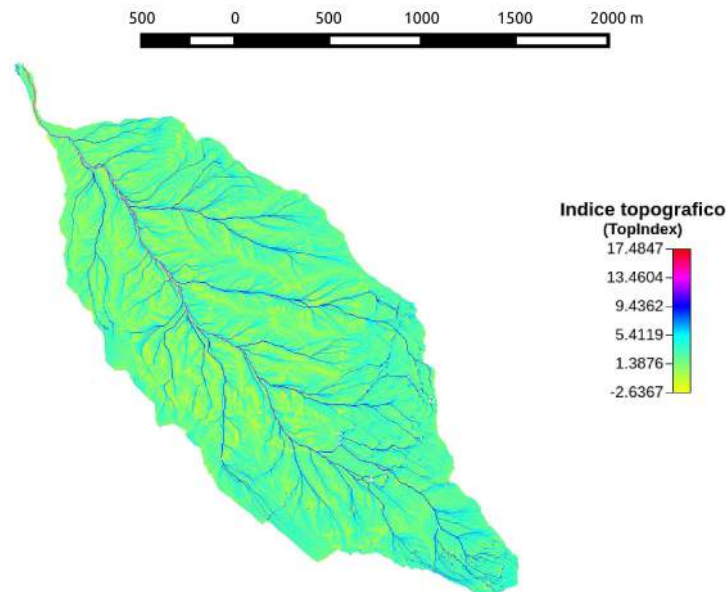


Figura 47: Map of the topographic index

5 Cartografia utilizzata

1. Portale Geocartografico del Trentino,DTM risoluzione **1x1** e vettoriali del Trentino
<http://www.territorio.provincia.tn.it/>
2. Kompass, Carta dei sentieri per Rovereto e Monte Pasubio
3. Kompass, Mappa online per la figura(1)
<http://www.kompass-italia.it/>
4. Google Maps

6 Applicazioni per smartphone utilizzate

1. *GPS Status 5.3.111*: necessario per la gestione e l'acquisizione del sistema GPS da parte di Geopaparazzi
<https://play.google.com/store/apps>
2. *Geopaparazzi 4.3.0*: per la generazione della mappa vettoriale che visualizza i punti dove sono state scattate le foto
<https://play.google.com/store/apps>

7 Programmi utilizzati

1. *STAGE 0.7.0* per l'analisi al calcolatore
<https://github.com/moovida/STAGE/releases>
2. *QGis 2.6* per la visualizzazione delle mappe. Con questo programma si è anche effettuato il patch e la conversione in un DTM a minor risoluzione
<http://www.qgis.org/it/site/forusers/download.html>
3. *Adobe Photoshop CC* per ritagliare e migliorare le immagini
4. *Texmaker 4.4.1* come editor e compilatore \LaTeX
<http://www.xmlmath.net/txmaker/download.html>
5. *RStudio 0.98.1103*: per i grafici delle distribuzioni
<http://www.rstudio.com/>
6. *R 3.2.0*: necessario a RStudio
<http://www.r-project.org/>
7. *FastStone Photo Resizer 3.3* : per il resize delle foto
<http://www.faststone.org/>

Riferimenti bibliografici

- [1] L.Pantieri, T.Gordini: *L'arte di scrivere con \LaTeX* , 2011
http://www.lorenzopantieri.net/LaTeX_files/ArteLaTeX
- [2] A.Antonello, S.Franceschi, R.Rigon: *JGrass 3 Manuale utente*, 2010
- [3] R.Rigon et al.: *The HORTON Machine: a system for DEM analysis* , 2006
<http://www.ing.unitn.it/dica/tools/download/Quaderni/Horton20manual.pdf>
- [4] S.Franceschi, L.Perathoner, M.Toro, G.Formetta: *Lucidi del corso di Idrologia*, 2015
<http://abouthydrology.blogspot.it/2013/03/the-horton-machine-udig-jgrasstools.html>
- [5] Cooperativa CET: *Studio di impatto ambientale del depuratore di Trento*, 2010
<https://www.yumpu.com/it/document/view/15525793/studio-di-impatto-ambientale-del-depuratore-di-trento-3-2010-disat/25>
- [6] Servizio Faunistico Provincia Autonoma di Trento: *Carta ittica del Trentino*, 2001
<http://www.associazionepeccatorialetochiese.com/img/CARAITTICA.pdf>