

ANDREA LOSCHI
MAT. 158390

RELAZIONE IDROGEOMORFOLOGICA:
IL RIO OMBRETTA



RELAZIONE DEL CORSO DI IDROLOGIA
DOCENTE: PROF. RICCARDO RIGON

Università degli Studi di Trento
Dipartimento di Ingegneria Civile Ambientale
Maggio 2015

INDICE

1	ZONA D'ANALISI	1
1.1	Introduzione della zona d'indagine	2
1.1.1	Il rio Ombretta	3
1.2	Elaborazione delle mappe	3
1.2.1	Modello digitale del terreno	3
1.2.2	FlownDirection e TCA	4
1.2.3	Markoutlets e Slope	5
1.2.4	Curvature e Tc	5
1.3	Estrazione del reticolo idrografico	10
1.3.1	Chiusura del bacino e CutOut delle mappe	11
1.3.2	Estrazione delle lunghezze dei rami, legge di Hack e Strahler	11
1.3.3	Numerazione della rete ed estrazione dei sottobacini	15
1.3.4	Vettorializzazione dei sottobacini	15
1.4	Altri analisi sul bacino	15
1.4.1	Indice topografico	17
1.4.2	Distanze riscalate	18
1.4.3	Ab	18
1.5	Alcune analisi statistiche	20
1.5.1	Distanze riscalate	20
1.5.2	Quota altimetrica	21
1.5.3	Dati quota pendenza	22
1.5.4	Dati quota distanza	22
2	INDAGINI IN SITO	24
2.1	Descrizione delle condizioni della zona	24
2.2	Rilevi fotografici	24
2.2.1	La diga	26
2.2.2	La valle	27
2.2.3	Un affluente di sinistra	28
2.2.4	Un altro affluente di sinistra	29
2.2.5	Vista panoramica della valle	30
2.2.6	Il rifugio	31
2.2.7	Una vivace sorgente	32
2.2.8	Una piccola sorgente	33
2.2.9	La presa d'acqua per il rifugio	34
2.2.10	Alcune foto panoramiche	35
2.2.11	Un affluente proveniente dal Passo Ombretta	36
2.2.12	Una sorgente d'alta quota	37
2.2.13	Un nevaio	38
2.2.14	Interventi antropici	39
3	I SERRAI DI SOTTOGUDA	40
	BIBLIOGRAFIA	43

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1	Mappa della zona d'indagine	1
Figura 2	Panoramica della valle	2
Figura 3	La diga del Lago dell'Ombretta	3
Figura 4	Pitfiller della zona in analisi	4
Figura 5	Direzioni di drenaggio con Draindir	5
Figura 6	TCA in scala logaritmica	6
Figura 7	Direzioni di drenaggio con Markoutlets	6
Figura 8	Mappa della pendenza	7
Figura 9	Curvatura longitudinale	7
Figura 10	Curvatura piana	8
Figura 11	Curvatura tangenziale	8
Figura 12	9 classi topologiche aggregate	9
Figura 13	3 classi topologiche aggregate	10
Figura 14	Rete idrografica	11
Figura 15	Sovrapposizione bacino elaborato e quello regionale	12
Figura 16	Lunghezza dei vari rami del reticolo idrografico	13
Figura 17	Valore del numero di Hack	13
Figura 18	Legge di Hack	14
Figura 19	Valore del numero di Strahler	14
Figura 20	La mappa di netnumbering	15
Figura 21	I 53 sottobacini individuati	16
Figura 22	Vettoriale dei sottobacini con i centroidi	16
Figura 23	Indice topografico	17
Figura 24	Indice topografico corretto	18
Figura 25	Distanze riscalate con $r = 1$	19
Figura 26	Distanze riscalate con $r = 10$	19
Figura 27	Output del comando Ab	20
Figura 28	Grafico delle distanze riscalate (con $r = 1$)	21
Figura 29	Grafico della distribuzione della quota	21
Figura 30	Grafico della distribuzione della quota	22
Figura 31	Quota punto chiusura	23
Figura 32	Cime delle montagne e rifugi	25
Figura 33	Indice rilievi fotografici	25
Figura 34	Alcune immagini della diga	26
Figura 35	Inizio della valle	27
Figura 36	Un affluente di sinistra	28
Figura 37	Un altro affluente di sinistra	29
Figura 38	Un altro affluente di sinistra	30
Figura 39	Il rifugio	31
Figura 40	La discesa tra le rocce	32
Figura 41	Un piccolo affluente	33
Figura 42	La presa d'acqua per il rifugio	34
Figura 43	Alcune foto panoramiche	35
Figura 44	Un affluente di sinistra	36
Figura 45	Una sorgente	37
Figura 46	Un nevaio	38
Figura 47	Esempio di interventi antropici	39
Figura 48	Panorama invernale dei Serrai	41

Figura 49	Vista sui Serrai dalla strada per il Fedaia	42
-----------	---	----

1

ZONA D'ANALISI

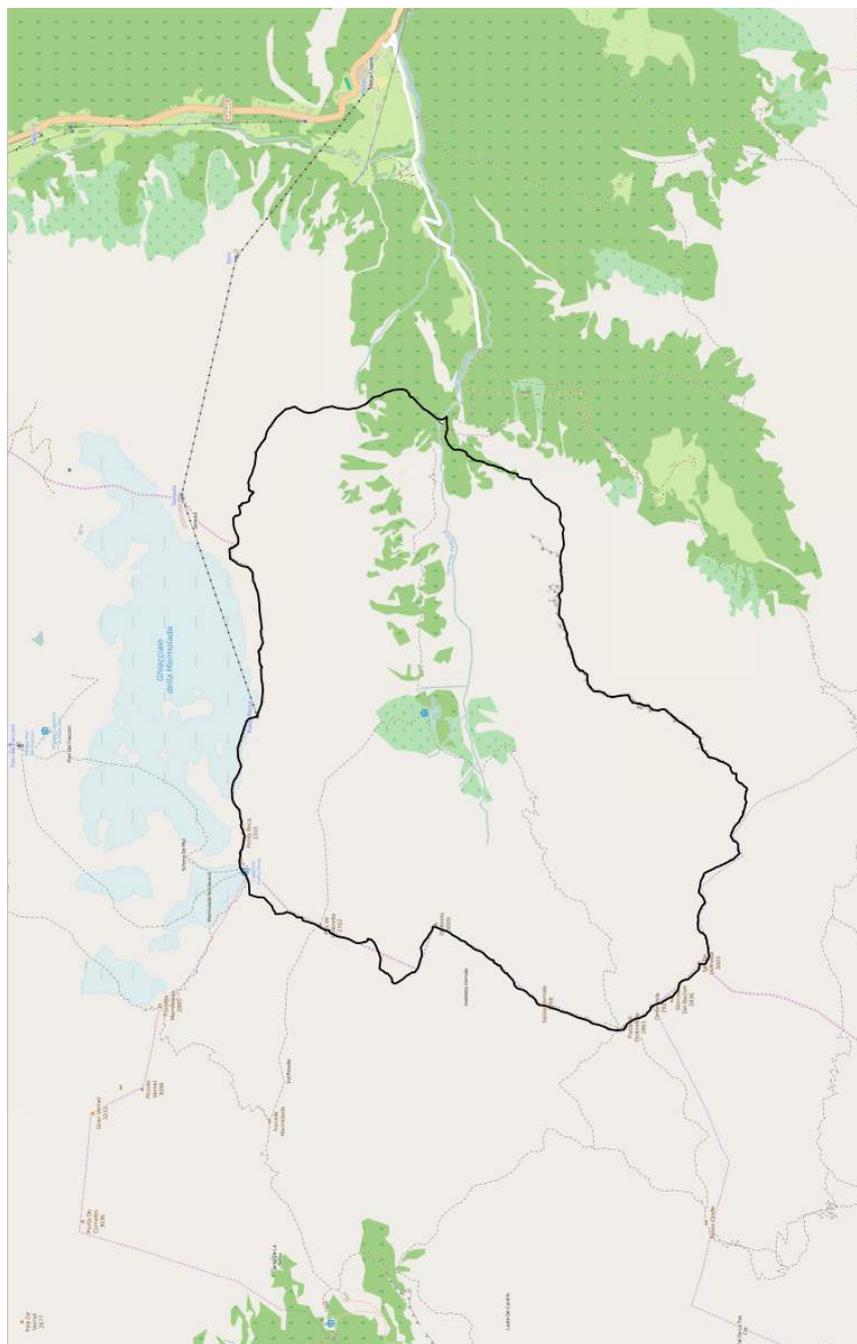


Figura 1: Mappa della zona d'indagine



Figura 2: Panoramica delle valli nella salita verso il Rifugio Falier

1.1 INTRODUZIONE DELLA ZONA D'INDAGINE

La zona d'indagine si trova in Regione Veneto, nel Comune di **Rocca Pietore** in Provincia di Belluno; la Val Ombretta è una tipica valle alpina e una delle più belle del gruppo della Marmolada, la Regina delle Dolomiti, con una stupenda vista sulla parete sud ovest della Marmolada. Questa valle è stata oggetto di intensi combattimenti durante la Prima Guerra Mondiale ¹

Dalla località di **Malga Ciapela**, alla partenza della funivia per la cima della Marmolada, si oltrepassa il camping *Malga Ciapela* e dopo un chilometro circa si arriva ad un ponte chiuso da una sbarra. Qui si deve lasciare la macchina e ci si avvia a piedi. Oltrepassato il ponte, si prende la larga mulattiera che sale sulla sinistra; inizialmente presenta una certa pendenza ma poi si fa più lieve e regolare.

Ignorata la scorciatoia assai ripida, che si defila a destra, si inizia ora a percorrere la comoda strada che lentamente sale a larghi tornanti ai piedi del monte Fop (2550 m). Arrivati ad un bivio, dove sulla sinistra diparte il sentiero n.689 che porta in *Val di Franzedas*, si continua a destra continuando sulla larga mulattiera che in poco tempo porta all'imbocco della Val Ombretta. Qui si può osservare la bella e stupenda valle aprirsi con sulla destra la maestosa parete sud della Marmolada e a sinistra le Pale del Monte Fop, chiusa sul fondo dal monte Ombrettola (2931 m), dal Sass Vernale (3058 m) e dalle Cime di Ombretta orientale (3011 m), dalle quali spicca la strana forma del Fungo d'Ombrella (2653 m) che sovrasta il Rifugio Falier. Qui la mulattiera termina e si continua su un sentiero ben visibile che passando attraverso le casere della Malga Ombretta (1904 m) si alza lievemente in costa per giungere in circa 40 minuti al Rifugio Onorio Falier all'Ombretta.

¹ A proposito si segnala il libro di [Mario, Vianelli e Cenacchi, Giovanni, 2014](#) dove vengono descritti numerosi itinerari nelle Dolomiti oggetto del conflitto



Figura 3: La diga del Lago dell'Ombretta nella stagione invernale ©guidofarenzena

1.1.1 Il rio Ombretta

Questa valle presenta notevole importanza da un punto di vista paesaggistico e ambientale; si possono trovare specie animali e vegetali di notevole pregio e la presenza di una parete di roccia dolomitica praticamente verticale, con un dislivello così marcato la rende assolutamente unica nel suo genere.

Dal punto di vista idrologico la valle presenta un rio principale, il Rio Ombretta, che poi, congiuntamente al rio proveniente dalla valle di Franzedas (rio Franzedas), vanno a formare il torrente Pettorina. Nell'area d'interesse si ha, inoltre, la presenza di un piccolo bacino artificiale ad uso idroelettrico. Il bacino ha una capacità utile di 6000 m^3 (per maggiori dettagli si veda ²). La portata media in concessione dal BIM Trento è di $0.306 \text{ m}^3/\text{s}$ con una portata massima pari a $0.700 \text{ m}^3/\text{s}$; il salto è di 335.42 m e la potenza nominale media è di 1006.26 kW ; la centrale è situata a Malga Ciapela ed è di gestione dell'ENEL.

1.2 ELABORAZIONE DELLE MAPPE

1.2.1 Modello digitale del terreno

Per la realizzazione del modello digitale del terreno (DTM) sono stati scaricati dal portale cartografico regionale <http://idt.regione.veneto.it/> i fogli della zona d'interesse (numeri 280150 e 45030) con celle a 5 metri il sistema di riferimento utilizzato è quello di Roma40, mentre la proiezione è Gauss-Boaga fuso Ovest (codice EPSG 3003).

Con il programma GRASS GIS e la funzione `r.patch` sono state unite le due mappe venendo a creare così il DTM della zona in analisi. Successivamente la mappa è stata elaborata con il software *Stage*, applicando il comando `Pitfiller`; così facendo sono stati riempiti tutti i punti di depressione presenti nel DTM, in modo tale da poter definire univocamente le direzioni di drenaggio in un punto. L'output grafico si può apprezzare in figura 4.

Di seguito sono presentati alcuni sull'altitudine della valle; sono stati elaborati, a partire dal `Pitfiller`, eseguendo il comando `RasterSummary`.

The min value = 1774.0760498046875

The max value = 3342.65087890625

The mean value = 2441.0324562380897

² http://www.progettodighe.it/gallery/albums/userpics/10345/74/Bollettino_ENEL.pdf

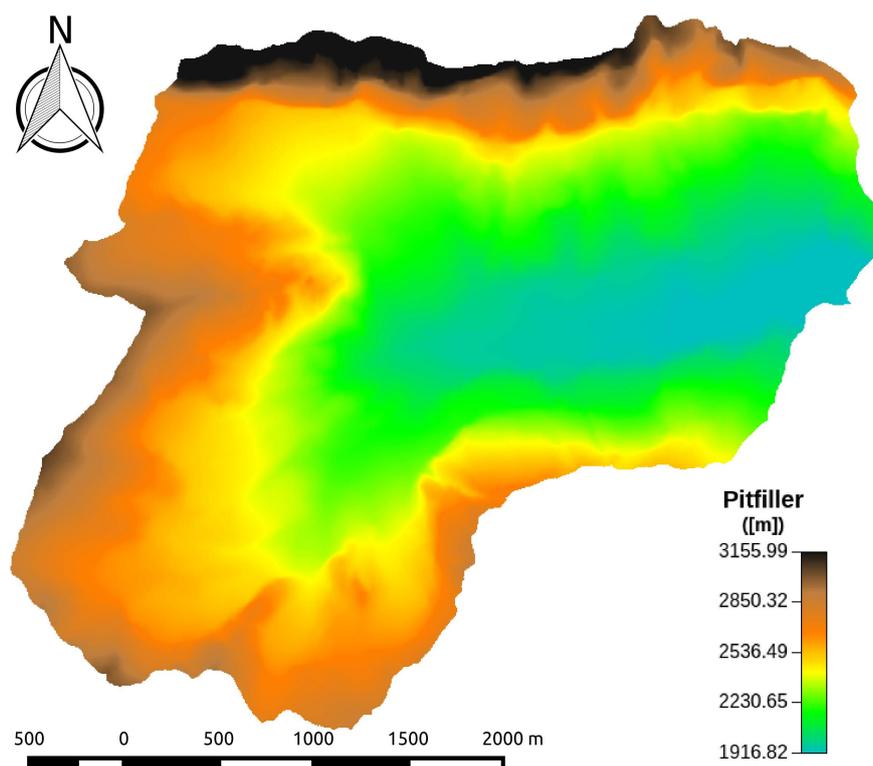


Figura 4: Pitfiller della zona in analisi

1.2.2 FlowDirection e TCA

Successivamente con il comando `FlowDirection`, sono state calcolate le direzioni di drenaggio nella direzione della massima pendenza discendente; i numeri convenzionali che rappresentano le direzioni di drenaggio nella mappa di output sono dall'uno all'otto, dove il valore 1 corrisponde alla direzione est e si procede con la definizione degli altri 7 valori in senso antiorario.

Vista la particolarità della zona in analisi si è reso necessario ricalcolare in maniera più accurata le direzioni di drenaggio, con il comando `DrainDir`; tale comando ricalcola le direzioni di drenaggio. Il risultato di questa mappa, effettivamente, anche dal punto di vista grafico è migliore: si può vedere una drastica diminuzione di pixel con direzioni non corrette, ed una maggiore omogeneità nella classificazione. Le mappe di output di questo comando sono due, ovvero le nuove *Flowndirection* (denominate `DrainDir` fig.5) e l'area contribuyente totale (TCA), rappresentante l'area che contribuisce all'afflusso in un punto del bacino. Per avere una rappresentazione grafica migliore, visto l'ordine di grandezza dei valori di quest'ultima, si è resa necessaria una operazione matematica: le è stata applicata una scala logaritmica, con un semplice comando di `Mapcalc`, il cui codice è riportato di seguito.

```

1 images{
2 map_tca = read;
3 log_map_tca = write;
4 }
5 log_map_tca = log (map_tca,10);

```

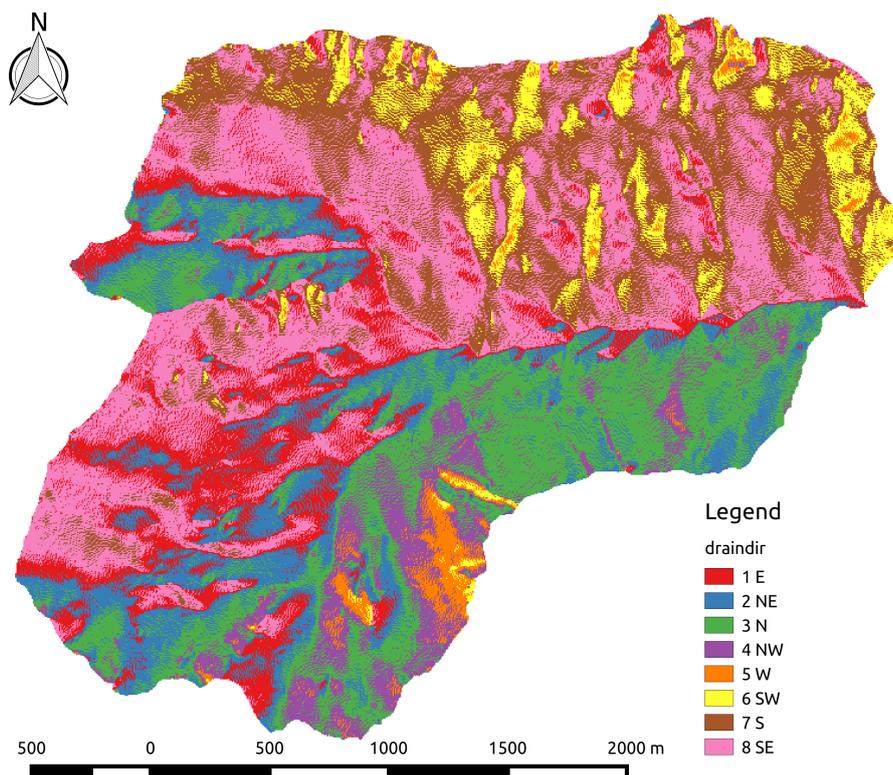


Figura 5: Direzioni di drenaggio calcolate con il comando Draindir

Il risultato grafico dopo l'operazione è in figura 6.

1.2.3 Markoutlets e Slope

L'applicazioni di alcuni comandi in *Stage* per essere eseguita in modo corretto richiede che la mappa di drenaggio, creata precedentemente, abbia un ulteriore valore. Il comando *Markoutlets* marca i punti sul bordo di chiusura (outlets) con un valore convenzionale 10. Questa operazione viene effettuata perché punti sul bordo possono essere la chiusura di un bacino. La mappa di output è riportata in figura 7.

Si rende ora necessario calcolare la pendenza (comando *Slope*) del bacino d'interesse; tale valore è un dato estremamente importante nell'estrazione del bacino idrografico. Come si può vedere anche dalla figura 8, si sono ottenuti valori di pendenze estremamente elevate con un valore massimo di pendenza di circa 76° .

1.2.4 Curvature e Tc

Con il comando di *Stage* *Curvature* si possono calcolare tre tipi di curvatura:

- curvatura longitudinale (fig. 9);
- curvatura piana (fig. 10);
- curvatura tangenziale (11);

In seguito con la funzione *Tc* sono state create due mappe delle classi topologiche, rispettivamente a 3 e 9 classi, ottenute con l'intersezione dei tre tipi di Curvature calcolate precedentemente.

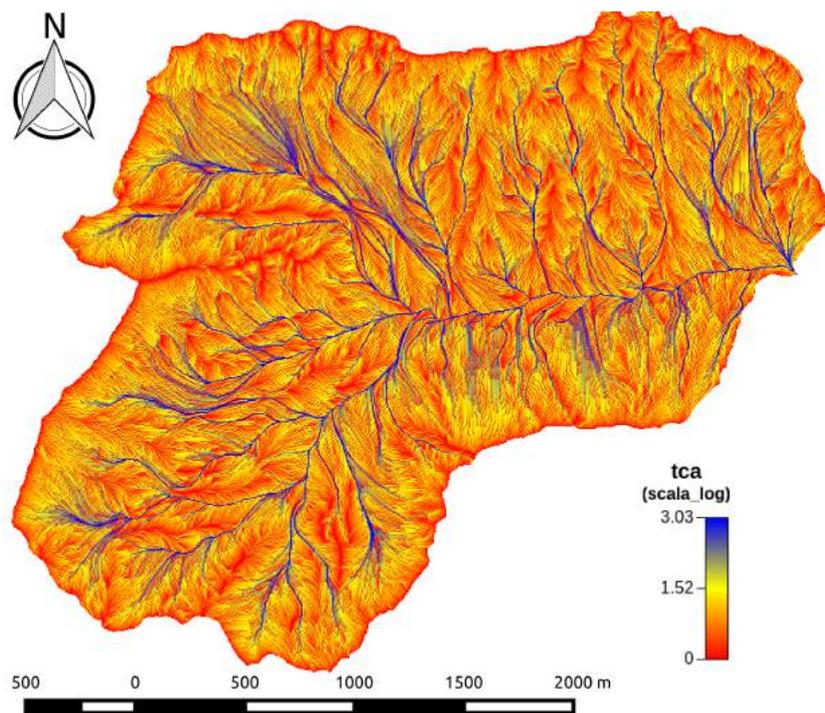


Figura 6: TCA in scala logaritmica

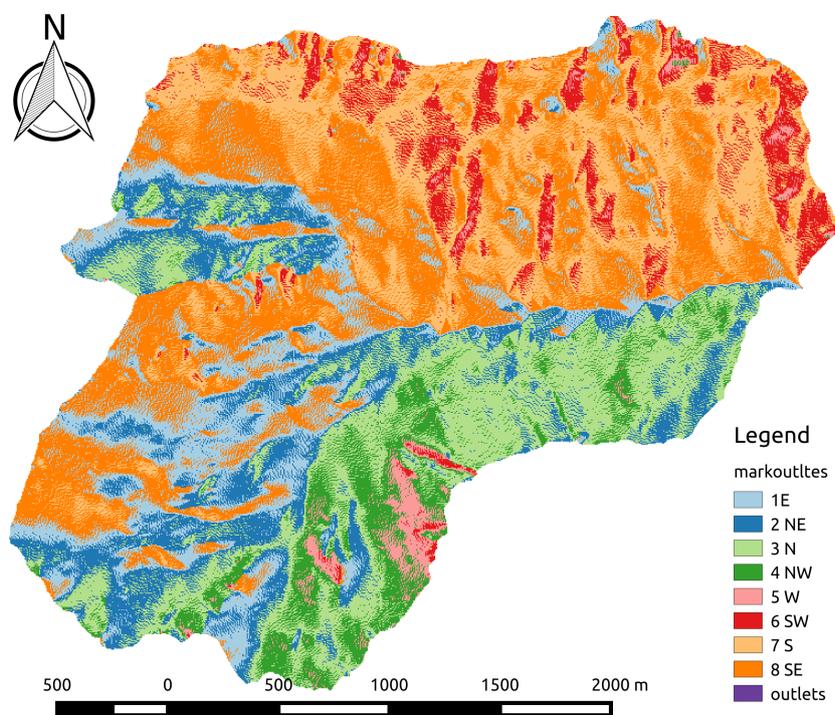


Figura 7: Direzioni di drenaggio calcolate con il comando Markoutlets

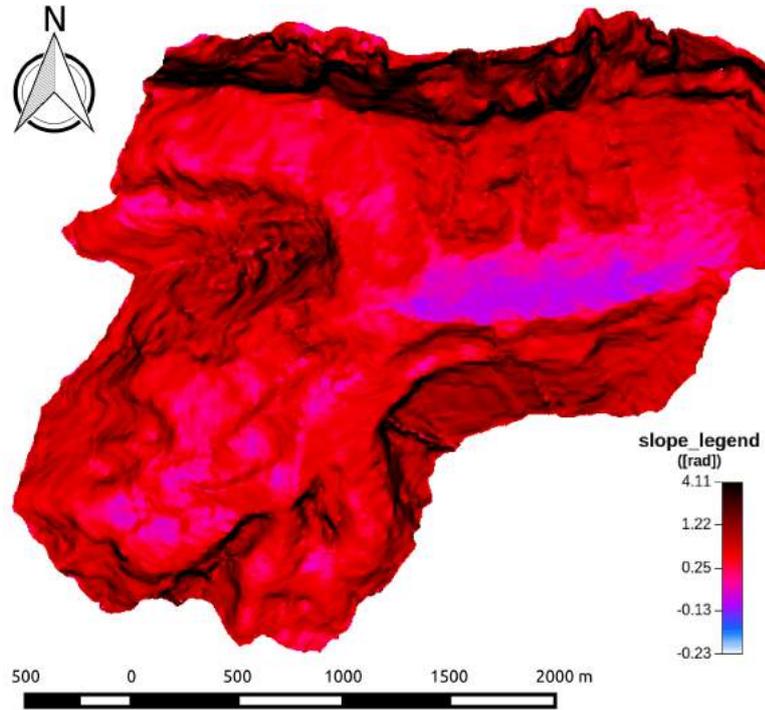


Figura 8: Mappa della pendenza

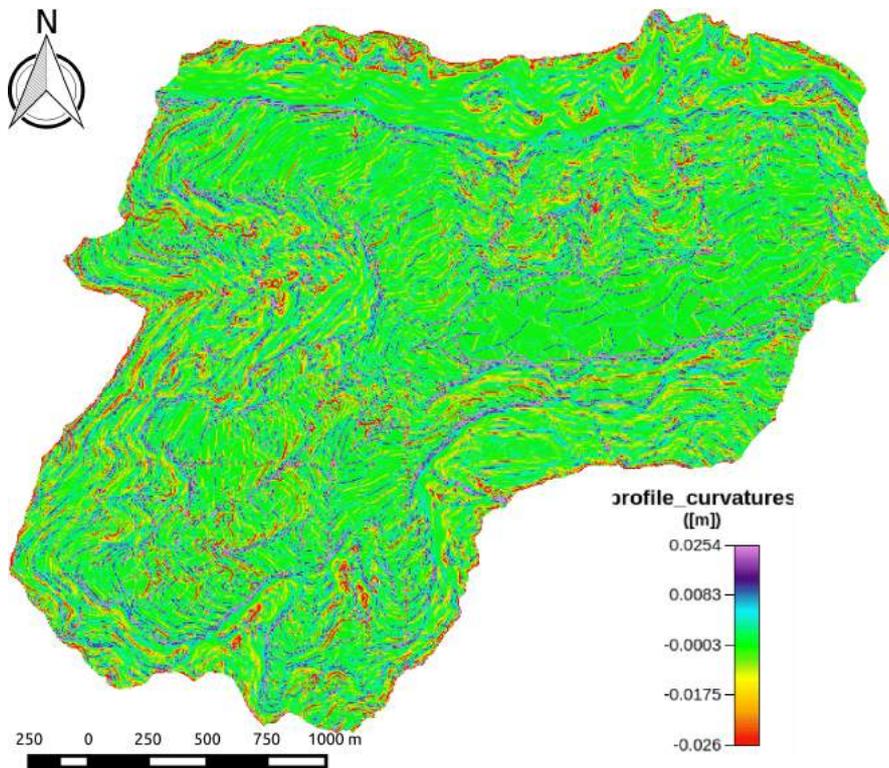


Figura 9: Curvatura longitudinale

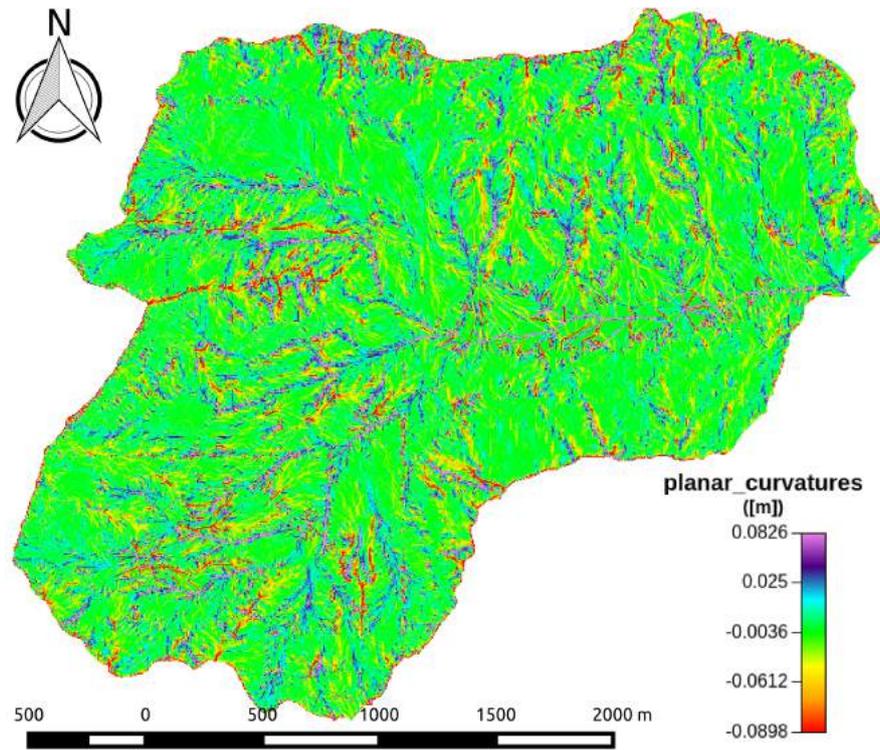


Figura 10: Curvatura piana

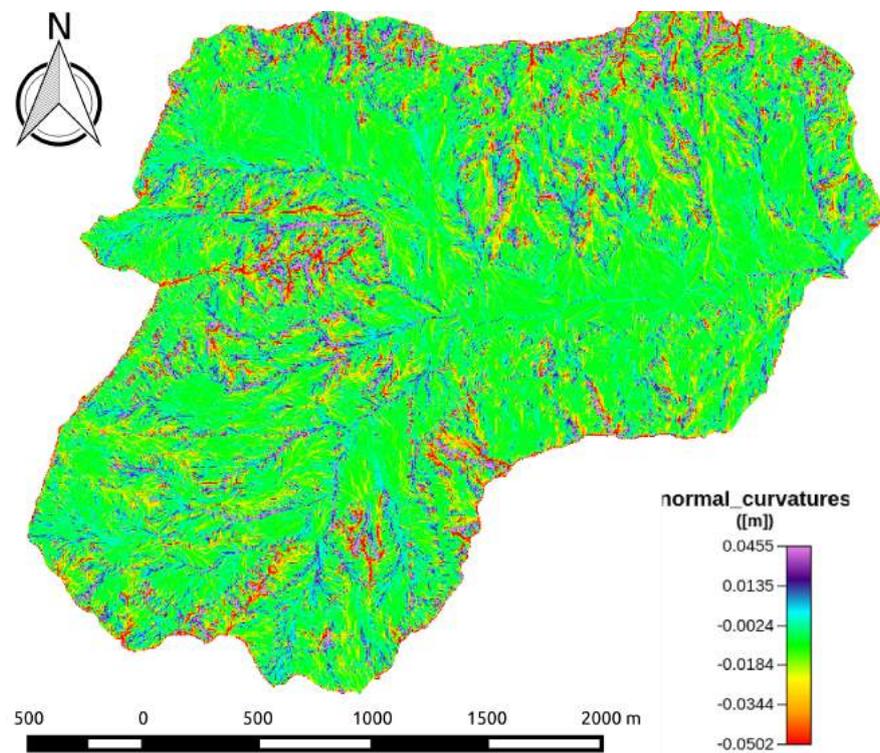


Figura 11: Curvatura tangenziale

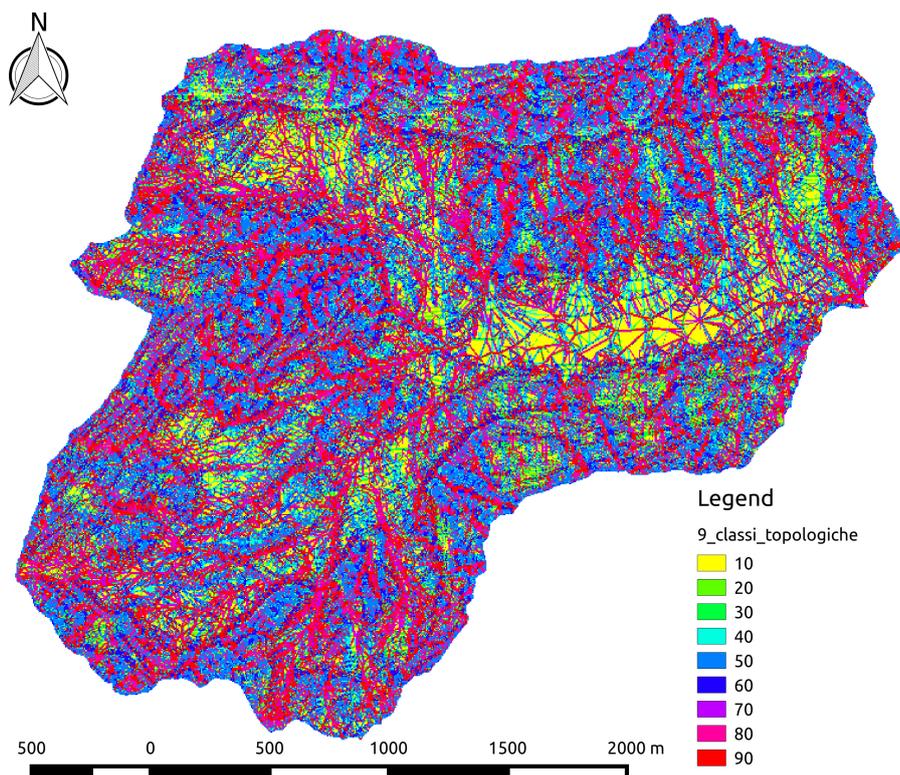


Figura 12: 9 classi topologiche aggregate

La mappa a nove classi (fig. 12) è così composta:

- 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.

Mentre quella a tre classi topologiche (fig. 13) si tratta di un aggregato di quella a nove in cui il territorio è stato diviso in 3 porzioni:

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

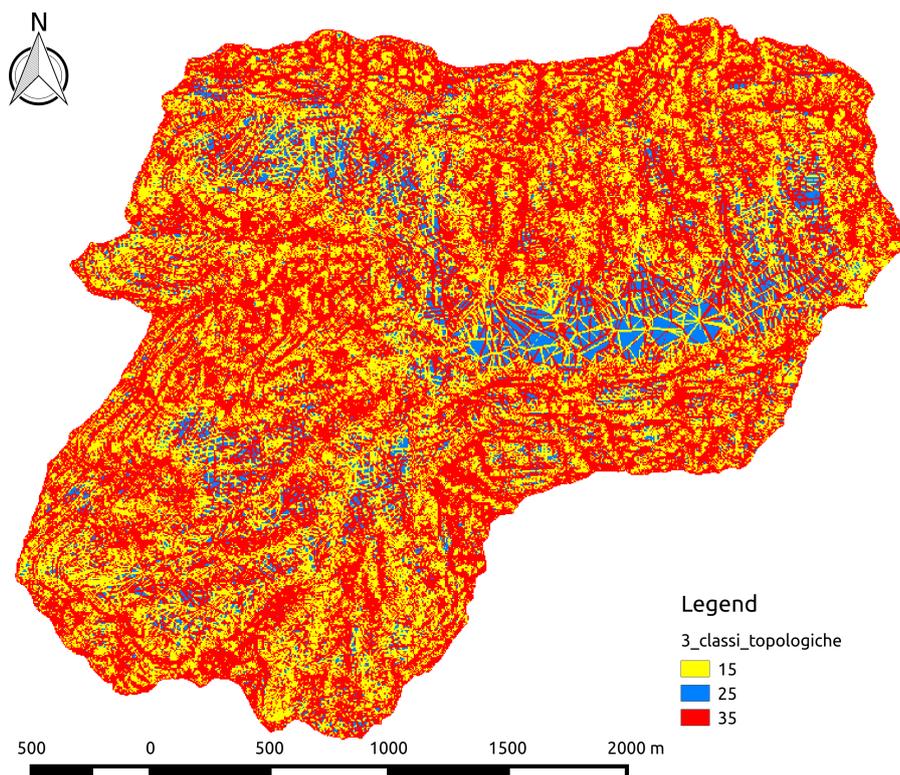


Figura 13: 3 classi topologiche aggregate

1.3 ESTRAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Sono state calcolate tutte le mappe necessarie all'estrazione del bacino; si procede ora con l'Extract Network che richiede input la mappa delle drain-dir, delle TCA, della pendenza e delle 3 classi topologiche aggregate.

Per ottenere un risultato grafico significativo, il valore della soglia (campo The threshold on the map) è stato settato a 80. Da notare il fatto che nella mappa di output ai punti appartenenti ai canali è assegnato il valore 2, mentre agli altri punti è assegnato noValue.

Il processo d'estrazione del reticolo idrografico è stato molto complicato, a causa delle particolari condizioni morfologiche della zona d'analisi; sono state effettuate varie elaborazioni della mappa, variando di volta in volta il valore di threshold fino ad ottenere un risultato che fosse analogo al reticolo idrografico rilasciato dalla cartografia regionale.

Il risultato grafico è riportato in figura 14.

Con il valore di threshold impiegato, si può contestare il fatto che la parte superiore di figura 14 (si veda il confronto con il reticolo ufficiale in figura 15) sia con una diramazione del reticolo eccessiva; questa rappresentazione, effettivamente, non è veritiera della rappresentazione della morfologia, ma si tratta del valore migliore fin qui trovato. Un valore di threshold leggermente superiore, causerebbe la scomparsa di numerose parti del reticolo che effettivamente esistono.

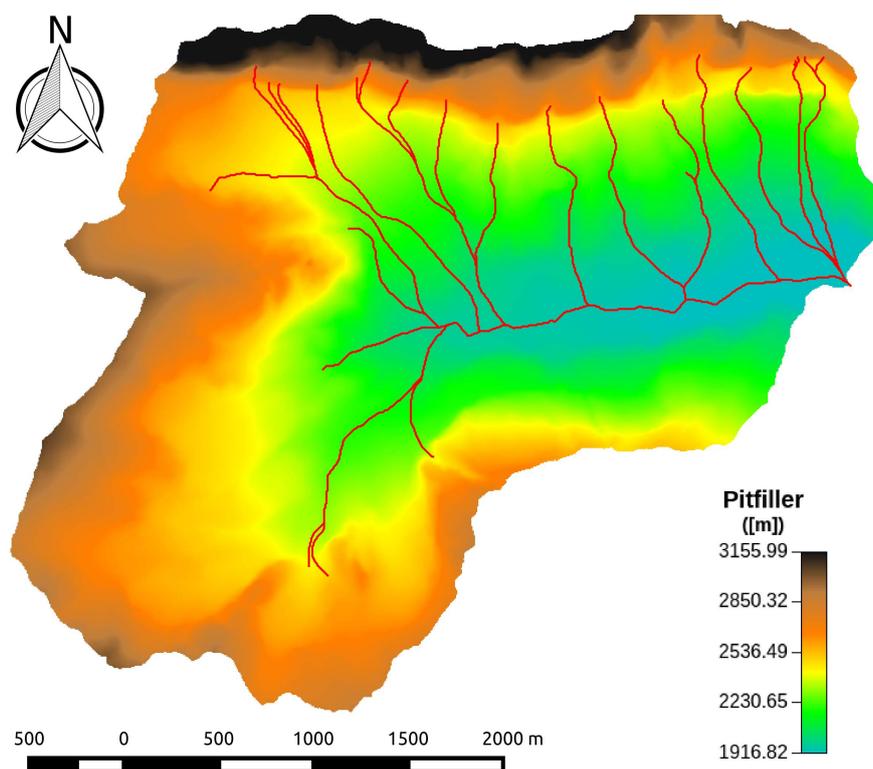


Figura 14: Canali delle reti idrografica congiuntamente al pitfiller

1.3.1 Chiusura del bacino e CutOut delle mappe

A questo punto sono stati calcolati tutti i dati necessari per la chiusura del bacino idrografico della zona d'interesse; l'unica informazione necessaria è la scelta del punto di chiusura: l'outlet del bacino. Concordemente alla cartografia regionale, esso è stato preso nella diga del lago artificiale sopra descritto. Le coordinate del punto d'interesse sono: 11.88543 E, 46.42372 N. Ora viene applicato da *Stage* il comando `Wateroutlet` che restituisce in output una maschera del bacino estratto.

Si può ora procedere a ritagliare tutte le mappe d'interesse della zona effettivamente di studio con il comando `CutOut`.

Per ottenere correttamente tutte le mappe relative al bacino ritagliato è stato rilanciato il comando `Markoutlets` sulla mappa di drenaggio ritagliata, in quanto gli outlets del bacino ritagliato saranno differenti. Successivamente con il comando `NetworkAttributesBuilder` è stato convertito in vettoriale il raster del bacino idrografico (per migliore visualizzazione quello di figura 14 lo era già). Con la mappa vettoriale si possono effettuare notevoli operazioni interessanti, di seguito descritte.

1.3.2 Estrazione delle lunghezze dei rami, legge di Hack e Strahler

Con il comando di *Stage* `VectorReshaper` è possibile estrarre la lunghezza dei rami, con l'applicazione della sintassi `ECQL len=geomLength(the_geom)`. Esso restituisce in output una mappa vettoriale con il nuovo campo delle lunghezze `len`. Cliccando su uno dei rami compare, oltre al numero di Hack, di Strahler, di Pfaf anche la lunghezza del ramo, espressa in metri, sotto il campo `len`.

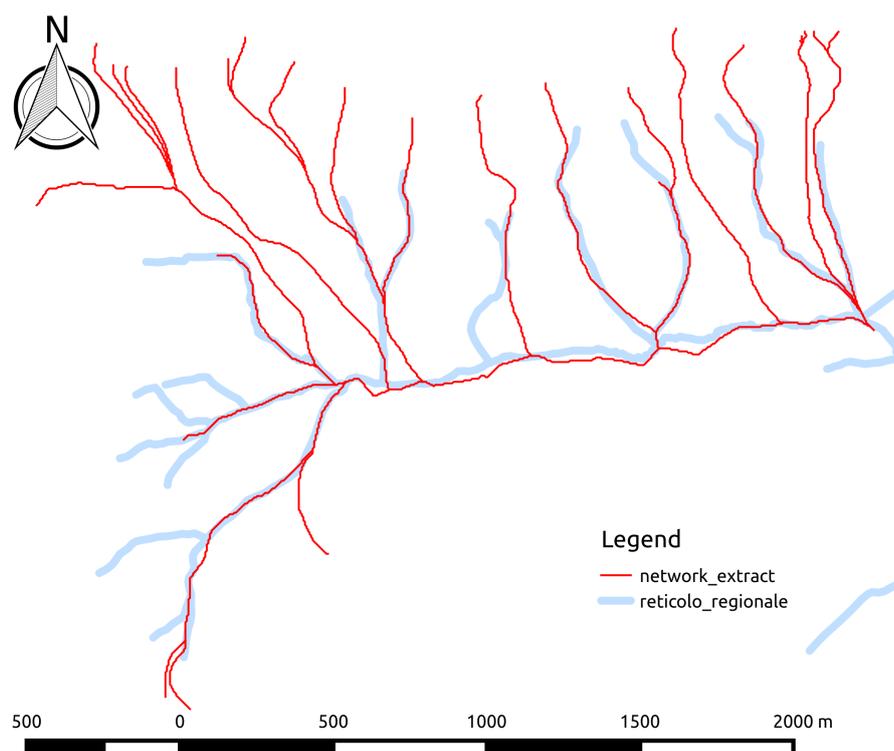


Figura 15: Sovrapposizione del reticolo idrografico elaborato (rosso) e quello regionale (celeste)

La vettorializzazione del bacino ha consentito in modo agevole, grazie all'utilizzo di GRASS, il calcolo della lunghezza di tutte i rami, che ha fornito un valore di 1398.52 m. La mappa con la lunghezza dei singoli rami del reticolo idrografico si può vedere in figura 16.

La legge di Hack viene serve per elaborare una relazione media tra la lunghezza delle aste e le aree contribuenti ad esse associate, con la formula

$$L = CA^h$$

dove L è la lunghezza dell'asta principale, A è l'area contribuyente in ogni punto del bacino, h è un esponente teorico con valore $h \simeq 4/7 = 0.571$ e C è una costante. La classificazione del reticolo secondo la teoria di Hack è riportata in figura 17, dove con il valore 1 viene individuata l'asta principale, al canale che drena in esso il valore 2, ai rami che drenano nel bacino di ordine 2 il valore 3, e così via fino al valore 4. In figura 18, invece, si può osservare la mappa con la suddivisione del bacino secondo la legge di Hack (comando HackLength), ovvero la distanza che separa ogni punto del bacino dallo spartiacque, calcolata lungo la rete idrografica.

Il numero di Strahler di ogni ramo del reticolo idrografico è riportato in figura 19. La classificazione prevede di attribuire alle sorgenti il valore 1 e quando due rami dello stesso ordine j si incontrano ne formano uno nuovo di ordine $k = j + 1$; invece, quando due rami di ordine diverso (l e m) si incontrano, la numerazione del ramo successivo prosegue con quella maggiore.

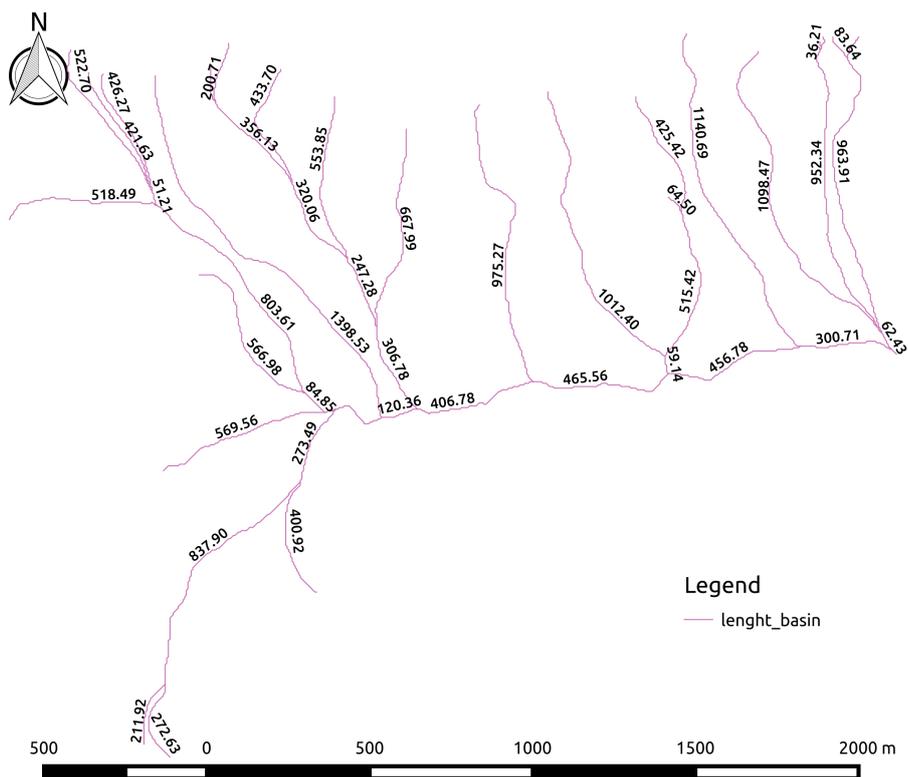


Figura 16: Lunghezza dei vari rami del reticolo idrografico

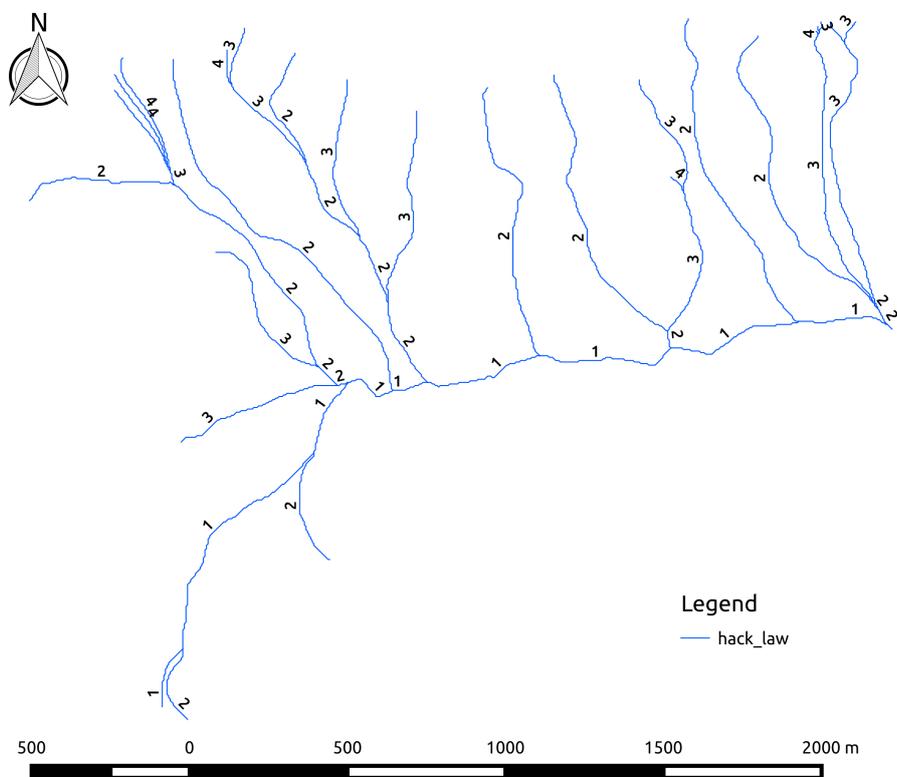


Figura 17: Valore del numero di Hack

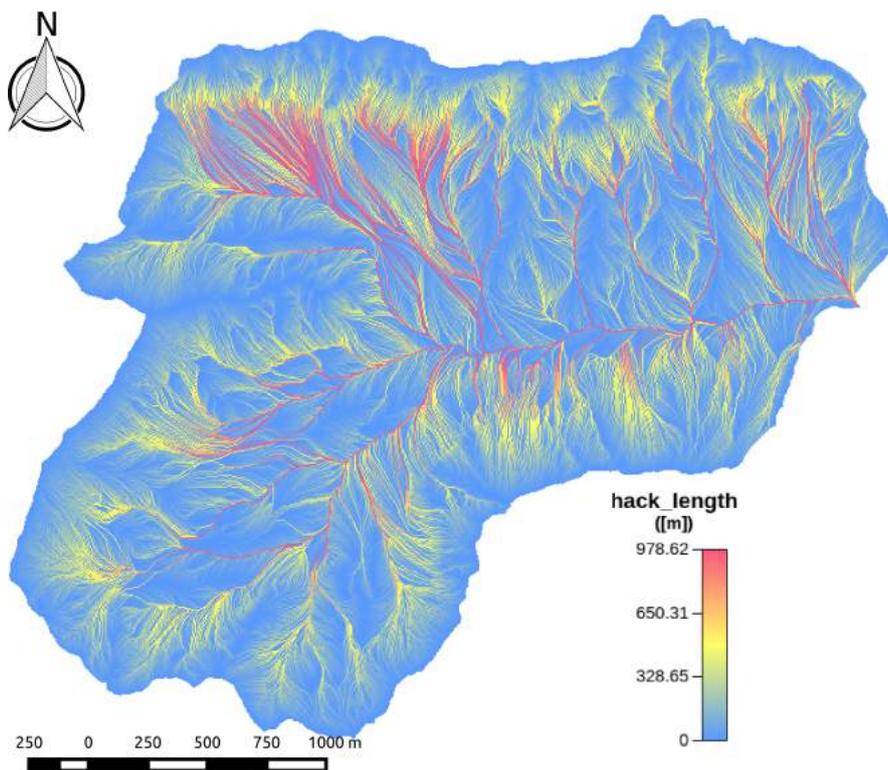


Figura 18: Classificazione dell'area d'indagine secondo la legge di Hack

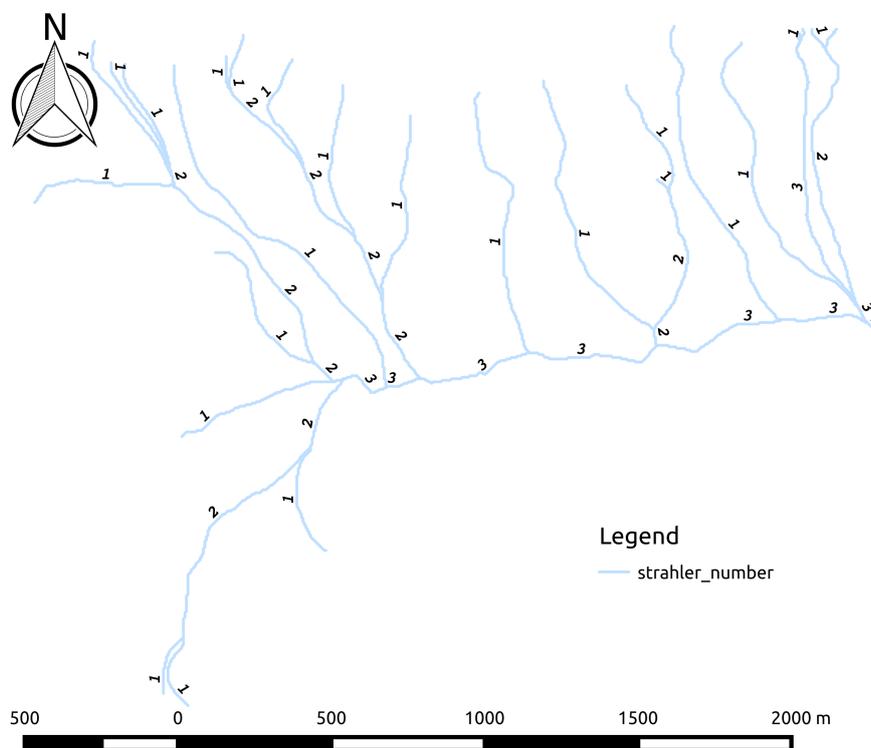


Figura 19: Valore del numero di Strahler

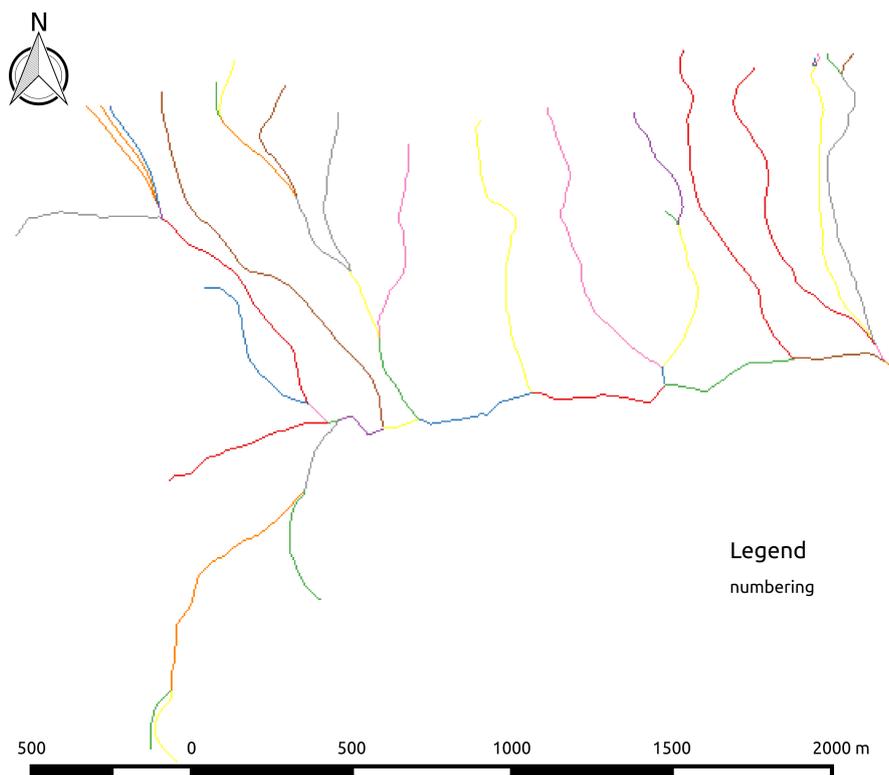


Figura 20: La mappa di netnumbering

1.3.3 Numerazione della rete ed estrazione dei sottobacini

Con il comando `NetNumbering` si possono estrarre da *Stage* due interessanti mappe, ovvero quella dei sottobacini e la rete numerata. Per i problemi già descritti precedentemente, l'estrazione dei sottobacini è stata *forzata* non fornendo in input il parametro delle TCA; sono stati così ottenuti 53 sottobacini.

L'output grafico dell'elaborazione della rete numerata si può apprezzare in figura 20, mentre quello dei sottobacini in figura 21.

1.3.4 Vettorializzazione dei sottobacini

La mappa raster dei sottobacini calcolato precedentemente, si può vettorializzare per una migliore elaborazione con i software. Con il comando `Vectorialaizer` è stata convertita in vettoriale, dopo aver prestato attenzione nell'impostazione della soglia di pixel sufficienti per la formazione di un bacino, che è stata settata a 20. Dopo questa operazione è necessario definire i centroidi di ogni singolo bacino appena trovato, con il comando `VectorReshaper`. L'output grafico è rappresentato in figura 22.

1.4 ALTRI ANALISI SUL BACINO

Ora che sono state elaborate tutte le mappe di base per la realizzazione e chiusura del bacino di base, vengono effettuati una serie di comandi delle *Horton Machine* al fine di ottenere alcune mappe utili per una analisi idro-

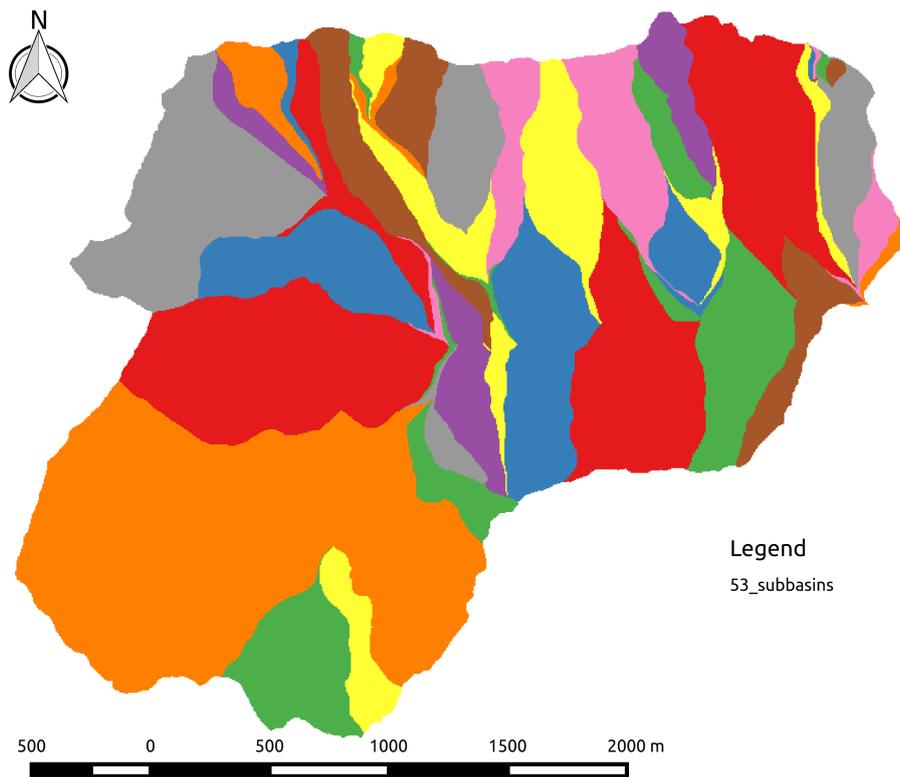


Figura 21: I 53 sottobacini individuati

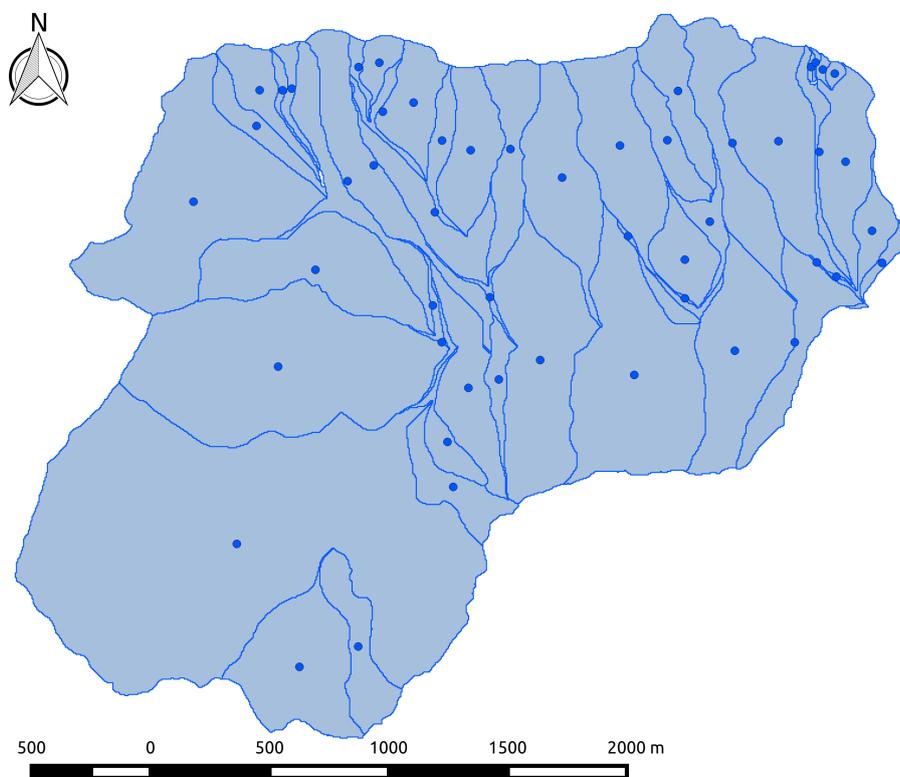


Figura 22: Rappresentazione vettoriale dei sottobacini con i centroidi

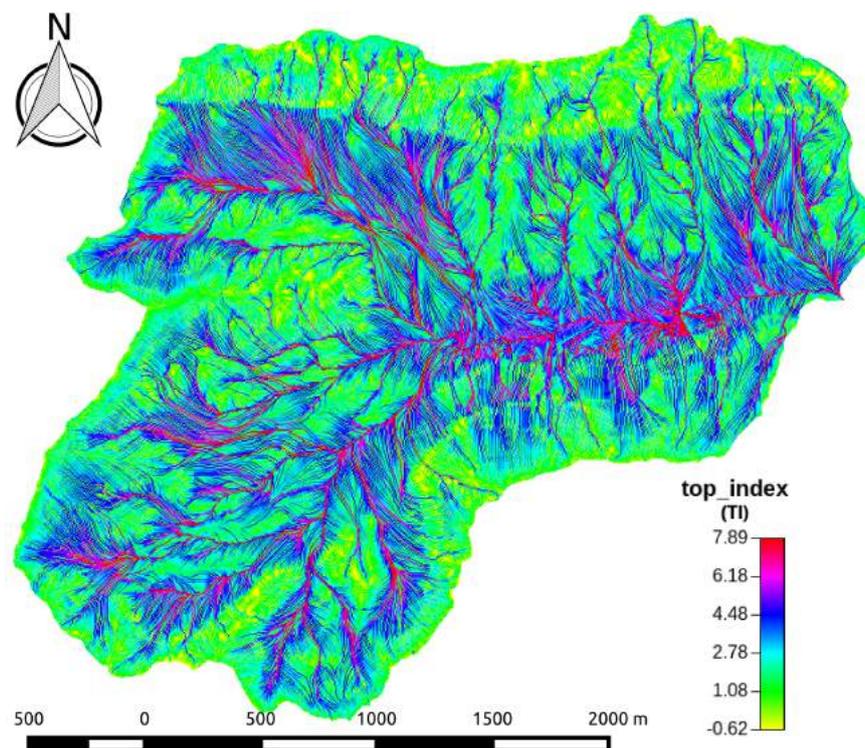


Figura 23: Indice topografico

geomorfologia più completa del bacino.

Di seguito ne vengono presentate alcune:

1.4.1 Indice topografico

Questa mappa esprime la tendenza di un pixel a saturarsi: aree con valori elevati di indice topografico si saturano prima di aree a basso indice topografico. Questo valore è funzione solo della morfologia ed è proporzionale al rapporto tra l'area cumulata nel pixel e la pendenza secondo la formula

$$TI = \ln \left(\frac{A}{b|\nabla z|} \right)$$

Con *Stage* viene calcolata con il comando `TopIndex`; l'output grafico dell'elaborazione è rappresentato in figura 23.

I pixel con pendenza bassa hanno elevata propensione alla saturazione a parità d'area cumulata; ci sono, però, zone all'interno del bacino dove non è definito l'indice topografico: sono quelle con pendenza pari a zero per cui il rapporto area cumulata su pendenza tende ad infinito. Pertanto si andrà ad assegnare ai pixel con valore nullo di indice topografico il valore massimo caratteristico della mappa, utilizzando il comando `MapCalc`, con il codice riportato di seguito, dove si assegna ai pixel con valore nullo di indice topografico il valore massimo caratteristico.

```

6 images{ topologic_index=read;
7 wateroutlet=read;
8 topologic_index_correct=write;}
9 if (isnan( wateroutlet)) {
10 out = null;

```

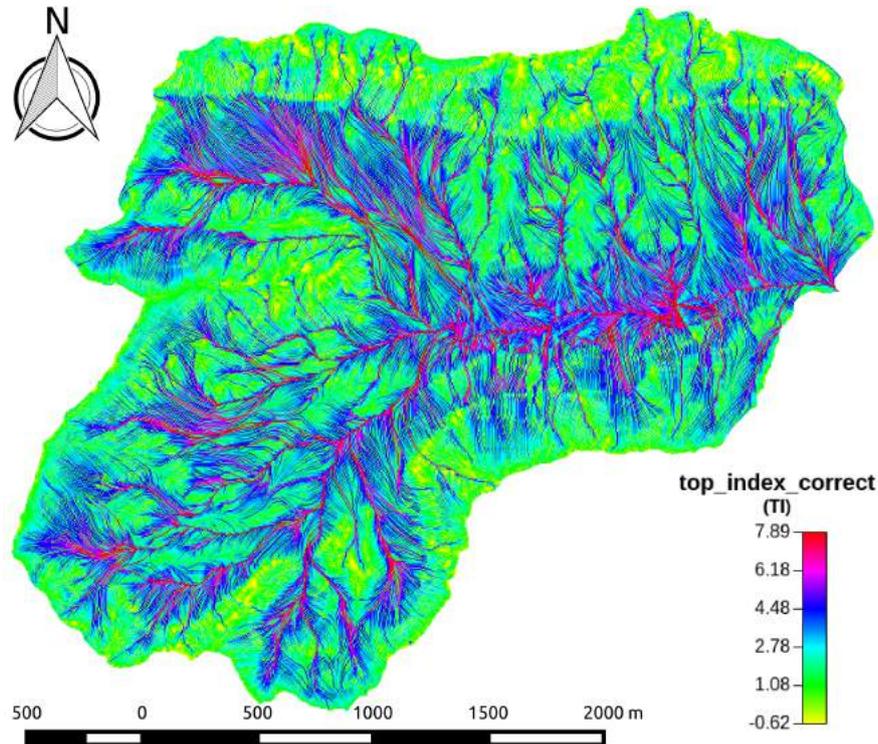


Figura 24: Indice topografico dopo l'applicazione della correzione

```

11 } else { if (isnan( topologic_index )) {
12 topologic_index_correct = 7.88;
13 } else {
14 topologic_index_correct = topologic_index; } ; };

```

L'output grafico post elaborazione si può visualizzare in figura 24.

1.4.2 Distanze riscalate

Da *Stage* con il comando *RescaledDistance* è possibile calcolare le distanze dall'uscita del bacino, *outlet*, calcolate lungo le direzioni di drenaggio. Queste distanze possono essere *riscalate*, cioè calcolate considerando velocità diverse nella rete idrografico.

Per calcolare queste distanze viene introdotto il parametro r , definito come il rapporto tra la velocità nei canali e nei versanti.

$$r = \frac{u_c}{u_h} \text{ con } u_c := \text{velocità nei canali e } u_h := \text{velocità nei versanti}$$

Nell'elaborazione, all'inizio, r viene scelto uguale ad 1. La mappa di output è rappresentato in figura 25.

Successivamente r è stato impostato a 10; l'output grafico è riportato in figura 26.

1.4.3 Ab

Da *Stage* con il comando *Ab* si può elaborare una mappa dove viene evidenziato il rapporto tra l'area di drenaggio (A) e la lunghezza (b), intesa come la lunghezza della linea di contorno dell'area di drenaggio. Come si può

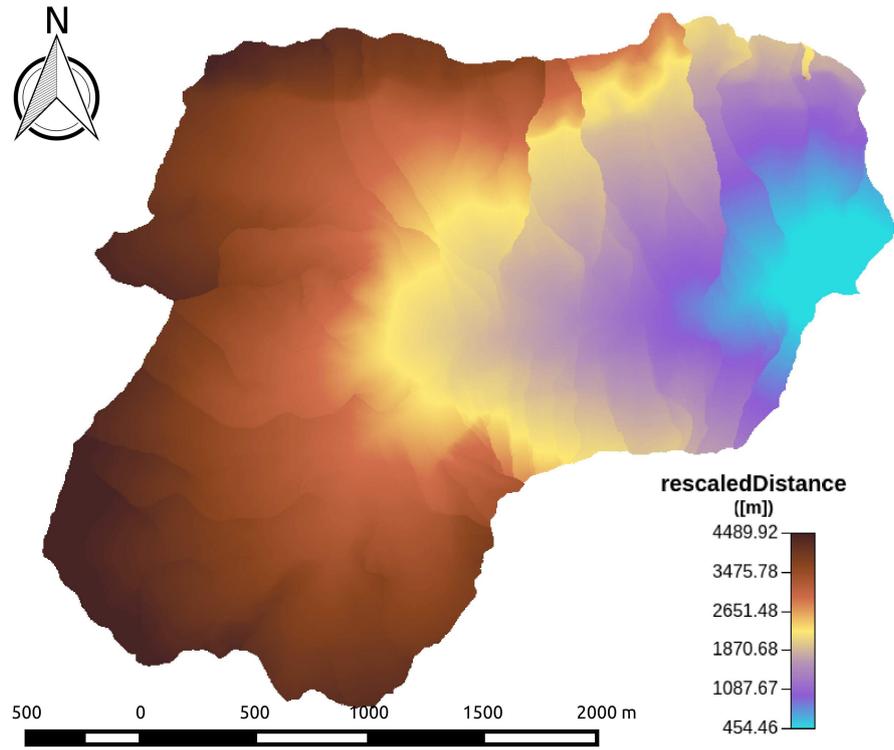


Figura 25: Distanze riscalate con $r = 1$

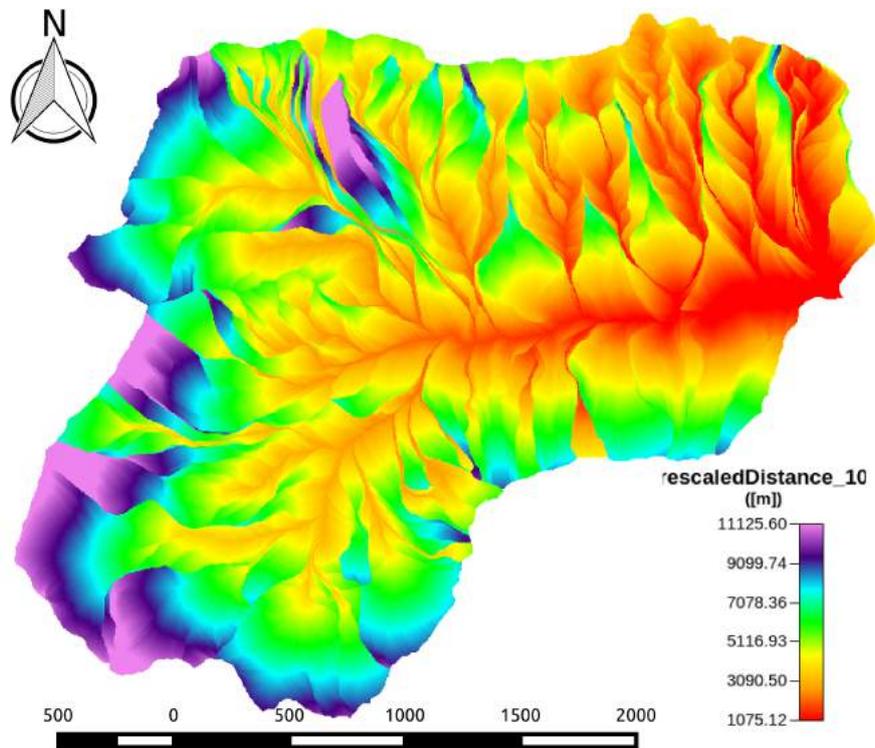


Figura 26: Distanze riscalate con $r = 10$

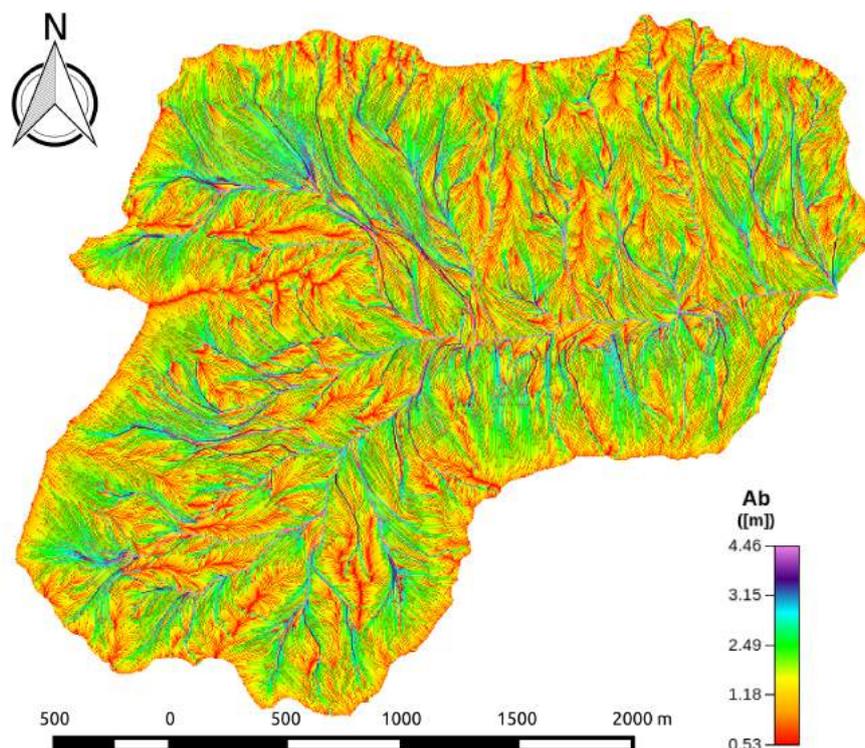


Figura 27: Output del comando Ab

vedere dall'output grafico della mappa 27, i valori del rapporto A/b più alti si trovano in prossimità del corso d'acqua.

Il risultato di questa mappa deve essere riportato in scala logaritmica, per cui è stato applicato uno script simile a quello per le TCA.

1.5 ALCUNE ANALISI STATISTICHE

Da *Stage* con il comando Cb si possono facilmente calcolare le statistiche dei valori di una mappa rispetto a quelli contenuti in un'altra mappa. I valori stampati in output di *Stage* sono stati salvati in un file di testo, pronti per essere letti e elaborati con RSTUDIO.

Di seguito sono presentati alcuni grafici ottenuti dopo l'elaborazione con RSTUDIO.

1.5.1 Distanze riscalate

Sono state descritte al paragrafo di 1.4.2; nel grafico di output nell'asse delle ascisse si trova la distanza riscalata (con $r = 1$), mentre in quello delle ordinate l'area, espressa in pixel. Il comando utilizzato è il seguente:

```
15 read.table("dati.txt")->rd1
16 plot(rd1[,1],rd1[,2],type="l",ylab="Area [pixel]", xlab="Distanza
    [m]",main="Distanze Riscalate r=1",col="blue")
```

In figura 28 si può vedere l'output.

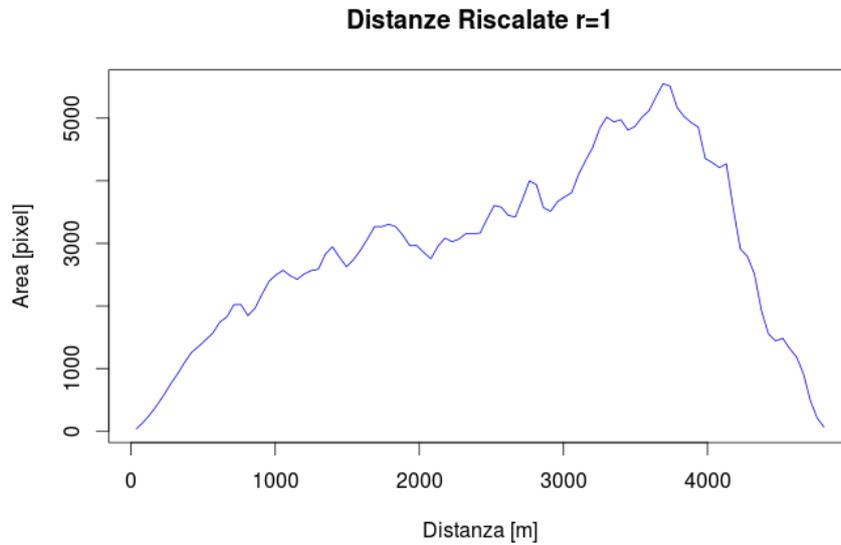


Figura 28: Grafico delle distanze riscalate (con $r = 1$)

1.5.2 Quota altimetrica

Può essere interessante verificare la distribuzione delle quote altimetriche sulla porzione di territorio in esame; nell'asse delle ascisse si trova la quota, mentre in quello delle ordinate l'area, espressa in pixel.

Il comando utilizzato è il seguente, e l'output è in figura 29.

```
17 read.table("dati_pitfiller.txt") -> rd3
18 plot(rd3[,1], rd3[,2], type="l", ylab="Area [pixel]", xlab="Quota [m]",
      main="Quota altimetrica", col="brown")
```

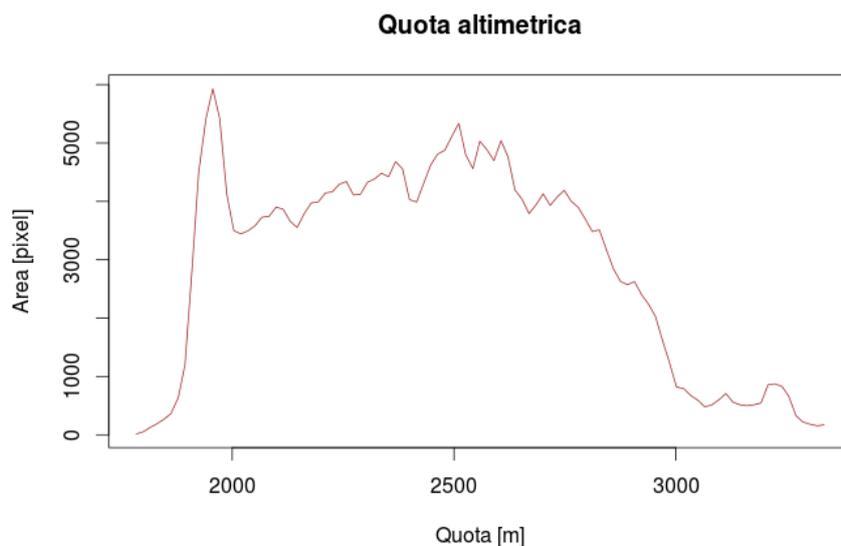


Figura 29: Grafico della distribuzione della quota

1.5.3 Dati quota pendenza

Analogamente a quanto calcolato al paragrafo precedente è stata fatto un grafico incrociato tra l'andamento della pendenza e la quota.

Il comando è riportato sotto, mentre l'output è in figura 30.

```
19 read.table("dati_quota_slope.txt")->rd5
20 plot(rd5[,1],rd5[,3],type="l",ylab="Slope", xlab="Quota [m]",main
      ="Diagramma tra quota e la pendenza",col="purple")
```

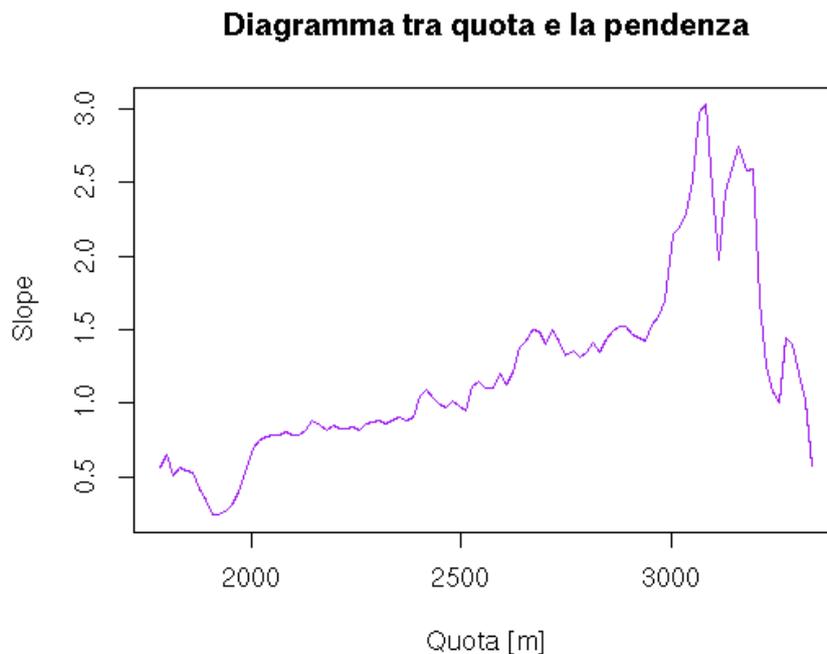


Figura 30: Grafico della distribuzione della quota

1.5.4 Dati quota distanza

Per concludere l'analisi incrociata delle distribuzioni, è stata fatta un'analisi incrociata tra l'andamento della quota e la distanza dal punto di chiusura. L'output è in figura 31.

```
21 read.table("dati_quota_distanza.txt")->rd4
22 plot(rd4[,1],rd4[,3],type="l",ylab="Area [pixel]", xlab="Quota [m]
      ],main="Diagramma tra quota e il la distanza dal punto di
      chiusura",col="purple")
```

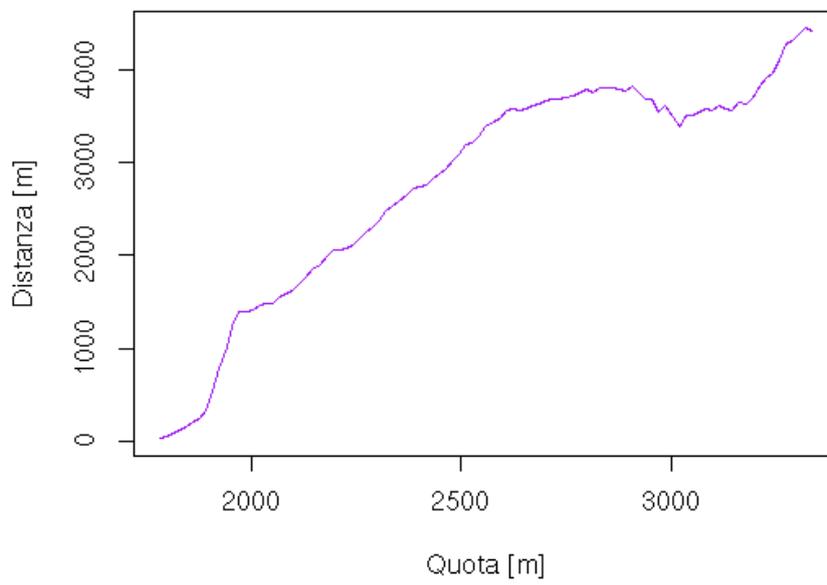
Diagramma tra quota e la distanza dal punto di chiusura

Figura 31: Quota punto chiusura

2

INDAGINI IN SITO

2.1 DESCRIZIONE DELLE CONDIZIONI DELLA ZONA

Durante la giornata di sabato 20 giugno 2013 è stato effettuato un sopralluogo al fine di raccogliere dati inerenti al bacino oggetto di studio. È stato percorso, per la quasi totalità, l'asta del Rio Ombretta, nonché si è camminato fino al passo dell'Ombretta per effettuare i rilevamenti nei posti più remoti.

Durante il sopralluogo si sono effettuate, per ogni punto di interesse:

- fotografie, mediante una fotocamera digitale;
- misurazione della quota del punto di interesse, mediante il GPS del cellulare;

Le fotografie e le misure di quota sono state effettuate mediante un cellulare NEXUS 5. La cartografia utilizzata durante il sopralluogo è edita dalla Casa Editrice Tabacco, foglio 015 *Marmolada Pelmo Civetta Moiazza*, oltre a quella di OpenStreetMaps.

Il territorio analizzato è sottoposto a condizioni tipiche delle vallate alpine; l'orientamento della valle è est/ovest. Durante la stagione invernale la valle Ombretta è sottoposta ad apporti nevosi molto consistenti e da un forte rischio valanghivo; testimone ne è l'elevata quantità di piante abbattute (soprattutto abeti rossi). La stagione del disgelo, idrologicamente parlando, è quella più interessante: si verifica lo scioglimento di una coltre nevosa che al Passo Ombretta (si veda la figura 32 per i dettagli) può superare anche la decina di metri, e può essere molto veloce, come quest'anno. Per evitare l'erosione del territorio durante questa stagione, sono stati realizzati degli interventi di sistemazione del rio, con la costruzione di alcune sponde in legno e devianzone il corso, andando ad accentuare l'andamento meandri-forme. Questo intervento ha garantito la conservazione della possibilità del pascolo di bovini, che si stava perdendo, oltre alla riduzione di materiale in ingresso al bacino artificiale costruito alla fine della valle.

Data la natura perlopiù ciottolosa e ghiaiosa del terreno, l'acqua tende, poco dopo la rispettiva sorgente, ad infiltrarsi nel terreno, per poi ricomparire al momento della chiusura della diga. Per poter vedere dell'acqua superficiale, oltre in prossimità della sorgente, bisogna recarsi ad circa 500 metri dal rifugio Falier, per poter vedere il rio principale (fig. 42), che poi, anch'esso, una volta essere arrivato a valle, dopo la rapida discesa si infiltra nel terreno.

Di seguito vengono presentate le foto del sopralluogo.

2.2 RILEVI FOTOGRAFICI

Di seguito viene presentata la mappa con i principali rilievi e i rifugi.

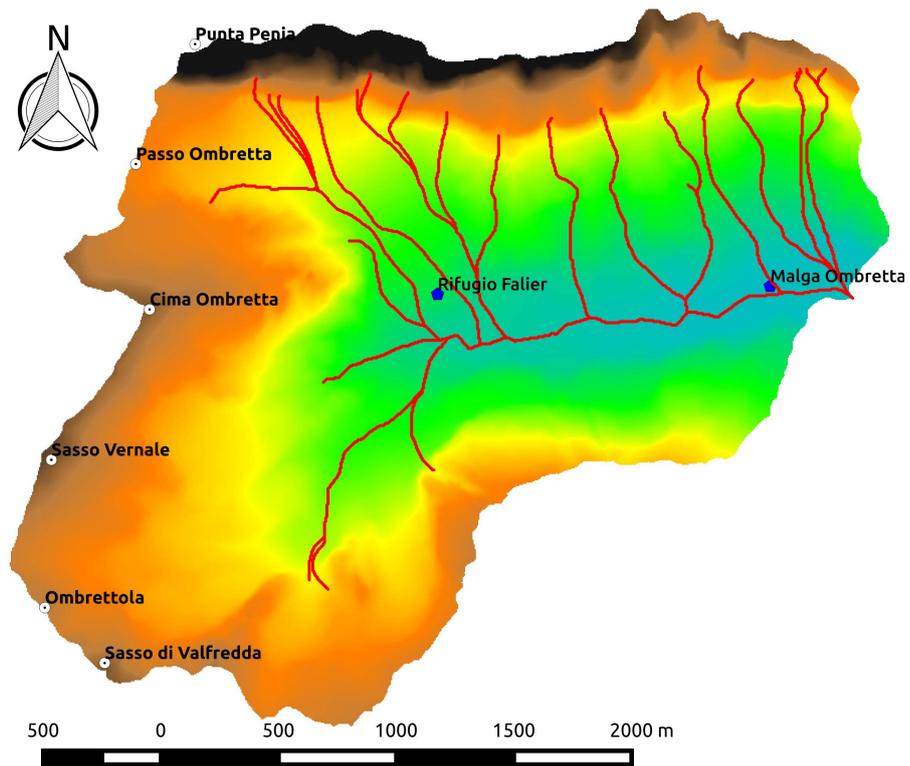


Figura 32: Cime delle montagne e rifugi

La mappa sottostante contiene i numeri delle immagini, riportate in questa sezione, scattate durante il sopralluogo.

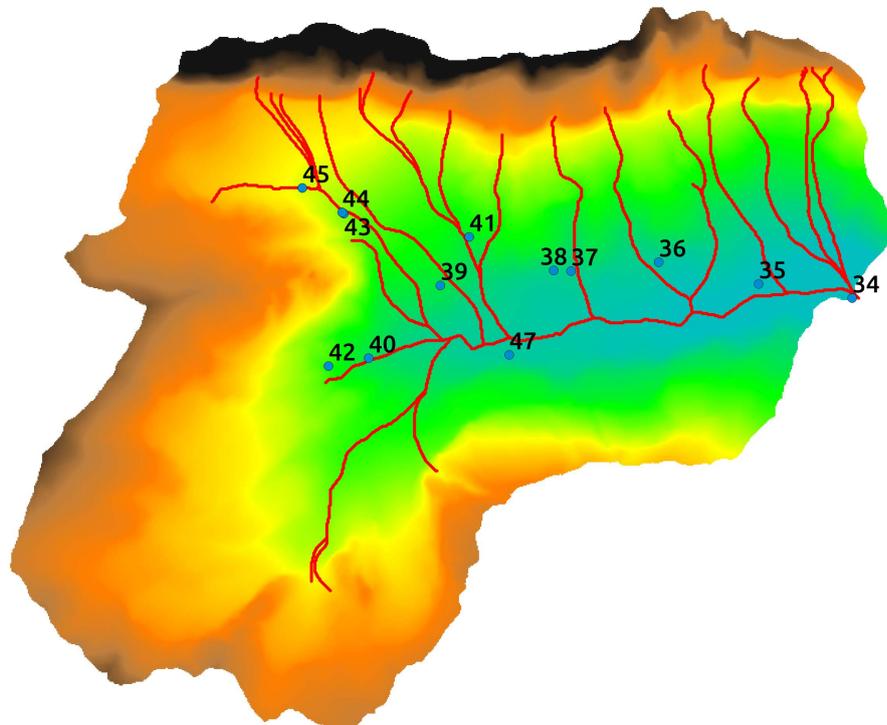


Figura 33: Indice rilievi fotografici

2.2.1 La diga, punto di chiusura del bacino

Quota	1797 m
Latitudine	46.42373 N
Longitudine	11.88507 E

Per accedere alla diga è necessario prendere la *scorciatoia* del sentiero numero 610; si abbandona la mulattiera per salire rapidamente, per poi dopo circa 15 minuti poter avvicinarsi alla diga.



(a) Vista frontale



(b) Cancello d'ingresso



(c) Vista laterale



(d) Laghetto

Figura 34: Alcune immagini della diga

2.2.2 Inizio della valle

Quota	1900 m
Latitudine	46.42440 N
Longitudine	11.87997 E

Dopo 20 minuti circa dal passaggio al punto precedente, si *apre* la valle Ombretta, e poco dopo si può apprezzare l'omonima malga.



(a) Malga Ombretta



(b) Andamento del rio

Figura 35: Inizio della valle

2.2.3 Un affluente di sinistra

Quota	1962 m
Latitudine	46.42537 N
Longitudine	11.87453 E

Dopo alcuni minuti di cammino dalla malga si può vedere il letto di un affluente di sinistra.



(a) Il proseguimento nel bosco



(b) Un albero caduto durante l'inverno

Figura 36: Un affluente di sinistra

2.2.4 Un altro affluente di sinistra

Quota	1999 m
Latitudine	46.42515 N
Longitudine	11.86970 E



(a) La discesa dalla Marmolada



(b) ...il proseguimento

Figura 37: Un altro affluente di sinistra

2.2.5 Vista panoramica della valle

Quota	1974 m
Latitudine	46.42520 N
Longitudine	11.86875 E



(a) La cime dell'Ombrettola



(b) Un conoide vicino al rio

Figura 38: Un altro affluente di sinistra

2.2.6 Il rifugio

Quota	2071 m
Latitudine	46.42478 N
Longitudine	11.86250 E



(a) Il rifugio O. Falier "all'Ombretta"

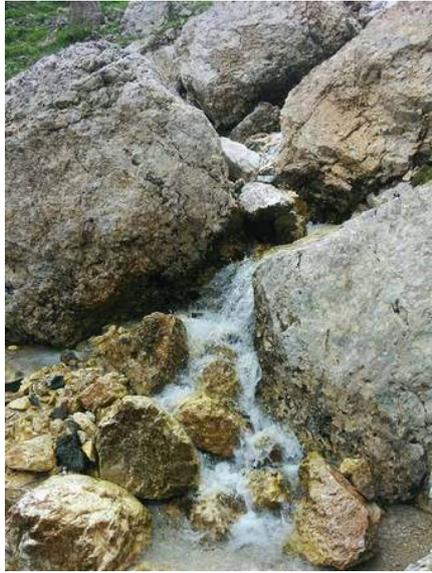


(b) Tavolini per la sosta

Figura 39: Il rifugio

2.2.7 Una vivace sorgente

Quota	2069 m
Latitudine	46.42210 N
Longitudine	11.85842 E



(a) Il gorgogliare tra le rocce



(b) La discesa nella valle



(c) La discesa nella valle

Figura 40: La discesa tra le rocce

2.2.8 Una piccola sorgente

Quota	2142 m
Latitudine	46.42660 N
Longitudine	11.86418 E



(a) La sorgente



(b) Il proseguimento tra le rocce



(c) La discesa nella valle

Figura 41: Un piccolo affluente

2.2.9 La presa d'acqua per il rifugio dal rio Ombretta

Quota	2190 m
Latitudine	46.42185 N
Longitudine	11.85620 E



(a) La presa d'acqua per il rifugio



(b) La discesa nella valle



(c) Una piccola sorgente adiacente

Figura 42: La presa d'acqua per il rifugio

2.2.10 Alcune foto panoramiche

Quota	2304 m
Latitudine	46.42766 N
Longitudine	11.85735 E



(a) Un letto asciutto alle spalle della Marmolada



(b) Un equilibrio precario?



(c) Visione d'insieme sulla valle

Figura 43: Alcune foto panoramiche

2.2.11 Un affluente proveniente dal Passo Ombretta

Quota	2308 m
Latitudine	46.42771 N
Longitudine	11.85726 E



(a) La discesa tra le rocce



(b) Il proseguimento dell'affluente



(c) La composizione del terreno



(d) La discesa verso valle

Figura 44: L'affluente proveniente dal Passo Ombretta

2.2.12 Una sorgente d'alta quota

Quota	2384 m
Latitudine	46.42870 N
Longitudine	11.85512 E



(a) La sorgente



(b) Nevaio sottostante la sorgente

Figura 45: Una sorgente

2.2.13 Un nevaio

La foto è stata scattata molto vicina a quella precedente, per questo non compare nella mappa di figura 33.

Quota	2384 m
Latitudine	46.42870 N
Longitudine	11.85512 E

Il nevaio è alimentato dalla sorgente precedente (figura 45).



(a) Parte terminale



(b) Proseguimento verso valle

Figura 46: Un nevaio

2.2.14 Esempi di confinamento del rio e prevenzione dall'erosione

Quota	1960 m
Latitudine	46.42203 N
Longitudine	11.86614 E



(a) Confinamento di un immissario



(b) Confinamento del rio

Figura 47: Esempio di interventi antropici

3

I SERRAI DI SOTTOGUDA

UNA GOLA NATURALE

Viene proposta ora una piccola digressione su una particolare zona unica nel suo genere, poco distante dalla zona d'indagine, dichiarata Riserva Naturale per la sue sue peculiarità naturali, paesaggistiche, idrologiche, storiche e ambientali.

La gola dei Serrai di Sottoguda, unica nel suo genere, si trova ai piedi della zona d'indagine, estendendosi per circa due chilometri, nei pressi dell'omonimo abitato (da Malga Ciapela), con pareti a picco alte centinaia di metri con poco spazio tra l'una e l'altra. Il torrente Pettorina, in cui il rio Ombretta sbaccia, nel suo infaticabile scorrere, ha eroso le rocce fino a formare voragini e le grotte levigate che oggi si possono ammirare.

Fino alla costruzione della diga del Lago di Fedia e la costruzione della nuova strada che evitasse il canyon, i Serrai rappresentavano l'unica via d'accesso, tramite una stretta strada, che sembra rincorrersi col torrente Pettorina, si snocciola per due chilometri e mezzo, racchiusa tra pareti verticali di roccia alte 300-400 metri, tra cascate di notevole fascino. La larghezza dell'orrido non supera, nei punti più larghi, i 10-11 metri. Poiché la strada interseca il torrente Pettorina per ben 13 volte, la gola era percorribile solamente per un periodo limitato nel corso dell'anno. Infatti, in autunno ogni ponticello veniva smontato e rimontato solo in primavera, per impedire che le piene del torrente e le valanghe li distruggessero.

Nel periodo invernale, all'interno di una delle gallerie, la natura di fa arte e giorno dopo giorno crea un fantastico presepio di ghiaccio.

I Serrai e la Grande Guerra

Le due gallerie scavate nella roccia che si incontrano all'inizio dei Serrai, a valle, furono realizzate dai soldati nel corso della Prima Guerra Mondiale per essere adibite a deposito munizioni ed esplosivo. A perenne ricordo di questo grande conflitto rimane una cappellina, incastonata nella roccia. Durante la seconda Guerra Mondiale gli abitanti di Sottoguda le utilizzarono come rifugi antiaerei.

Numerosi reperti della Grande Guerra si possono ammirare nelle due gallerie, nonchè nel piccolo Museo a Malga Ciapela.

Sport e natura in un luogo unico

La gola rappresenta anche il tratto senza dubbio più suggestivo e spettacolare del Giro d'Italia, che si è arrampicato ben 13 volte sulla Marmolada, sempre dal versante dei Serrai di Sottoguda. I Serrai ospitano diverse manifestazioni in notturna, come suggestive fiaccolate, gare di scialpinismo e gare a piedi.

In inverno, la neve, il ghiaccio e il silenzio ovattato tipico della stagione avvolgono i passanti suscitando in loro forti emozioni. Molti sciatori, dalle

piste della Marmolada, scelgono di raggiungere Sottoguda attraverso la gola, direttamente sugli sci con una pista di 14 Km e 2000 metri di dislivello. Vi passano anche coloro che percorrono il Giro sciistico della Grande Guerra. Le pareti dei Serrai si ricoprono in inverno di numerosissime e varie cascate di ghiaccio. Tra le più famose La Cattedrale, Excalibur e la Spada nella Roccia. Quest'ultima, salita verso la metà degli anni 80 rappresentò tra le prime realizzazioni di grado 5 su ghiaccio nelle Alpi. Il visitatore rimane impressionato dalla straordinaria bellezza e dalle sfumature del ghiaccio che conferiscono alla gola un aspetto quasi irreale. Queste cascate costituiscono una delle mete più ambite degli appassionati di arrampicata su ghiaccio, uno tra gli sport invernali più affascinanti e ricchi di emozioni e tra le mete di Ice-climbing è a livello Europeo una delle zone più apprezzate e frequentate.



Figura 48: Panorama invernale dei Serrai



Figura 49: Vista sui Serrai del ponte dalla strada per il Fedaia

BIBLIOGRAFIA

Comune di Rocca Pietore

2011 *Serrai di Sottoguda - Tempio della Natura*, Studio Grafisma, Rocca Pietore.

Corriere della Sera e Club Alpino Italiano

2013 *Guida ai Rifugi del CAI*, Corriere della Sera, ISBN: 9788861261358, <https://books.google.it/books?id=zqkWAwAAQBAJ>.

Dr. Geol. Colleselli, Eugenio

2013 *Relazione Geologica*, rapp. tecn., Realizzato per i comuni di Alleghe, Colle Santa Lucica, Livinallongo del Col di Lana, Rocca Pietore e Selva di Cadore, Regione Veneto - P.A.T.I. Dolomiti Alto Agordino.

Mario, Vianelli e Cenacchi, Giovanni

2014 *Teatri di guerra sulle Dolomiti*, MONDADORI, ISBN: 9788852051494, <https://books.google.it/books?id=WWAaBAAAQBAJ>.

Pavan, Camillo

2001 *Le dighe e le centrali idroelettriche del bacino del Piave*, Camillo Pavan Editore, Treviso.

Rigon, Riccardo et al.

2015 *AboutHydrology - Il corso di Idrologia*, [Consultato il 7 aprile 2015], <http://abouthydrology.blogspot.it/2012/02/il-corso-di-idrologia-2012-my-hydrology.html>.

SWS Engineering

2012 *Studio tecnico-valutativo sulle concessioni di derivazione idroelettrica presenti all'interno del BIM dell'Adige a Trento*, rapp. tecn. RH 32, Documentazione su impianto idroelettrico di Malga Ciapela, numero W IDoo RH 32, BIM Trento.

Wikipedia

2015a *Hack's law*, [Consultato il 23 aprile 2015], http://en.wikipedia.org/wiki/Hack's_law.

2015b *Strahler number*, [Consultato il 23 aprile 2015], http://en.wikipedia.org/wiki/Strahler_number.

CARTOGRAFIA UTILIZZATA

1. REGIONE VENETO, Infrastruttura Dati Territoriali, DTM e altre mappe vettoriali con risoluzione 5×5 m
[<http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/>]
2. CASA EDITRICE TABACCO, Carta Topografica numero 015 *Marmolada Pelmo Civetta Moiazza*, scala 1 : 25000
3. OPENSTREETMAP, servizio online di fruizione di mappe
[<http://www.openstreetmap.org/copyright>]

SOFTWARE UTILIZZATI

1. STAGE, software per l'elaborazione delle mappe
[<https://github.com/moovida/STAGE/releases>]
2. QGIS 2.6 software per la visualizzazione delle mappe
[<http://www.qgis.org/it/site/>]
3. SHARELATEX, editor online per L^AT_EX
[<https://www.sharelatex.com/>]
4. TINYPNG, editor online per la compressione delle immagini
[<https://tinypng.com/>]
5. GOTTENGEOGRAPHY, GNOME geotagger
[<http://gottengeography.ca/>]