



# Marmolada Glacier Melting Analysis

*Geographical Information Systems - Project Report*

Dario Mazza  
Luca Morelli

# Chi siamo



Dario Mazza  
[d.mazza6@studenti.unisa.it](mailto:d.mazza6@studenti.unisa.it)



Luca Morelli  
[l.morelli6@studenti.unisa.it](mailto:l.morelli6@studenti.unisa.it)

# Indice

01

Introduzione & Obiettivi

02

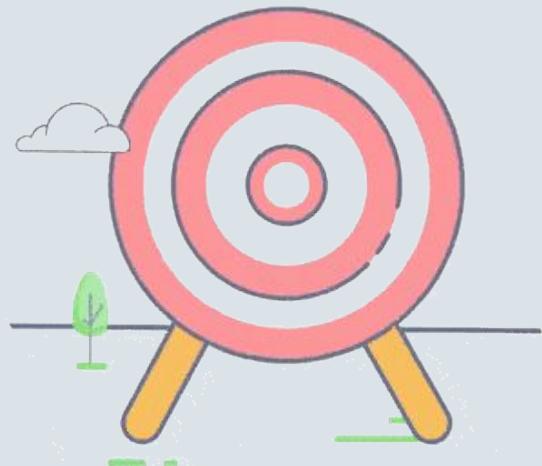
Materiali & Metodi

03

Analisi & Risultati

04

Conclusioni



01

## Introduzione & Obiettivi

Sono di seguito riportate l'introduzione e gli obiettivi di questo studio

# Introduzione



La lotta al cambiamento climatico come sfida ambientale globale



Ghiacciaio della Marmolada come caso di studio sensibile alle dinamiche climatiche.



# Obiettivi dello studio



Analizzare l'evoluzione dello scioglimento del ghiacciaio della Marmolada dal 1985 al 2020.



Utilizzare strumenti GIS per quantificare le variazioni della copertura nevosa e glaciale.



Esaminare le variazioni delle temperature medie annuali e somma delle precipitazioni oltre che le emissioni di CO<sub>2</sub> Annue



## Materiali & Metodi

Sono di seguito riportati tutti i materiali e i metodi usati per condurre questo studio

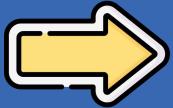


# Metodologia



## Google Earth Engine

Utilizzato per l'accesso e l'analisi delle immagini satellitari Landsat e l'estrazione di dati climatici (temperature medie annuali e precipitazioni medie annuali) utilizzando il dataset ERA5.

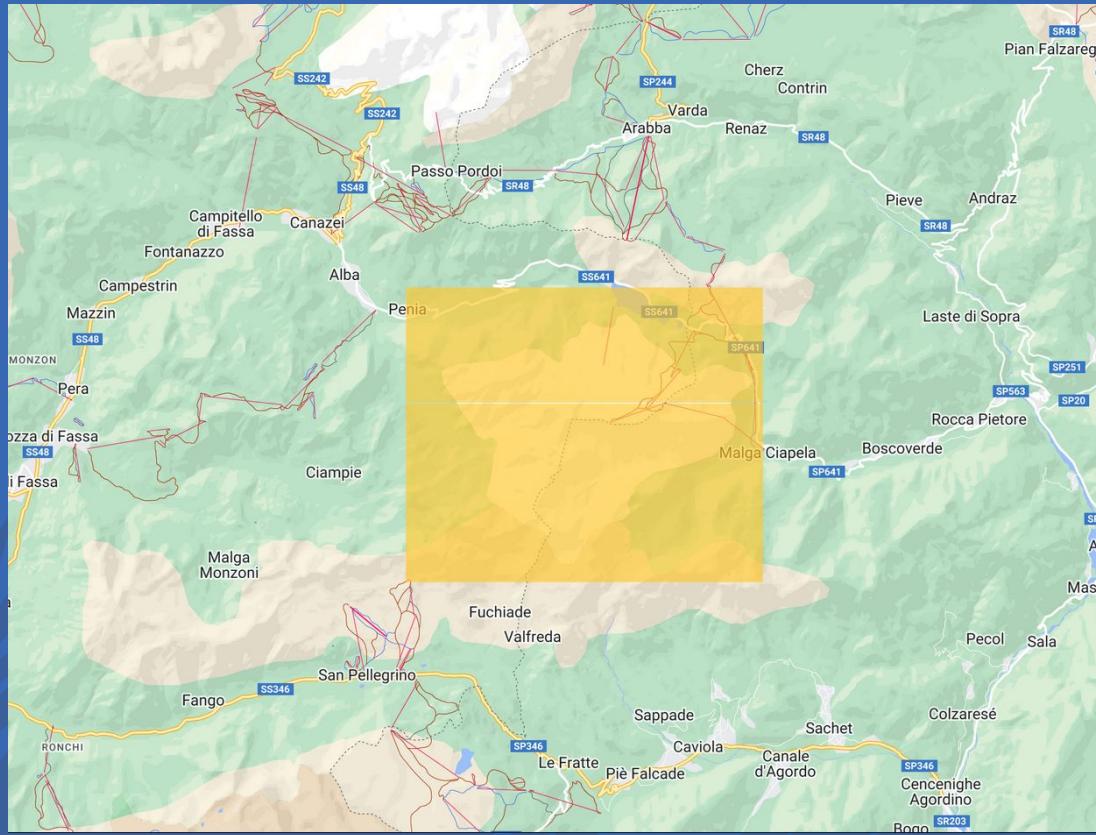
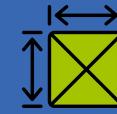


## QGIS

Impiegato per elaborare e visualizzare dati geospatiali, integrare e analizzare dati ottenuti da Google Earth Engine, importare il Modello Digitale di Elevazione (DEM), calcolare curve di livello, creare layer di ombreggiatura e sviluppare rappresentazioni 3D dell'area di interesse.



# GEE - Selezione dell'AOI





# GEE - Script Analisi Preliminare



```
GEE-script

var startDate1 = '1985-01-01';
var endDate1 = '1985-12-31';
var startDate2 = '2020-01-01';
var endDate2 = '2020-12-31';
function getAnnualTemp(year, aoi) {...}
function getAnnualPrecip(year, aoi) {...}
var landsat5 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LT05/C01/T1')
  .filterDate(startDate1, endDate1)
  .filterBounds(aoi)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 20))
  .median(); // Mediana per ridurre l'impatto delle nuvole.
var landsat8 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1')
  .filterDate(startDate2, endDate2)
  .filterBounds(aoi)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 20))
  .median();
var datasetTemp = ee.ImageCollection("ECMWF/ERA5/DAILY")
  .select('mean_2m_air_temperature');
var datasetPrecip = ee.ImageCollection("ECMWF/ERA5/DAILY")
  .select('total_precipitation');

var ndsi1985 = landsat5.normalizedDifference(['B2', 'B5']).rename('NDSI');
var ndsi2020 = landsat8.normalizedDifference(['B3', 'B6']).rename('NDSI');
// Maschera i dati fuori dall'AOI
var maskedNDSDI1985 = ndsi1985.updateMask(ndsi1985.gt(0).and(ndsi1985.clip(aoi)));
var maskedNDSDI2020 = ndsi2020.updateMask(ndsi2020.gt(0).and(ndsi2020.clip(aoi)));
// Calcola la differenza di NDSI dopo aver mascherato e tagliato i dati
var maskedDifference = maskedNDSDI2020.subtract(maskedNDSDI1985);
// Aggiunge il layer mascherato al Map canvas.
Map.addLayer(maskedNDSDI1985, {min: 0, max: 1, palette: ['white', 'blue']}, 'NDSI 1985');
Map.addLayer(maskedNDSDI2020, {min: 0, max: 1, palette: ['white', 'blue']}, 'NDSI 2020');
// Visualizza la differenza di NDSI mascherata come una mappa di calore.
Map.addLayer(maskedDifference, {min: -0.5, max: 0.5, palette: ['ff0000', '0000ff']}, 'Differenza di NDSI');
// Stampa i risultati in console
...
```



NSDI



$$NDSI = \frac{(\text{Banda Verde} - \text{Banda SWIR})}{(\text{Banda Verde} + \text{Banda SWIR})}$$



# GEE - Script "gee2qgis"



```
● ● ● gee2qgis
// Dataset ECMWF/ERA5/DAILY per temperatura e precipitazioni
var datasetTemp = ee.ImageCollection("ECMWF/ERA5/DAILY").select('mean_2m_air_temperature');
var datasetPrecip = ee.ImageCollection("ECMWF/ERA5/DAILY").select('total_precipitation');

// Funzione per calcolare NDSI per un dato anno
function calculateNDSI(year) {...}

// Funzione per calcolare la temperatura media e le precipitazioni totali annuali
function getClimateData(year) {...}

// Lista per raccogliere le feature per ogni anno
var yearlyData = ee.List([]);

// Loop attraverso gli anni
for (var year = 1985; year <= 2020; year++) {
  var ndsi = calculateNDSI(year); // Calcola NDSI
  var climateData = getClimateData(year); // Ottieni dati climatici

  // Crea un ee.Feature per l'anno corrente con i dati climatici
  var feature = ee.Feature(null, {
    'year': year,
    'mean_temperature_celsius': climateData.temperature,
    'total_precipitation_mm': climateData.precipitation
  });

  // Aggiungi la feature alla lista
  yearlyData = yearlyData.add(feature);

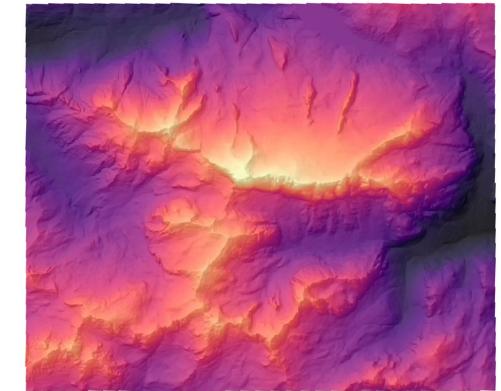
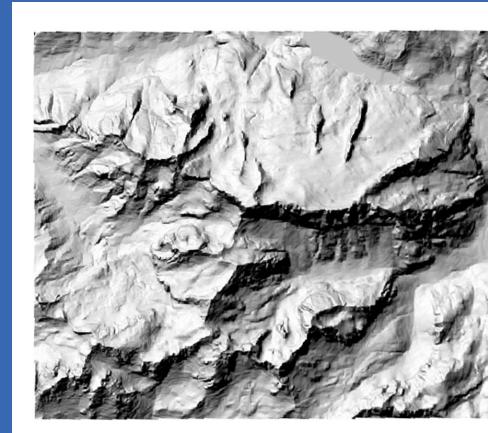
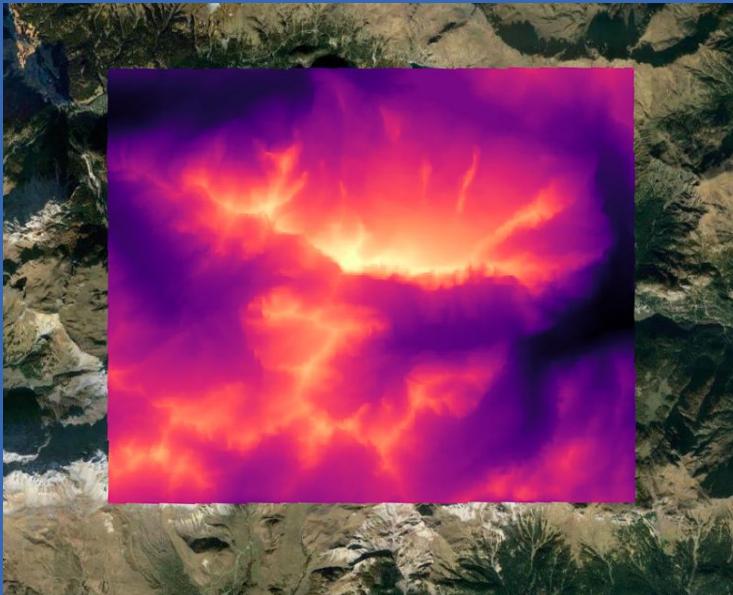
  // Esporta NDSI come immagine
  Export.image.toDrive({
    image: ndsi,
    description: 'NDSI_' + year,
    scale: 30,
    region: aoi,
    fileFormat: 'GeoTIFF',
    folder: 'NDSI_Images'
  });
}

// Crea un FeatureCollection dalla lista delle feature
var yearlyDataCollection = ee.FeatureCollection(yearlyData);

// Esporta il FeatureCollection come CSV per i dati climatici
Export.table.toDrive({
  collection: yearlyDataCollection,
  description: 'Climate_Data_1985_to_2020',
  fileFormat: 'CSV',
  folder: 'GEE_Exports',
  fileNamePrefix: 'Climate_Data_1985_2020'
});
```

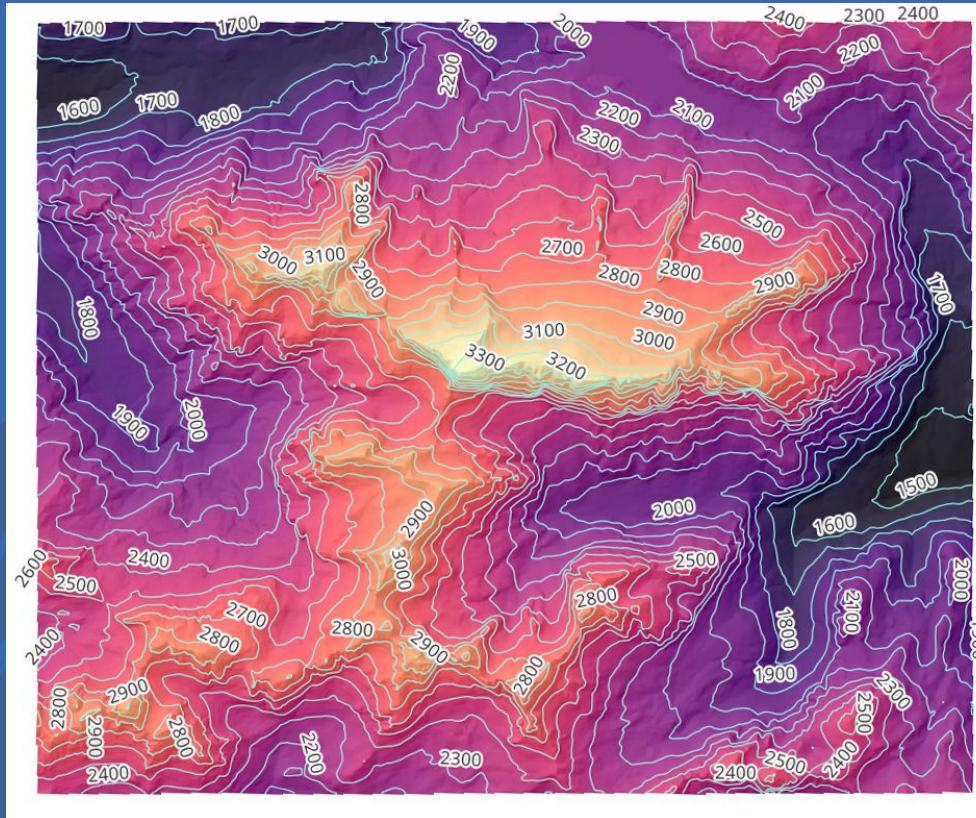


# QGIS - DEM



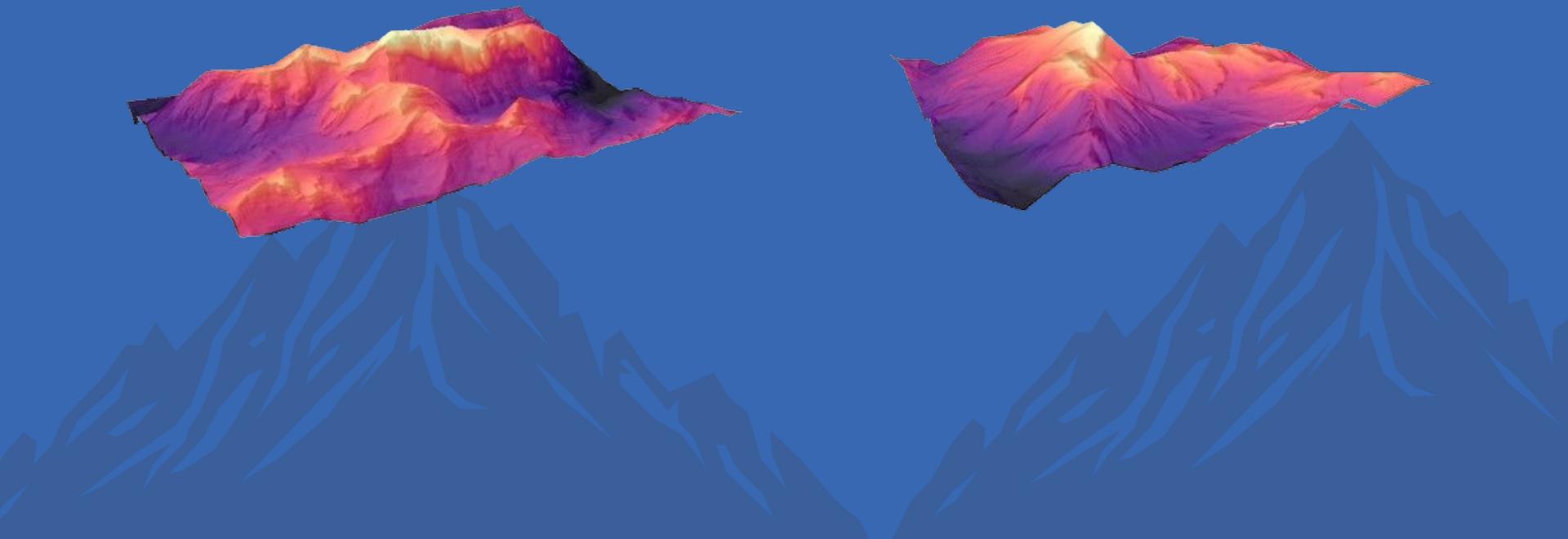


# QGIS - Curve di Livello



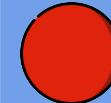
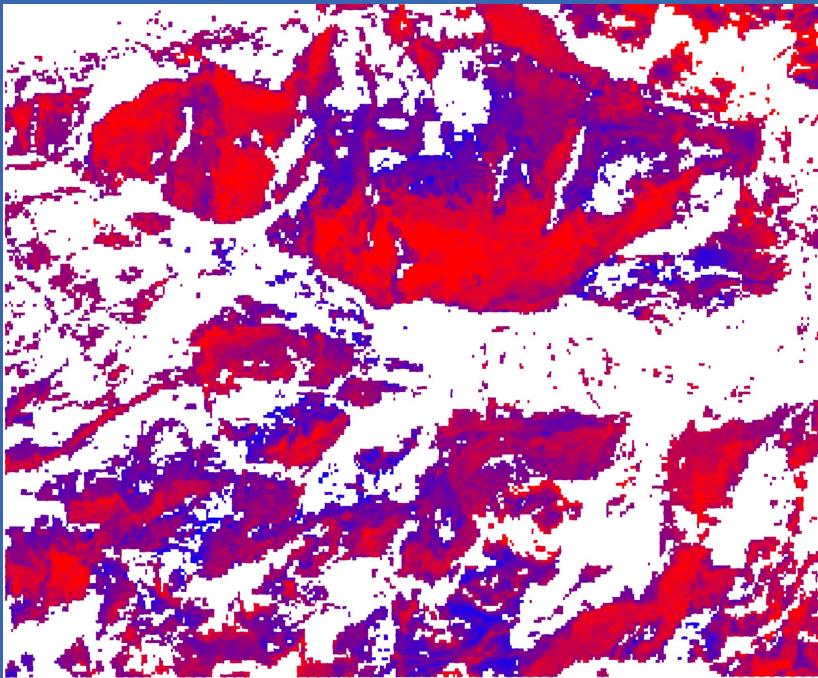


# QGIS - Mappa 3D





# QGIS - Differenza tra 1985 vs 2020



Zone dove il ghiaccio e neve sono  
**diminuiti** nel 2020 rispetto al 1985



Zone dove il ghiaccio e neve sono  
aumentati nel 2020 rispetto al 1985



# QGIS - Animazione

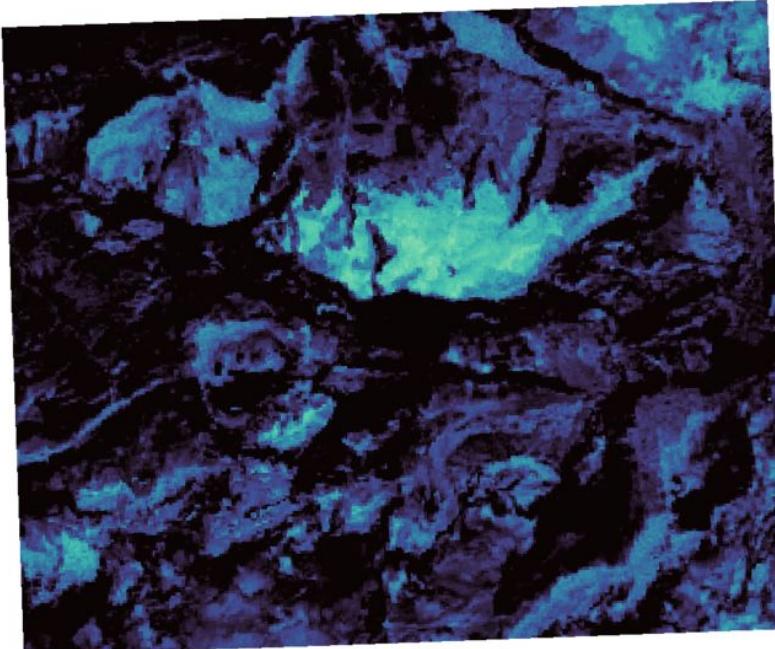


Anno: 1985

Temperatura Media: 2.7303 °C

Precipitazioni Medie: 1041.18 mm

Emissioni CO<sub>2</sub>: 368982400.0 t





03

## Analisi & Risultati

Sono di seguito riportate le analisi condotte ed i risultati ottenuti

# Cambiamenti morfologici



## Frammentazione del ghiacciaio

L'andamento ascendente del riscaldamento globale ha portato ad una frammentazione del ghiacciaio in tre parti distinte

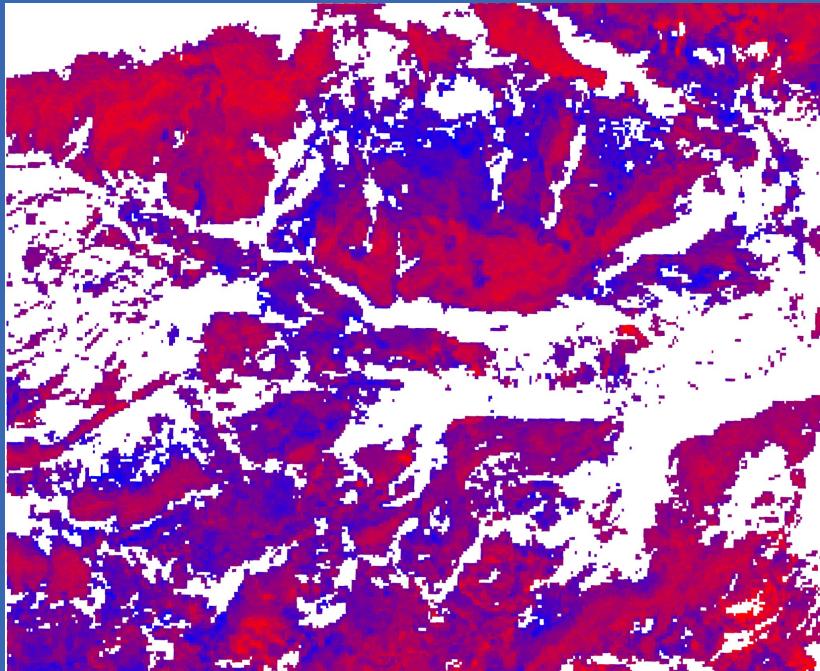


## Accumulo di neve in zone specifiche

La nuova morfologia del ghiacciaio permette accumuli localizzati di neve, ma il ghiacciaio continua a sciogliersi globalmente.



# Andamento Generale 2004 vs 2014



22%

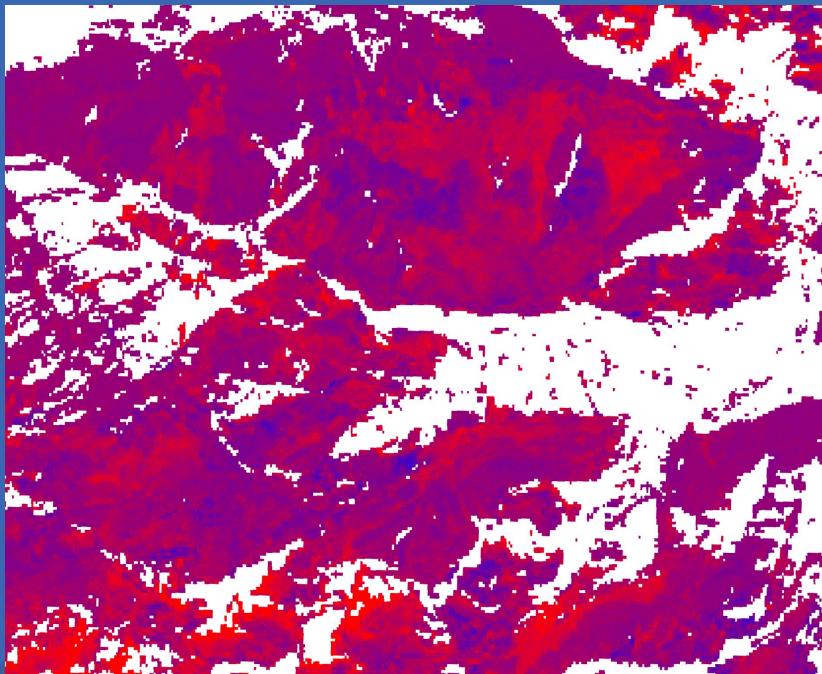
Area coperta da ghiaccio

30%

Volume complessivo del  
ghiacciaio



# Andamento Generale 2014 vs 2020



## Processo di scioglimento

Seppur gli inverni 2008-2009 e 2013-2014 abbiano bilanciato per qualche anno la perdita di neve, il trend è ascendente anche per la Marmolada



## Marmolada & Anomalie

La Marmolada sembra registrare un andamento anomalo, in quanto l'andamento è sì ascendente ma più lento



# Fattori Esterni & Considerazioni



Temperatura



Precipitazioni



Gas serra



Andamento  
ascendente



Nessun pattern  
identificato



Andamento Globale  
ascendente



# 04

## Conclusioni

Sono di seguito riportate le conclusioni di tale studio



# Cosa ci rimane da fare

ACTION

Agire prima che sia troppo tardi



Necessaria una risposta globale  
e non locale



Adottare strategie per la  
mitigazione del cambiamento  
climatico



# Grazie per l'attenzione

