



FEASR



REGIONE DEL VENETO



FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI

1222-2022  
800  
ANNI



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**TESAF**



---

**Telerilevamento e analisi idrologiche in agricoltura:  
Dati satellitari e droni  
per la gestione del rischio idrogeologico collinare**

**MANUALE ESERCIZI**

**Lezione**

**2**

Corso di formazione in presenza  
Veneto Agricoltura  
viale dell'Università 14 – Legnaro (PD)

Prof. Paolo Tarolli  
Dott. Eugenio Straffelini  
Dott.sa Sara Cucchiaro

*University of Padova  
Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry*

## LEZIONE 2

### GESTIONE NUVOLO DI PUNTI IN CLOUDCOMPARE

In questo esercizio useremo il software libero CloudCompare, scaricabile gratuitamente al seguente link:  
<https://www.danielgm.net/cc/>, progettato per visualizzare e gestire nuvole di punti.

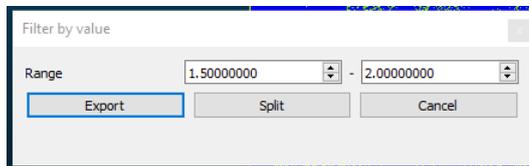
Dati LIDAR Piano Straordinario Telerilevamento:

- Quadri d'unione aree disponibili <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>
- Richiesta dei dati <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-distribuzione-dati-pst/>

Nel software CloudCompare, andremo ad analizzare la nuvola di punti e costruire un modello digitale del terreno (DTM).

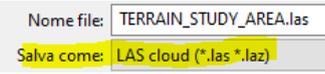
#### 1) Operazioni preliminari

- Caricare il file **POINTCLOUD\_lidar\_raw\_areastudio** in cloud compare:
- Appare con due colori, così come il dato è classificato
- filtrare **NUVOLO INTERA**:
- Selezionare il layer nella lista
- utilizzare il seguente comando per eseguire il filtraggio
- Nella finestra, selezionare 1.5 e successivamente SPLIT



- Nella lista layer, rinominare xxx.outside come OUTSIDE
- Nella lista layer, rinominare xxx.extract come TERRAIN
- Salvare la nuvola filtrata (solo terreno) in formato LAS
  - selezionare la nuvola TERRAIN\_STUDY\_AREA

-  salvare come **TERRAIN\_STUDY\_AREA.las**

- Importante: 

#### 2) Calcolo della mesh (LA MESH NON E' UN MODELLO DIGITALE DEL TERRENO! Serve per esplorare la morfologia

- Calcoliamo la mesh, per capire la morfologia del terreno
- selezionare TERRAIN

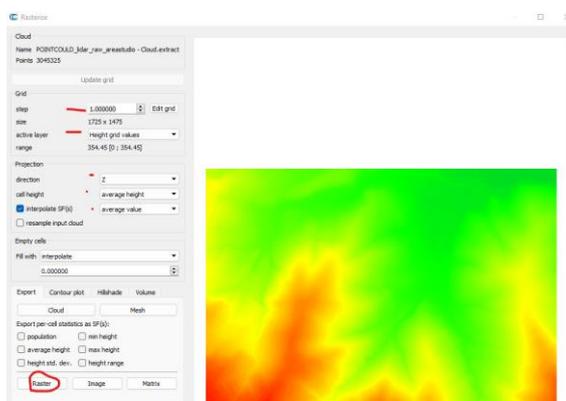
- c) , settare i seguenti parametri, facendo UPDATE GRID dopo aver selezionato 1, per poi cliccare su MESH:

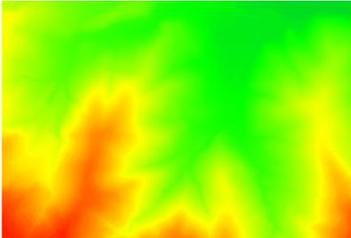


- d) Selezionare TERRENO.mesh nella lista layer  
e) Nei comandi a tendina in alto: EDIT -> Normals -> Compute -> Per-Vertex  
**FATTO!** La mesh è utile per osservare in 3D la nostra area di studio

## 2) Creazione del DTM

- a) selezionare TERRAIN  
b) , settare i seguenti parametri, facendo UPDATE GRID dopo aver selezionato 1, per poi cliccare su RASTER:

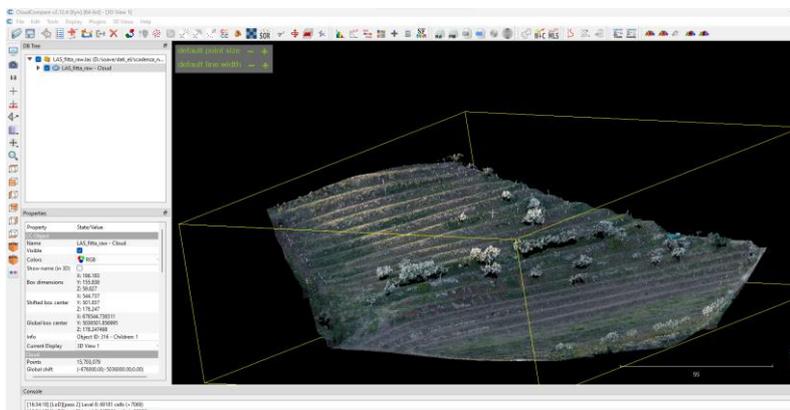


- c)   
d) Export heights  
e) Salvare il DTM come DTM.tif

**FATTO!**

## Come sono le nuvole di punti costruite con drone e fotogrammetria?

Importa POINTCLOUD\_UAV\_raw.las



## PRE-FILTRAGGIO

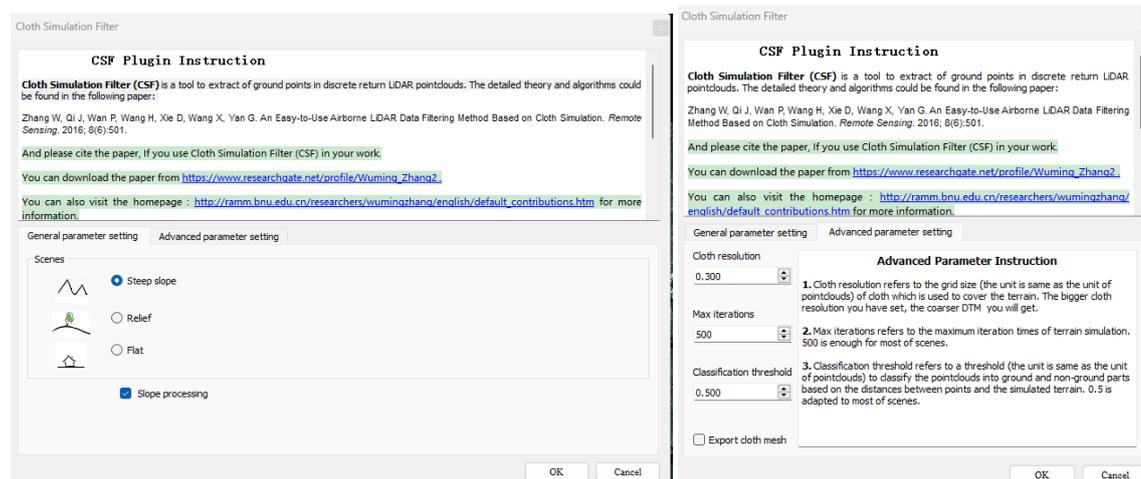
### SOR FILTER

Tool > Clean > SOR filter. Filtro statistic che permette di pulire la nuvola eliminando punti isolati

## FILTRAGGIO

### CSF FILTER

Plug-in > CSF Filter



Provare con Steep Slope + Slope Processing + Cloth: 0.3 (il resto come di default)

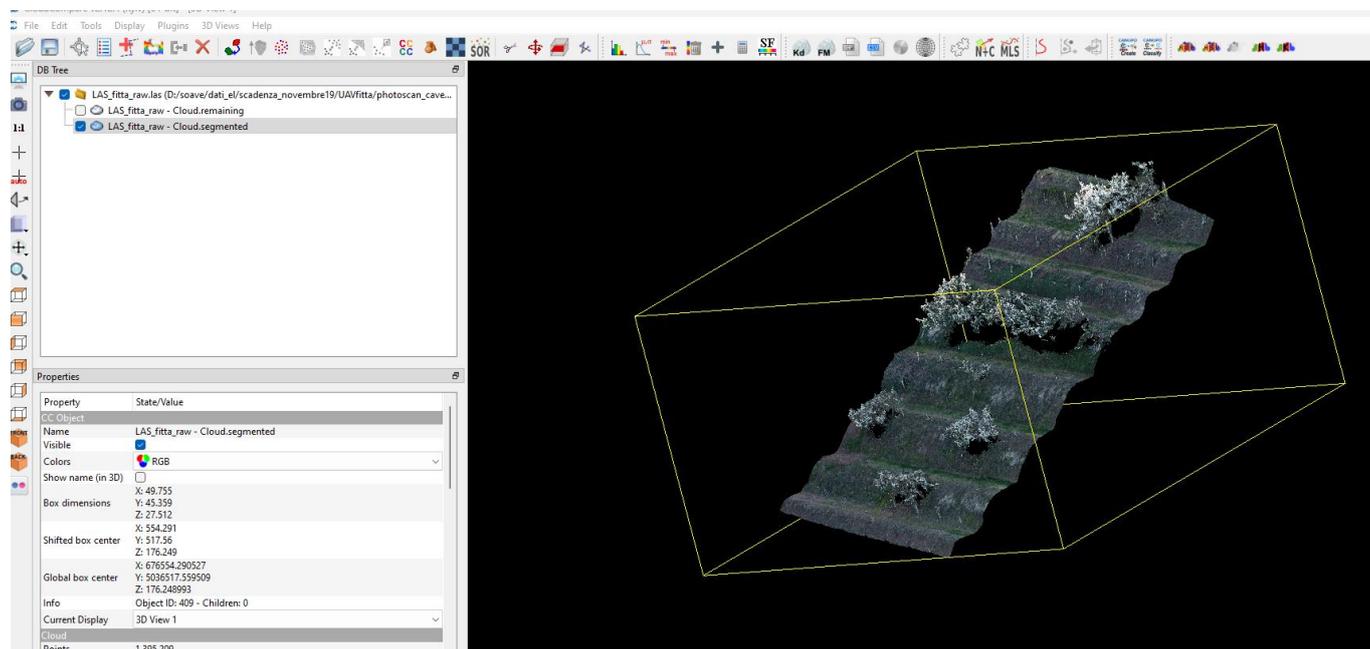
## UTILIZZO DELLA MESH

Calcolo della distanza tra mesh e punti.



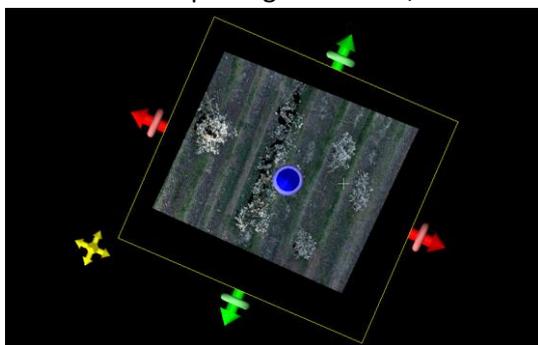
## SEGMENTAZIONE

Proviamo su un pezzetto di nuvola

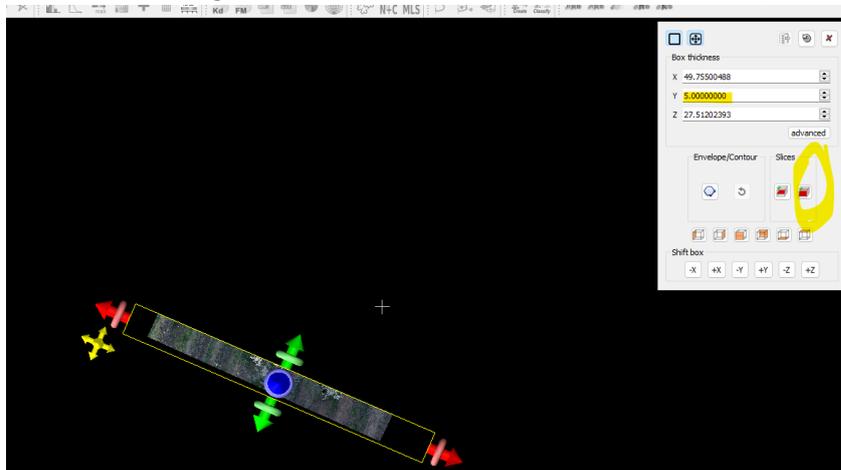


Tools > Segmentation > Cross Section

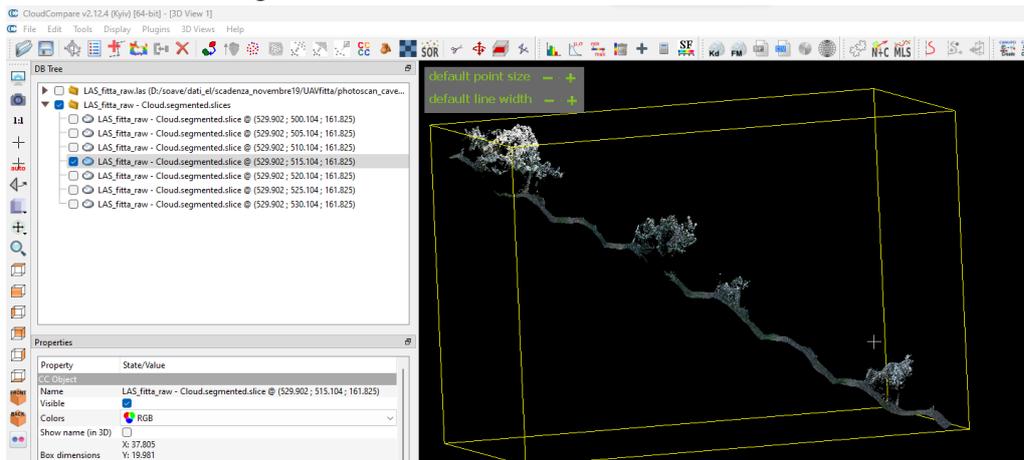
1. Usare le frecce per regolare il box, in modo che contenga la nuvola



2. Selezionare la larghezza del box in modo da creare una striscia (es: 5 m)



### 3. Vediamo che ora ho generato diverse slices



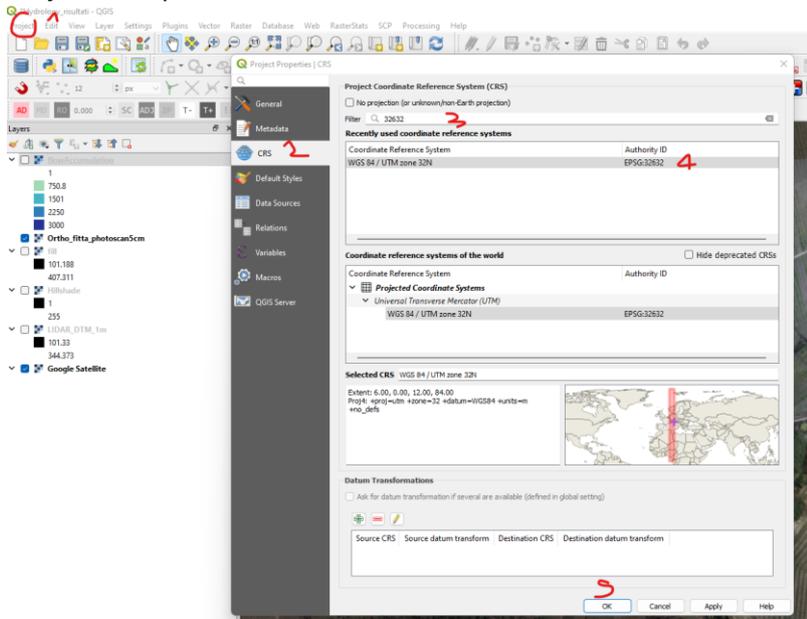
### 4. Ora non resta che pulire che singole strisce!

## OPERAZIONI PRELIMINARI IN QGIS

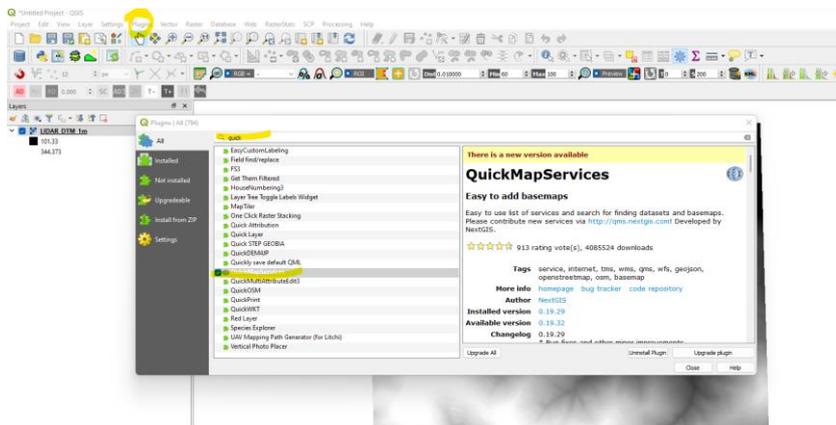
### Installare QGIS versione LONG RELEASE

Una volta installato QGIS:

- 1) Aprire il software QGIS > Salvare il progetto con project – Save As. Chiamare il progetto hydrology.QGZ
- 2) Project – Properties > CRS > scrivere nella ricerca 32632 > selezionare > ok



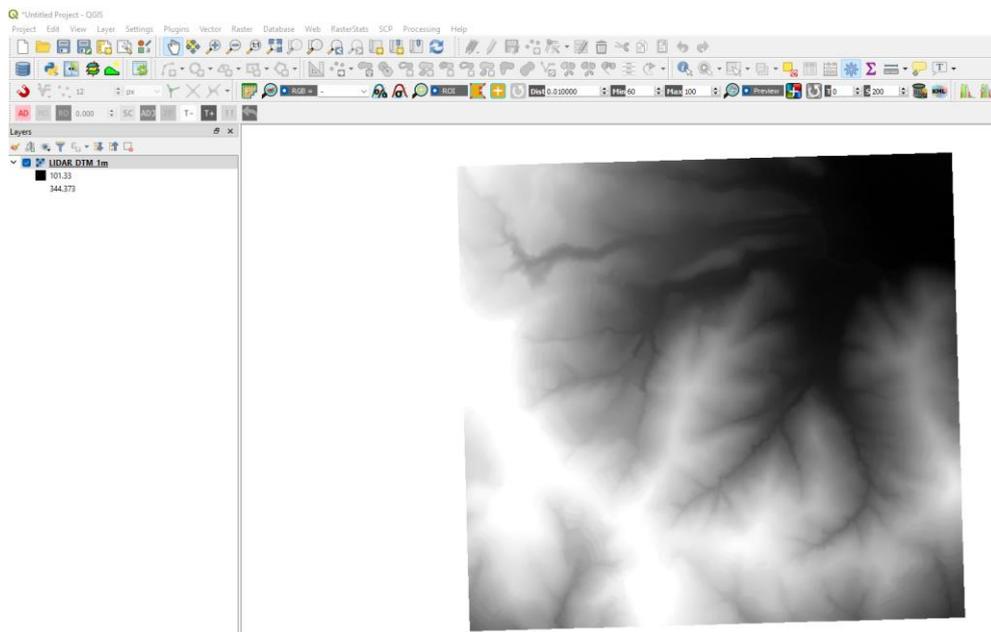
- 3) Installare il plugin QuickMapServices per avere le Basemap



- a. Nel menu in alto, Processing > Toolbox (così compare a destra la barra con gli strumenti)

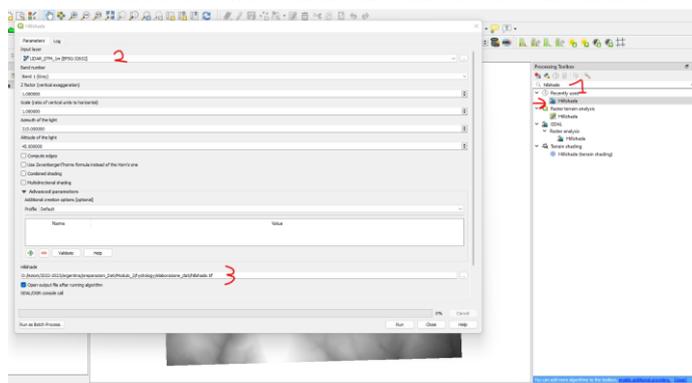
## PROCESSI IDROGEOLOGICI: AREA DRENATA

1) Trascinare in QGIS il DTM: LIDAR\_DTM\_1m.tif



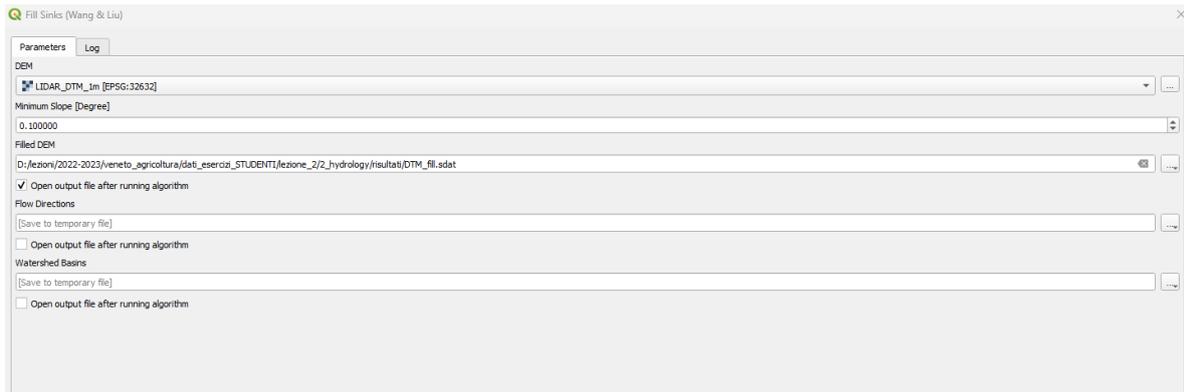
2) Calcoliamo l'ombreggiatura (hillshade) per osservare la morfologia:

- a. A destra, nella barra processing scrivere "Hillshade" e selezionarlo nell'elenco
- b. In input scegliere il raster del DTM
- c. Salvare il file in una cartella come hillshade.tif

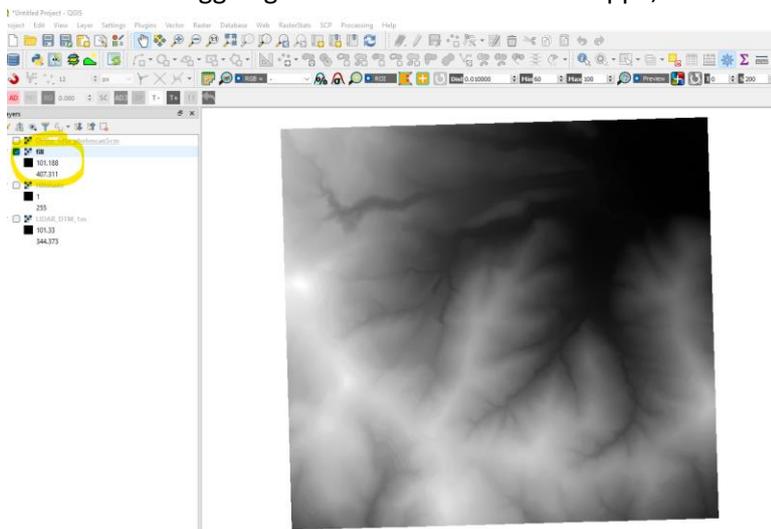


3) Dipintare il DTM (ovvero togliere eventuali "buchi") per rendere il modello digitale idrologicamente corretto. I file sono salvati in un formato raster chiamato .sdatt.

- a. Terrain analysis – Preprocessing > Fill sinks (Wang & Liu). Scegliere il DTM come input e salvare il file come DTM\_fill.sdatt in una cartella



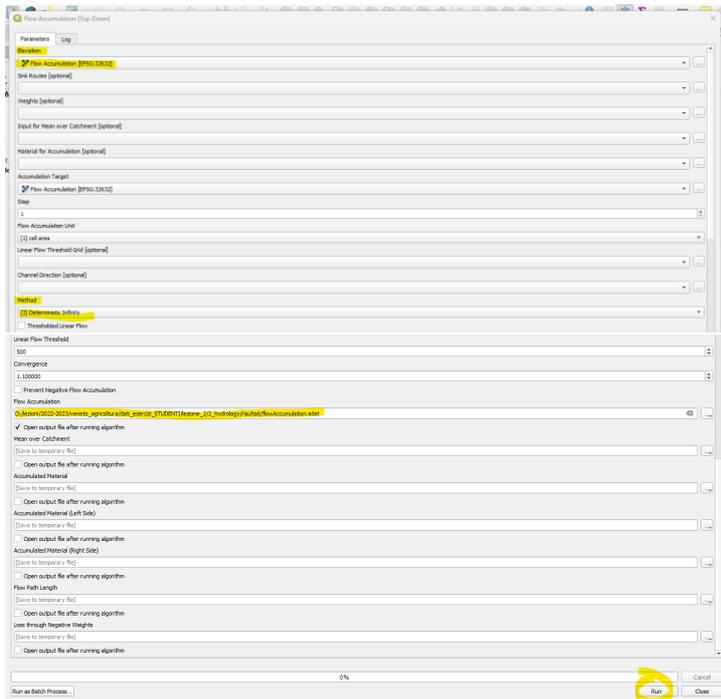
Se il file non si aggiunge automaticamente alla mappa, trascinarlo in QGIS manualmente dalla cartella



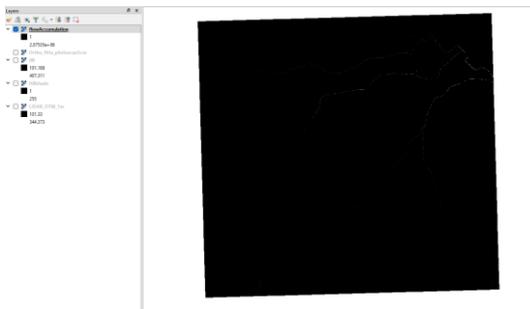
#### 4) Mappatura del deflusso superficiale

IN QGIS 3.22 LTR

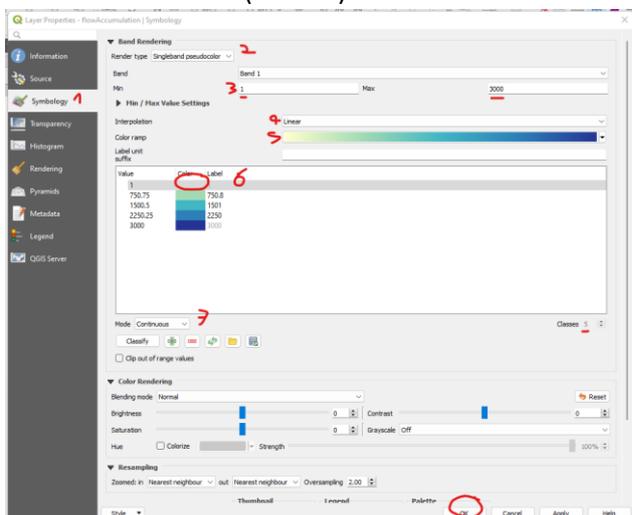
- a. SAGA > Terrain analysis – Hydrology > Flow accumulation (Top-Down)
- b. Come elevation scegliere il DTM (**non l'ombreggiatura**)
- c. Come metodo scegliere [3] Deterministic Infinity (Tarboton, 1997)
- d. Lasciare la spunta in Prevent Negative Flow Accumulation
- e. Salvare SOLO l'output "Flow Accumulation"
- f. Lasciare tutti gli altri parametri di default!
- g. Togliere la spunta a tutti gli altri output!



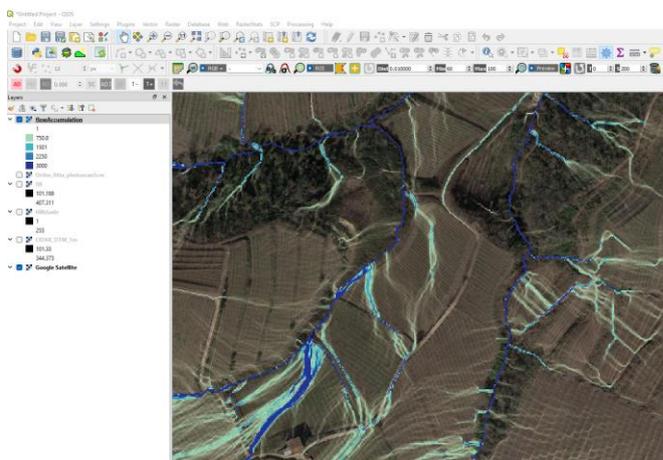
Fatto! Ma per capire il processo bisogna tematizzarlo



- Tasto dx sul layer > Proprietà > Simbology > Render type: Singleband Pseudocolor > Min: 0; Max: 3000 > Interpolation: linear > Scegliere una scala colori dall'elenco > cliccando sui singoli colori di classi, si può modificare il colore: scegliere colore trasparente per la prima classe > Modo: continuous (5 classi) > OK

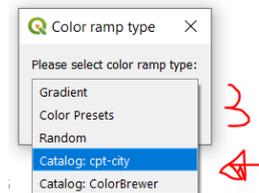
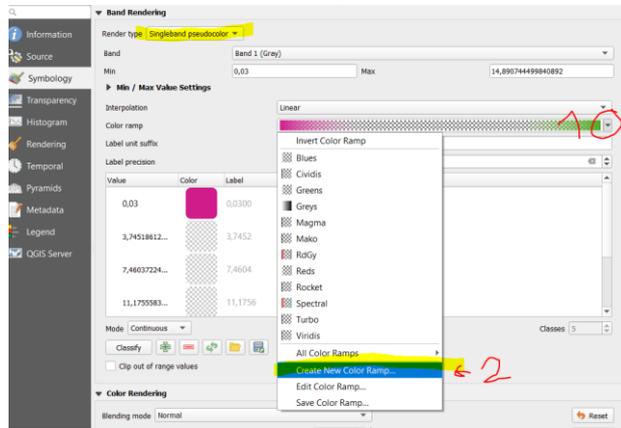


- b. Aggiungo una basemap di Google: Web (dal menu in alto) > QuickMapService > Google > Satellite  
(NOTA: se non c'è Google, QuickMapService > settings > More services > GET

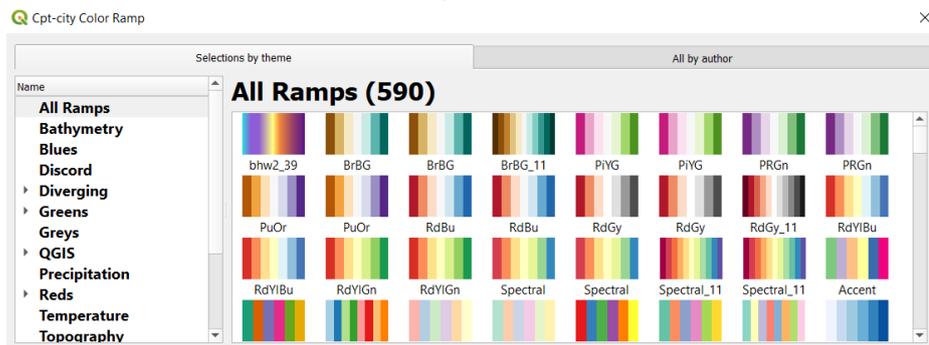


### NOTA SULLA SIMBOLOGIA DEI RASTER IN QGIS:

- Ottenere varie scale colore per il raster:



- Qui troviamo una serie molto ampia di scale colore

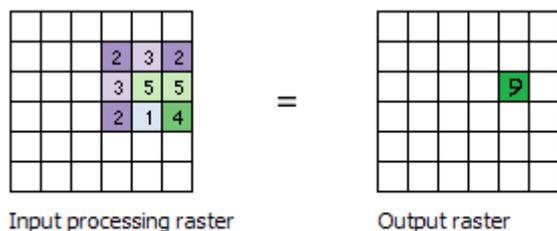


## PROCESSI IDROGEOLOGICI: RPII

RPII (Tarolli et al., 2013) è calcolato con la seguente formula:

$$RPII = \ln \left( \frac{A_r - A_{sm}}{A_{sm}} \right)$$

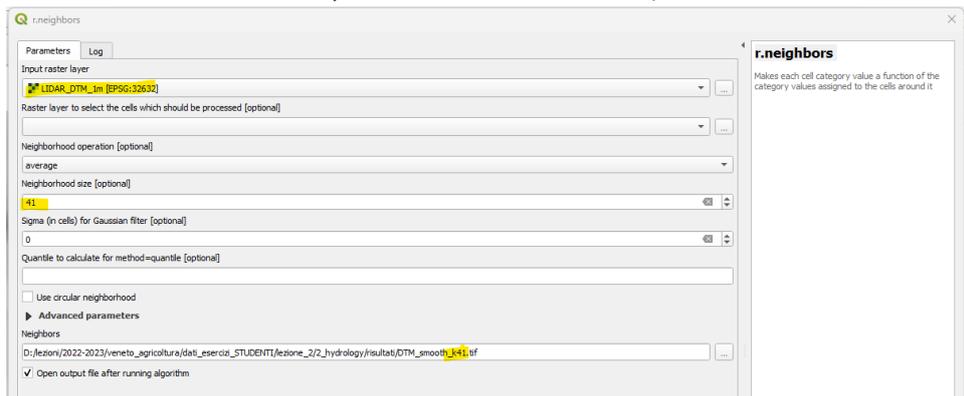
Dove  $A_r$  è l'area drenata del DTM originale (già calcolata e chiamata flowAccumulation.sdat) con l'area drenata di un DTM smooth.



### MEAN

a. Smooth del DTM:

- GRASS > Raster (r.\*) > r.neighbors
- Selezionare il DTM come input e un kernel di 41 celle (è comunemente usato in caso di aree terrazzate)



NB: cambiare la simbologia per visualizzare il risultato!

ALTERNATIVA:

Usare Focal Statistic (potrebbe metterci un pò di tempo).

b. Calcolo area drenata sul DTM smooth

- Importare il file DTM\_smooth\_k41
- Terrain analysis – Preprocessing > Fill sinks (Wang & Liu). Scegliere il DTM come input e salvare il file come fill\_DTM\_smooth.sdat in una cartella
- SAGA > Terrain analysis – Hydrology > Flow accumulation (Top-Down). Creare il raster flow\_Acc\_DTM\_smooth.sdat

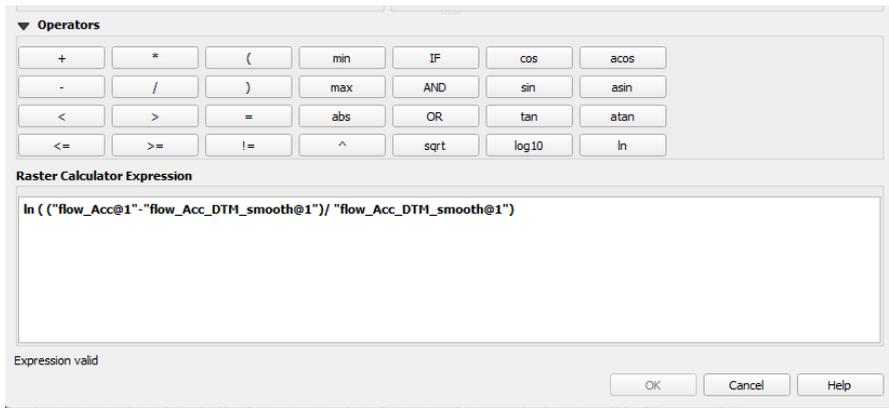
c. Ora passiamo al calcolo dell'RPII vero e proprio, utilizzando il calcolatore raster

- Raster > Raster calculator e inserire la formula:

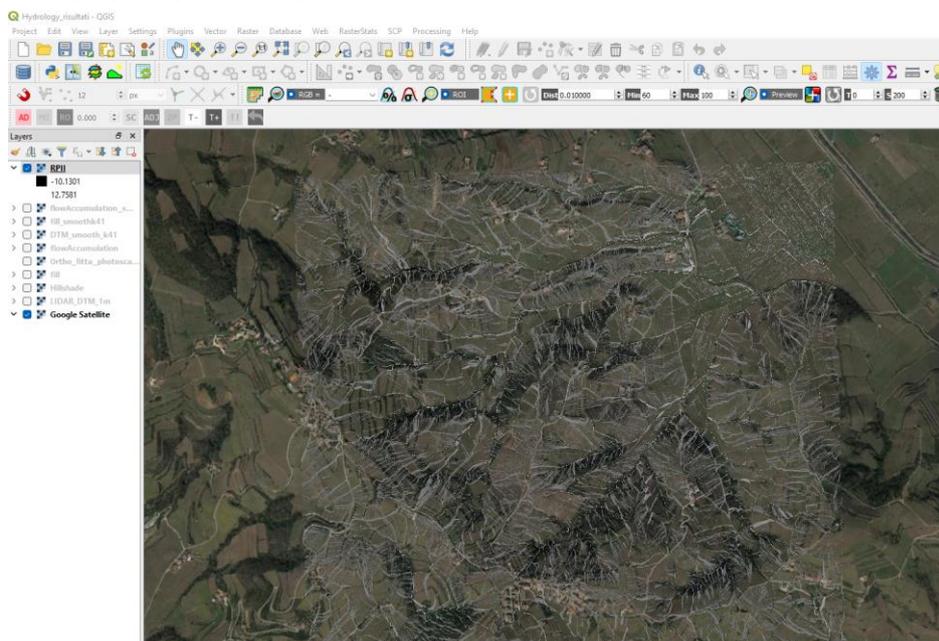
$$\ln ( ("flow\_Acc@1" - "flow\_Acc\_DTM\_smooth@1") / "flow\_Acc\_DTM\_smooth@1" )$$



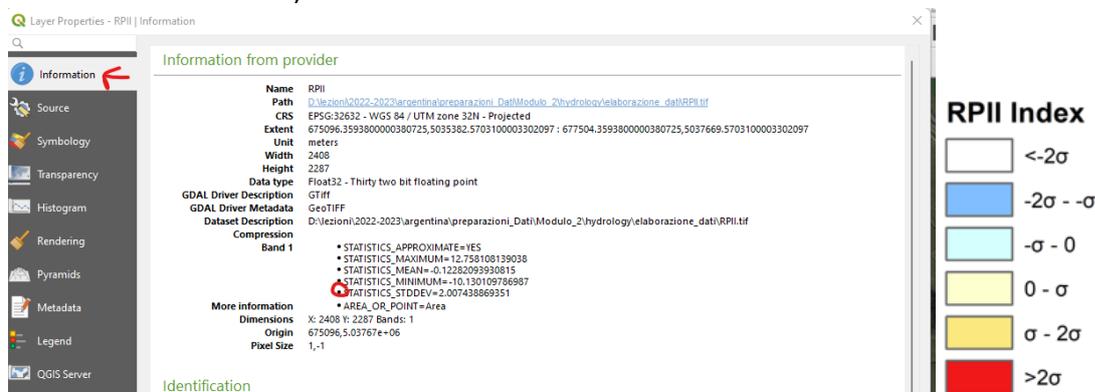
Salvare il risultato come **RP11.tif**



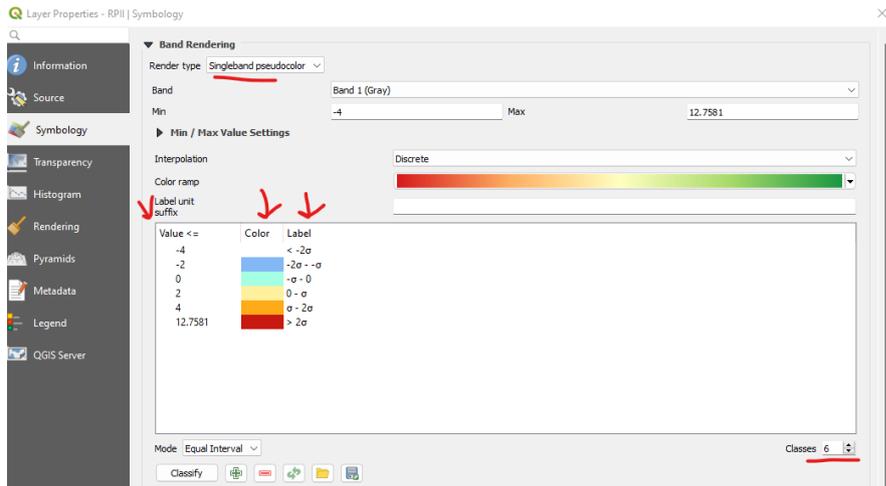
b) **FATTO!** Ora dobbiamo tematizzarlo



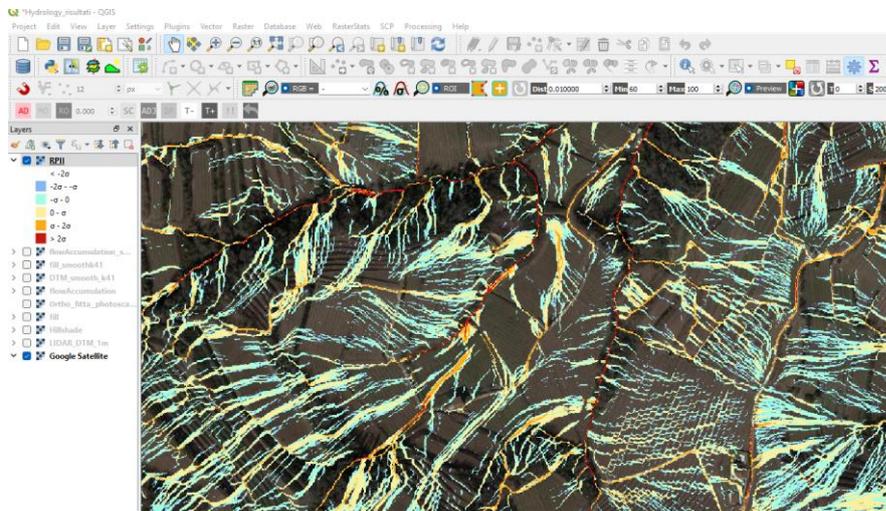
c) Nelle proprietà del layer **RP11.tif** > **information** > leggere la deviazione standard: nel nostro caso è 2. La deviazione standard la usiamo per riclassificare il raster **RP11** secondo la seguente legenda (dove  $\sigma$  = deviazione standard = 2)



d) In **symbology** > **Singleband pseudocolor** > **discrete** > scegliere 6 classi > nella tabella valori mettere i multipli di deviazione standard > inserire etichetta come da screenshot > cambiare manualmente i colori (la prima classe colore trasparente)



e) FATTO:



## TOPOGRAPHIC WETNESS INDEX (TWI)

$$\ln \frac{a}{\tan b}$$

Dove a = l'area drenata a monte; b = pendenza (espressa in radianti)

L'indice di umidità topografica ( TWI ) è un indice di umidità. L'indice è funzione sia della pendenza che dell'area contribuente a monte. Maggiore è il valore di indice, maggiore è la probabilità di accumulo di acqua (umidità), ma anche profondità del suolo, presenza di materiale fine (limo) e contenuto di materia organica.

L'indice è calcolato a partire dal DTM.

### 1. Calcolo della slope (in radianti)

- SAGA > Terrain Analysis Morphometry > Slope,Aspect,Curvature
- Elevazione: DTM
- Metodo: mettiamo il numero 8 (che è il più aggiornato)
- Unità: radianti
- Salviamo solo l'output Slope nella cartella



### 2. Calcolo la flow accumulation (o contributing Area)

- SAGA > Terrain analysis – Hydrology > Flow accumulation (Top-Down)
- Come elevation scegliere il DTM (**non l'ombreggiatura**)
- Come metodo scegliere [3] Deterministic Infinity (Tarboton, 1997)
- Lasciare la spunta in Prevent Negative Flow Accumulation
- Salvare SOLO l'output "Flow Accumulation"
- Lasciare tutti gli altri parametri di default!
- Togliere la spunta a tutti gli altri output!

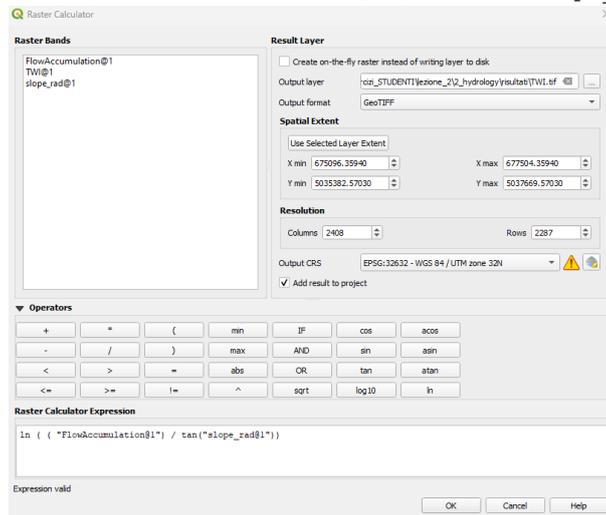




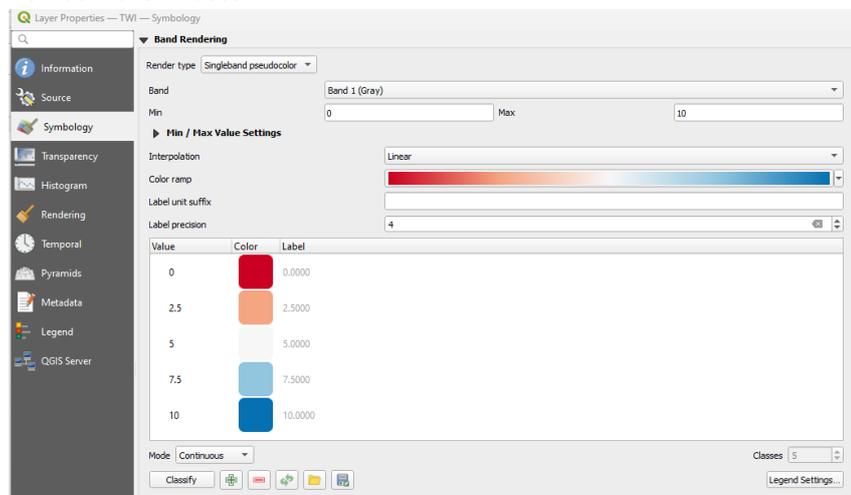
### 3. Calcolo del TWI, utilizzando il raster calculator

a. Immettere:

b.  $\ln \left( \left( \text{"FlowAccumulation@1"} \right) / \tan \left( \text{"slope\_rad@1"} \right) \right)$



c. Tematizzare il raster:



d.

FATTO!

## MAPPATURA EROSIONE DEL SUOLO – Modello RUSLE

Download dati a scala europea: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-erosion-water-rusle2015>

### PARAMETRO 1 – EROSIVITA' DELLA PIOGGIA (R)

Dato climatico offerto dall'ESDAC. Raster già disponibile nei dati.

### PARAMETRO 2 – ERODIBILITA' DEL TERRENO (K)

Dato che si può ricavare da alcune carte di suolo. Ai fini di questo esercizio, il raster è già disponibile. Per la regione Veneto, vedi riquadro in basso.

### PARAMETRO 3 – FATTORE TOPOGRAFICO (LS)

1. Importare il DTM presente nella cartella DATI
2. Calcolo di LS:
  - a. Saga > Terrain Analysis-Hydrology > LS-Factor, Field Based
  - b. Impostare il DTM come Elevazione
  - c. Come tipo di pendenza scegliere (0) local slope
  - d. Lasciare tutto il resto
  - e. Salvare solo LS factor nella cartella



### PARAMETRO 5 – FATTORE COPERTURA DEL SUOLO (P)

Parametro disponibile tra i dati. Per il Veneto, vedi riquadro in basso.

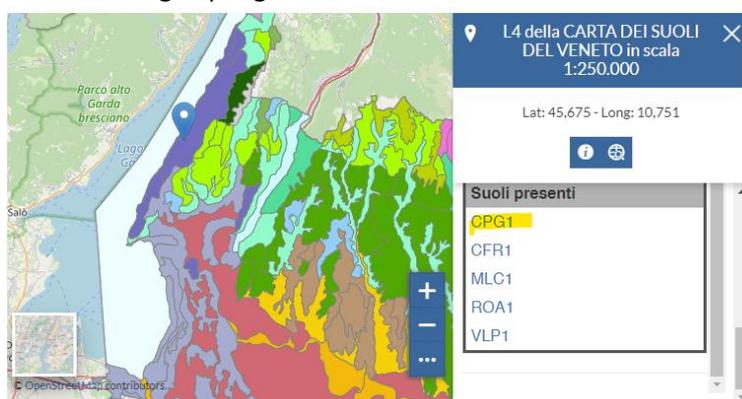
### PARAMETRO 5 – FATTORE DI INFLUENZA DEL CONTROLLO ARTIFICIALE (P)

Parametro disponibile tra i dati.



## Ottenere il valore di K (erodibilità del suolo) per i suoli del Veneto

- 1) Andare nel WebGis ARPAV e visualizzare la Carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000 (per alcune aree esiste la carta 1:50.000 <https://gaia.arpa.veneto.it/maps/271>)
- 2) Interrogare il poligono scelto, e leggere l'unità cartografica, ad esempio,  
Unità Cartografica: **GA2.4**
- 3) Aprendo il link sull'unità cartografica, compare una scheda informativa. Nella tabella in basso leggo le % con sui questi suoli sono presenti e le loro caratteristiche. Le % di frequenza possono essere usate per "ponderare" il seguente valore di K.
- 4) Tornando ad interrogare il poligono scelto, scendere fino alla sezione suoli presenti, e aprire le schede relative ai singoli poligoni



- 5) Per ogni suolo si apre una scheda informativa che contiene il fatto re erodibilità del suolo (K) utilizzabile per la RUSLE

### QUALITÀ SPECIFICHE

Rischio di deficit idrico: assente (N1)  
Gruppo idrologico: runoff potenziale alto (D)  
Grado di erosione: debole  
Erodibilità del suolo (fattore K): 0.001

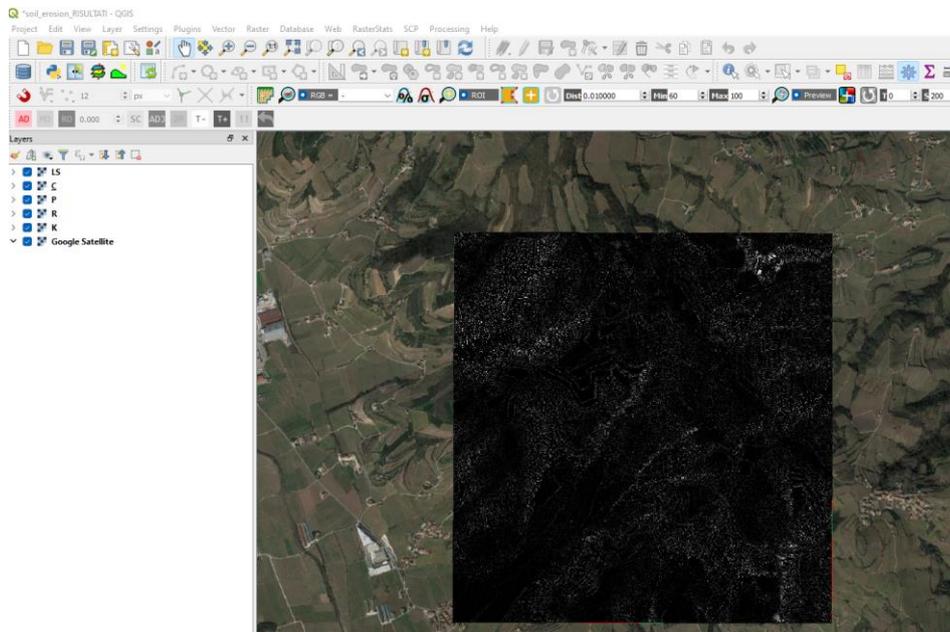
## Valori di C (cover factor) in base al codice di Uso del Suolo Corinne Land Cover

Table 4. CORINE land use and corresponding C values.

Land Use Code	Description	C	Land Use Code	Description	C
111	Continuous urban fabric	0	231	Pastures	0.02
112	Discontinuous urban fabric	0	241	Annual crops associated with permanents crops	0.12
121	Industrial or commercial units	0	242	Complex cultivation patterns	0.12
122	Road and rail networks and associated land	0	243	Land principally occupied by agriculture with significant areas of natural vegetation	0.12
123	Port areas	0	311	Broad-leaved forest	0.004
124	Airports	0	312	Coniferous forest	0.004
131	Mineral extraction sites	0	313	Mixed forest	0.004
133	Construction sites	0	321	Natural grassland	0.05
141	Green urban areas	0.005	322	Moors and heathland	0.05
142	Sport and leisure facilities	0.005	324	Transitional woodland scrubs	0.007
211	Non-irrigated arable land	0.4	331	Beaches, dunes, sand plains	0.3
221	Vineyards	0.1	332	Bare rock	1
223	Olive groves	0.1	333	Sparsely vegetated areas	0.3

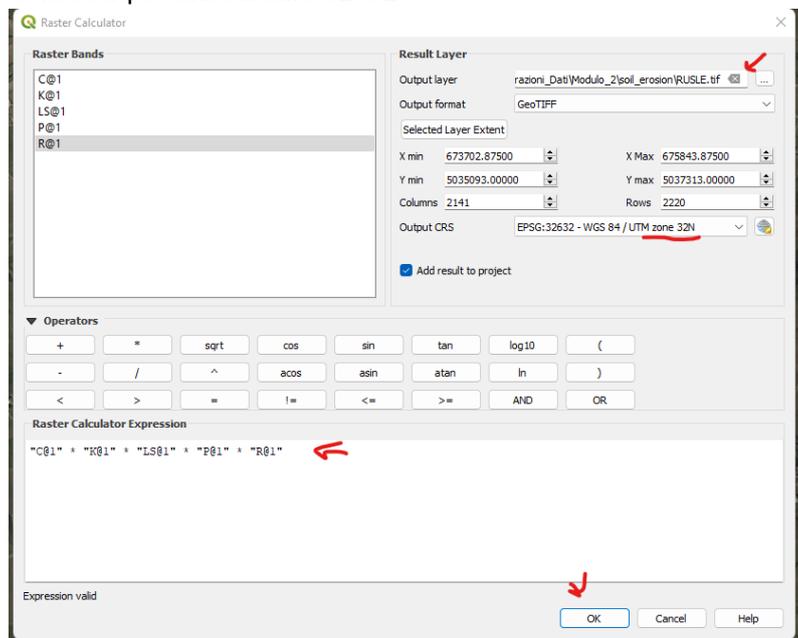
Per il calcolo:

1) Importare i 5 layers della RUSLE in QGIS

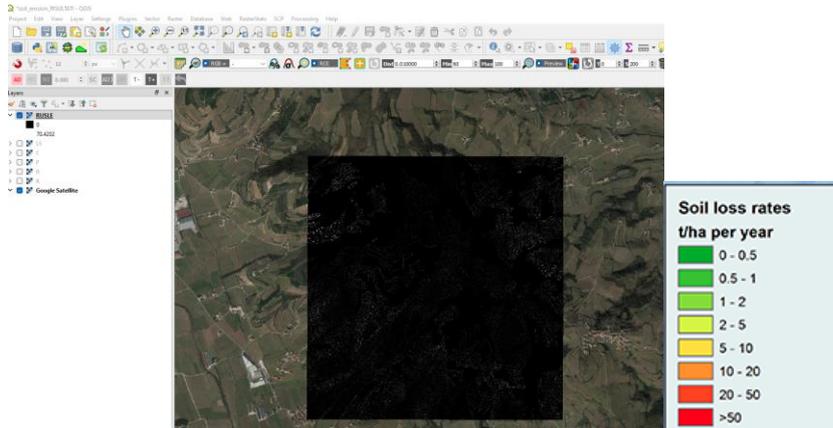


2) Calcolo della RUSLE

- a. Raster > Raster calculator e moltiplicare tra loro i 5 fattori
- b. Salvare il file come RUSLE.tif
- c. Come output CRS lasciare 32632

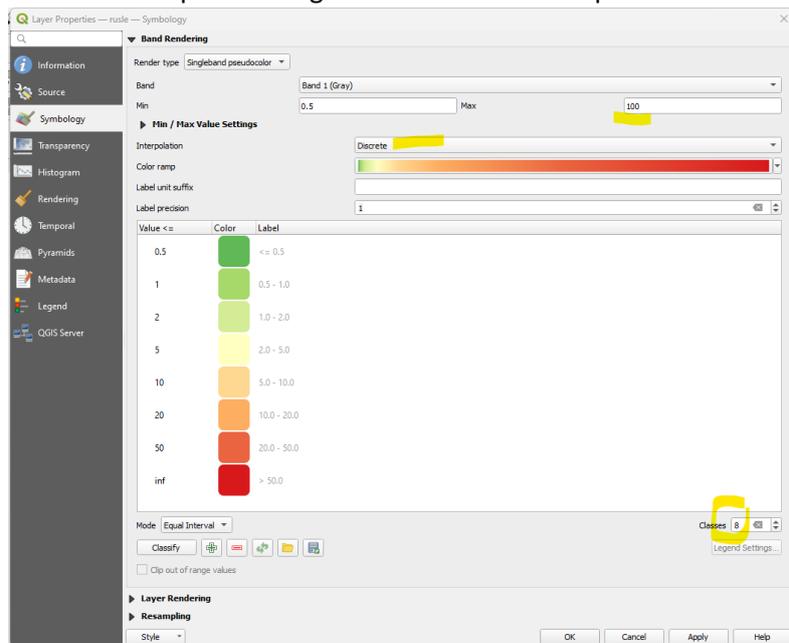


3) FATTO! Ma per comprendere il risultato è necessario tematizzare

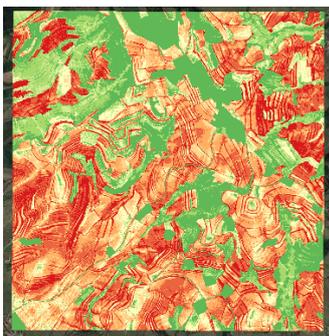


LEGENDA RUSLE EUROPA: Panagos et al (2015)

- Tasto dx sul layer > Symbology > Render type: singleband pseudocolor > Discrete > Selezionare una scala colori > Mode: Equal (così possiamo scegliere il numero di classi) > Scegliere 8 classi > nella colonna **Value** mettiamo il valore massimo della classe (vedi legenda della RUSLE per l'Europa qui sopra) > nella colonna **Label** mettiamo le classi per esteso (come nella legenda qui sopra)
- ATTENZIONE:** per una migliore visualizzazione la prima classe <0.5 la mettiamo di colore trasparente



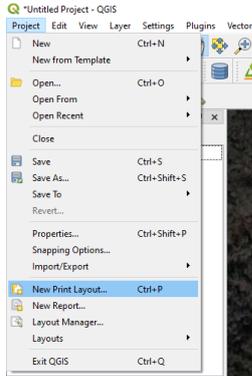
- FATTO!



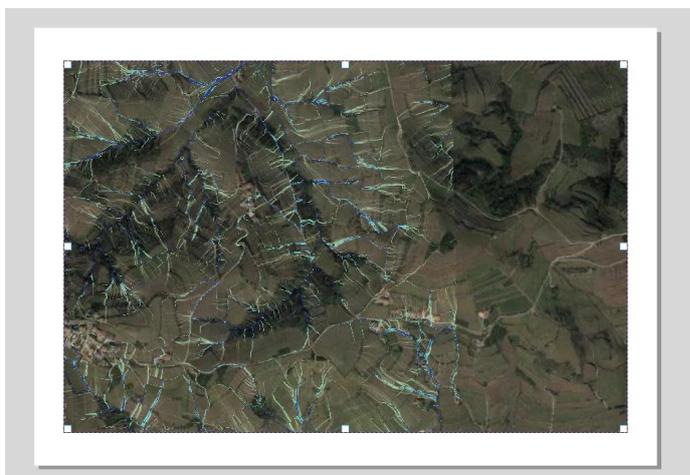
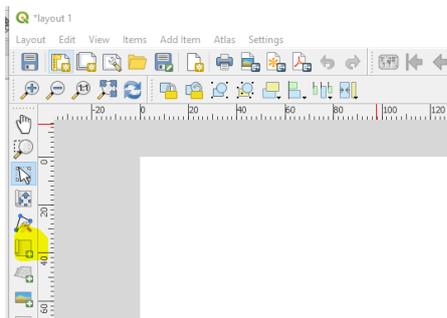
## PRODUZIONE CARTOGRAFICA IN QGIS

Qui impariamo a creare ed esportare una mappa in alta definizione con i dati appena creati. Il procedimento è lo stesso indipendentemente da quale mappa vogliamo costruire (erosione, RPII, deflusso, ecc). Per esempio, qui mostriamo la mappa del deflusso

- 1) Adesso andiamo a creare il layout della mappa per poterla esportare:



- a) Assegnare il nome layout 1 e click su ok
- b) Ora si è aperto il nuovo layout, ancora vuoto.
- c) Tasto destro nel foglio bianco -> properties -> orientation: landscape
- d) Click sull'icona e disegnare un poligono nel foglio per costruire la mappa:



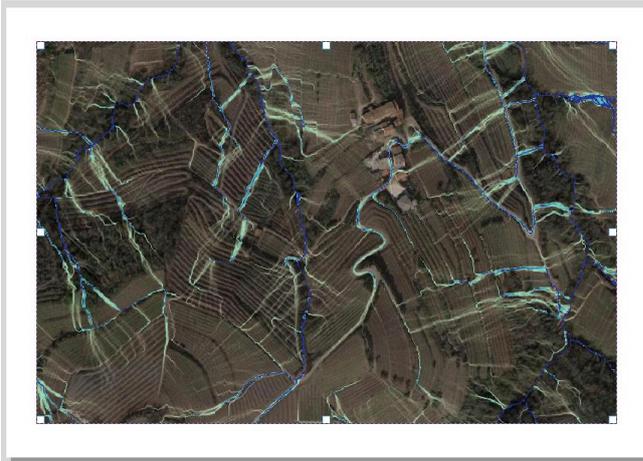
- e)
- f) Attivare l'icona:



- g) Click sulla mappa -> tasto dx -> item properties e scegliamo la scala: 2500 (questa operazione consente di zoomare l'area di lavoro)
- h) Usare questa icona per muovere la mappa ed individuare una zona da mappare:



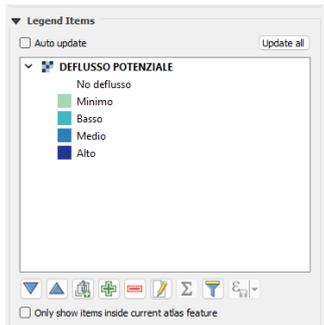
- i) Fatto:



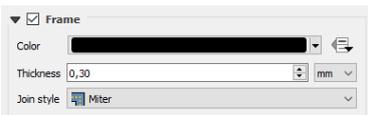
Adesso andiamo ad aggiungere la legenda, scala, titolo e freccia del nord:

## 2) Legenda

- a) Add items -> legend -> disegno sulla mappa la legenda
- b) Tasto destro sulla legenda -> items properties
- c) In **Main Properties**, togliere la spunta a RESIZE TO FIT CONTENTS
- d) In **Legend Items**:
- Disattivare auto update, in modo da poter rimuovere tutto ciò che non ci interessa dalla mappa usando il simbolo -.
  - Sempre in Legend Items, posso modificare il nome dei layer da mostrare in legenda: rinominiamo il layer della flowaccumulation come DEFLUSSO POTENZIALE, così come per le varie voci in legenda:



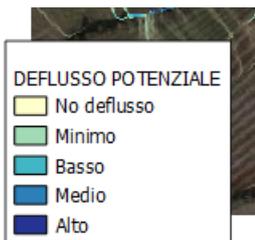
e) Attivare il bordo attorno alla legenda:



f) Attivare il background (bianco)



FATTO:



3) SCALA:

1. Add items -> Scale bar -> disegno sulla mappa
2. Selezionando la scale bar, sulla destra appaiono le proprietà. Importante: Selezionare metri come unità di misura e m come etichetta.



4) FRECCIA DEL NORD:

1. Add items -> picture -> disegno sulla mappa. In questo modo, si attiva sulla destra la barra delle proprietà.
2. In Search Directories seleziono la freccia che mi interessa:



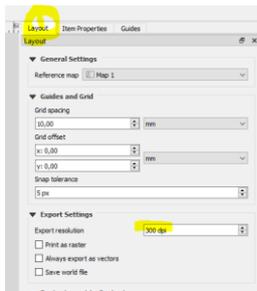
3. Fatto: 

5) TITOLO:

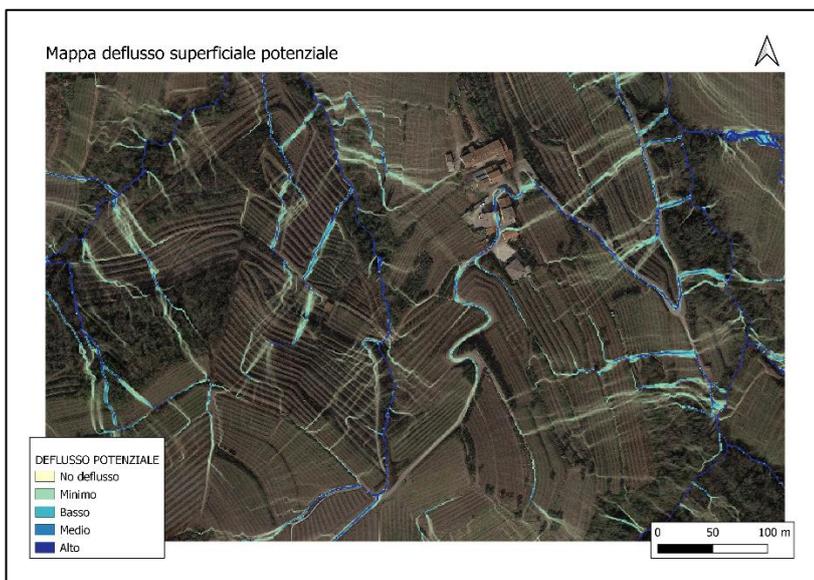
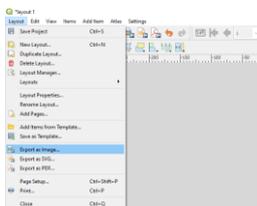
1. Add items -> add label -> disegno
2. Sulla destra, in main properties inserisco il titolo. Utilizzo le altre impostazioni per la formattazione e il carattere del testo
3. Fatto

6) EXPORT TIF (300 dpi)

- 1) Sulla barra di destra: layout -> export settings: imposto 300 dpi



- 2) Layout -> Export as image -> salvo in .tif



## REFERENZE

- Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology/Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. *Hydrological Sciences Journal*, 24(1), 43-69.
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., ... & Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature communications*, 8(1), 1-13.
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., ... & Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental science & policy*, 54, 438-447.
- Pijl, A., Reuter, L.H.E., Quarella, E., Vogel, T.A., Tarolli, P. (2020). GIS-based soil erosion modelling under various steep-slope vineyard practices. *Catena*, 193, 104604, doi:10.1016/j.catena.2020.104604
- Pijl, A., Wang, W., Straffelini, E., Tarolli, P. (2022). Soil and water conservation in terraced and non-terraced cultivations - a massive comparison of 50 vineyards. *Land Degradation & Development*, doi:10.1002/ldr.4170
- Tarboton, D. G. (1997). A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water resources research*, 33(2), 309-319.
- Tarolli, P., Calligaro, S., Cazorzi, F., & Fontana, G. D. (2013). Recognition of surface flow processes influenced by roads and trails in mountain areas using high-resolution topography. *European Journal of Remote Sensing*, 46(1), 176-197.
- Tarolli, P. (2014). High-resolution topography for understanding Earth surface processes: Opportunities and challenges. *Geomorphology*, 216, 295-312.
- Tarolli, P., Sofia, G., Calligaro, S., Prosdocimi, M., Preti, F., Dalla Fontana, G. (2015). Vineyards in terraced landscapes: new opportunities from lidar data. *Land Degradation & Development*, 26, 92-102, doi:10.1002/ldr.2311
- Tarolli, P., Pijl, A., Cucchiario, S., Wei, W. (2021). Slope instabilities in steep cultivation systems: process classification and opportunities from remote sensing. *Land Degradation & Development*, 32, 1368-1388, 10.1002/ldr.3798

