



# Analisi dati sismici nella caldera dei Campi Flegrei con Self-Organizing Map (SOM) e Multiscale Entropy (MSE)

**Speaker:** Alberico Grimaldi  
*Master's degree in physics at University of Salerno, Italy*  
[a.grimaldi119@studenti.unisa.it](mailto:a.grimaldi119@studenti.unisa.it)



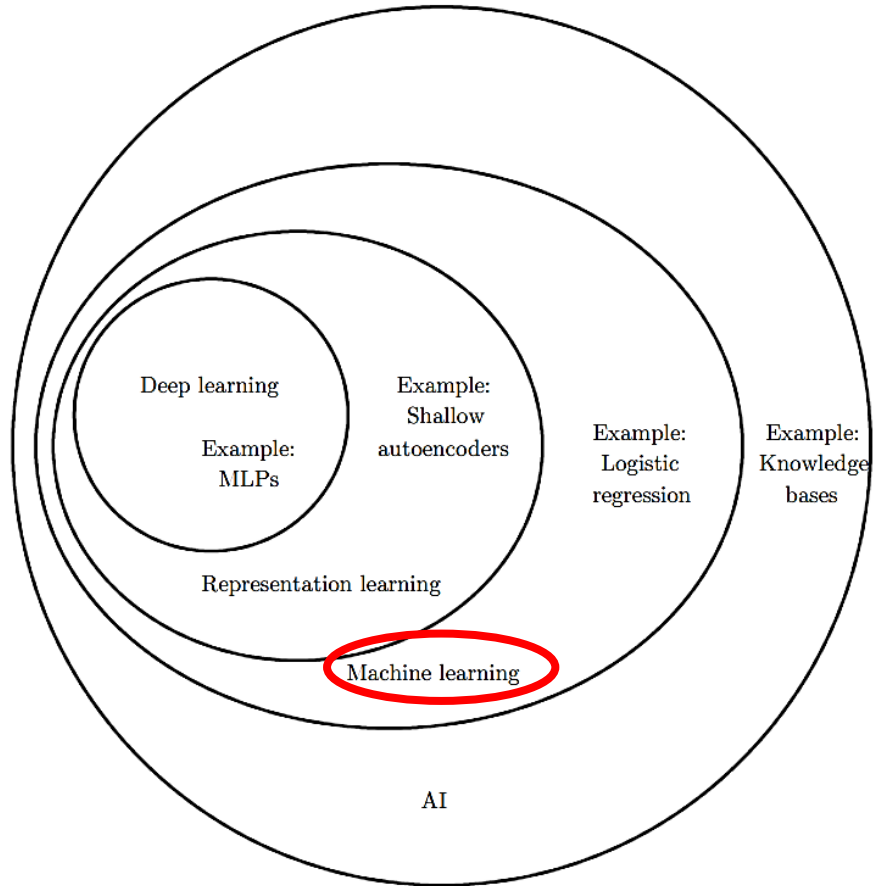
**Obiettivo:** studiare un Dataset sismico registrato presso Pisciarelli (NA) utilizzando la tecnica della Self-Organizing Map (SOM).

Il dataset in esame è costituito da tre mesi di registrazione in continua presso la stazione V0102 nell'area di Pisciarelli (NA).

I segnali sismici verranno processati e codificati tramite il metodo della Multiscale Entropy (MSE).

I risultati ottenuti mostrano che l'unione dei due algoritmi produce un clustering efficace degli eventi sismici, permettendo inoltre di osservare nuovi pattern, associabili alla risposta dei segnali a fenomeni esterni.

# Machine Learning (ML)

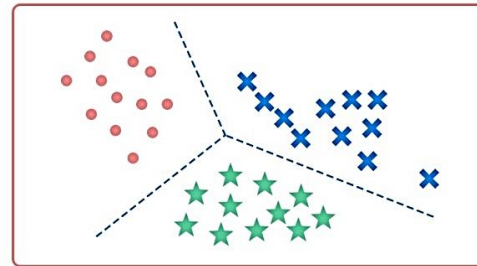


**Branca dell'Intelligenza Artificiale (AI) che si occupa di creare sistemi che apprendono o migliorano le performance in base ai dati che utilizzano.**

# Supervised vs Unsupervised Learning

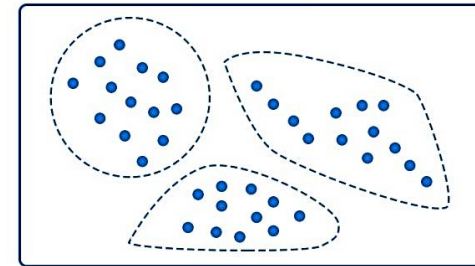
Il ML può essere suddiviso in diverse categorie in base al tipo di apprendimento:

**Apprendimento supervisionato**



Supervised learning

L'algoritmo impara da un set di dati costituito da coppie input-output (impara tramite feedback)



Unsupervised learning

La chiave dell'apprendimento è nella ridondanza dei dati di input

**Apprendimento non supervisionato**

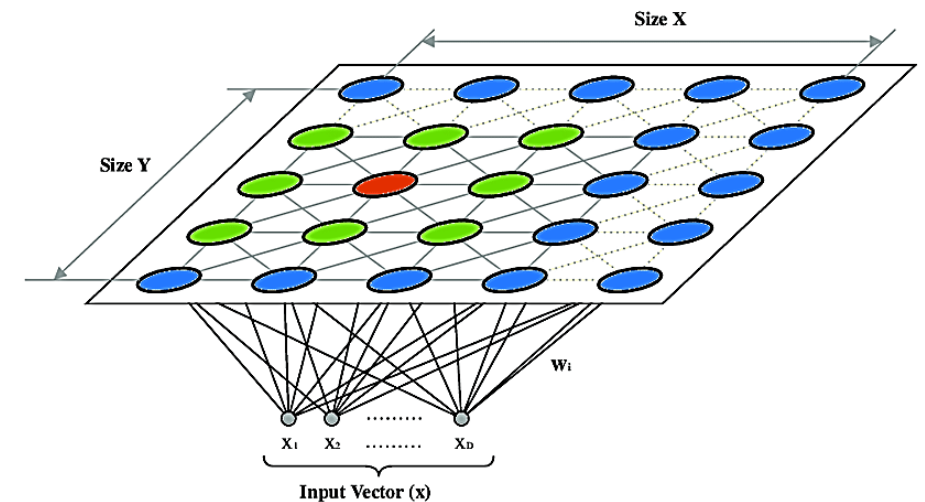
L'algoritmo impara da un set di dati di input allo scopo di trovare autonomamente dei pattern tra essi (impara senza feedback)

# Self-Organizing-Map (SOM)

Tecnica di analisi dati automatica e non supervisionata, applicata a problemi di clustering e all'esplorazione dei dati.

Rappresenta una distribuzione di dati di input usando un set finito di prototipi. Ogni nodo della mappa SOM corrisponde ad un prototipo.

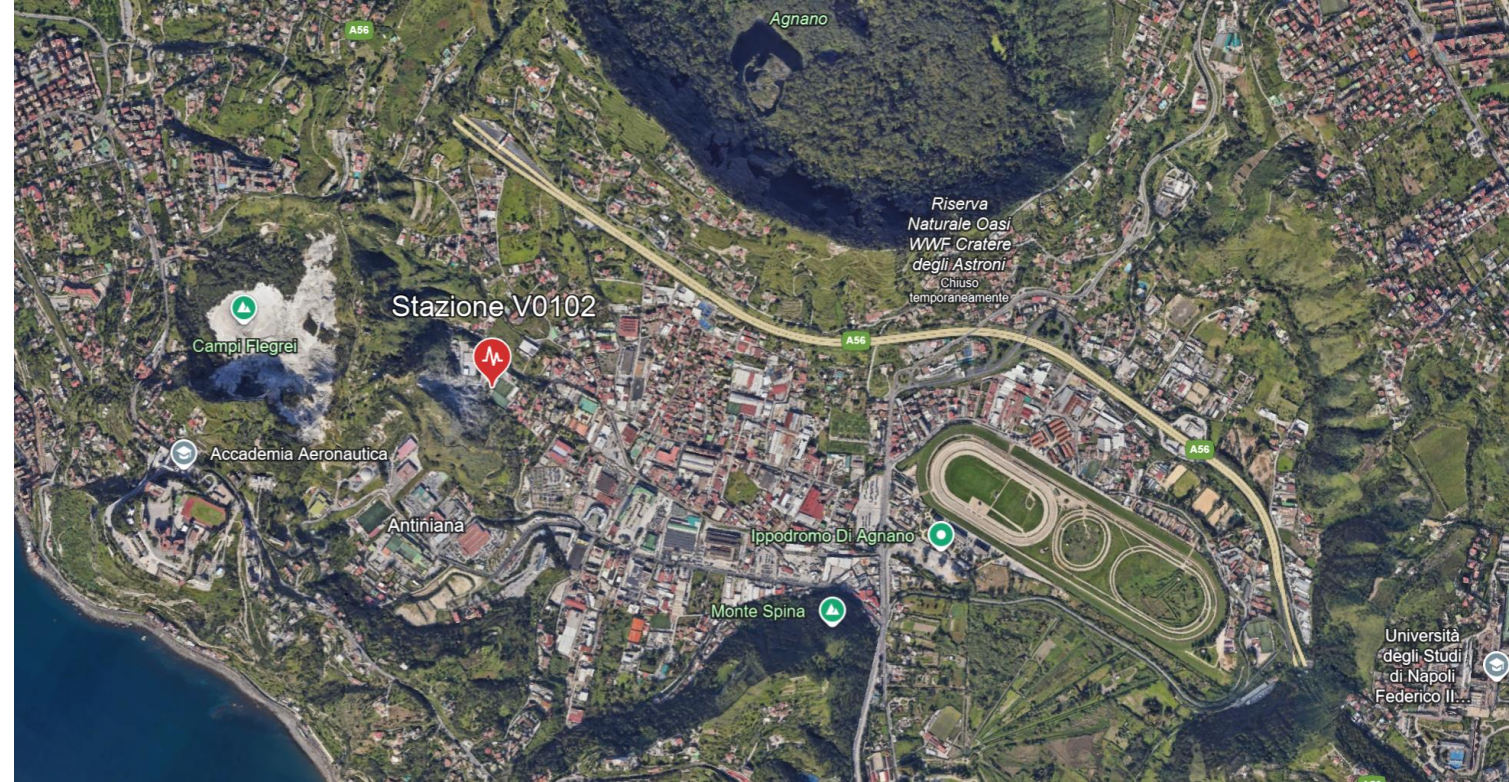
Prototipi simili sono associati a nodi adiacenti della mappa SOM, prototipi meno simili sono gradualmente distanziati.



# Stazione V0102 nell'area di Pisciarelli ai Campi Flegrei



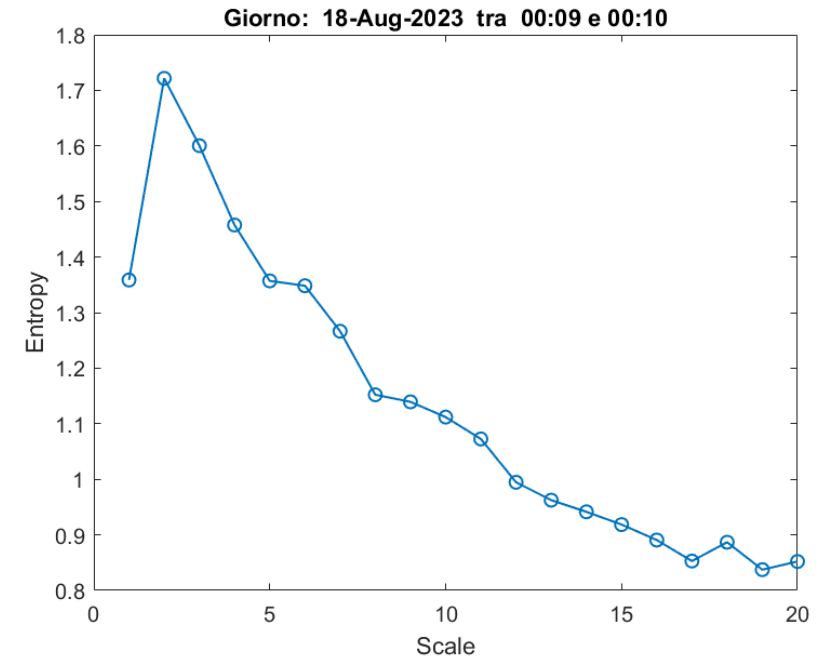
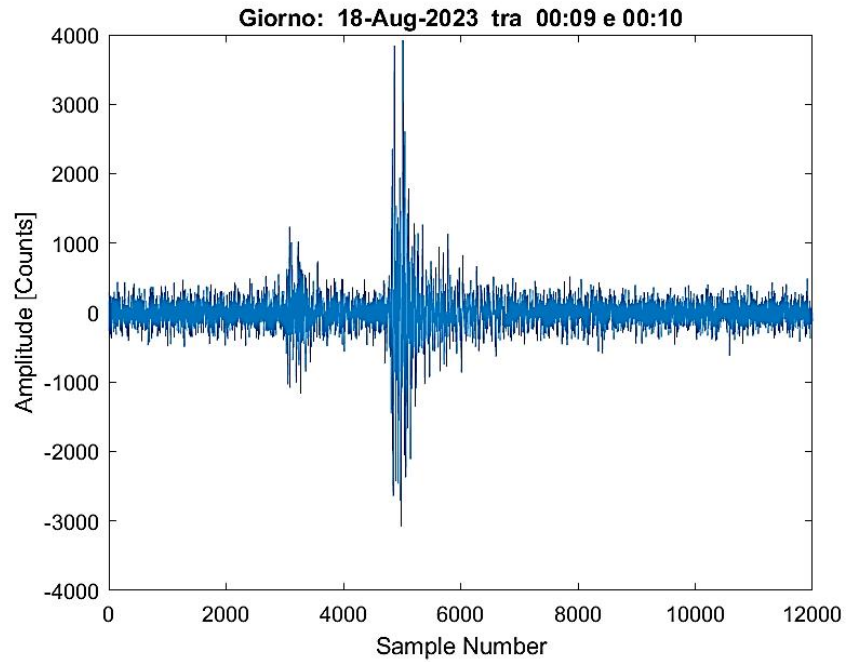
Dati concessi da INGV-OV



La stazione V0102 è posizionata nell'area di Pisciarelli, ai Campi Flegrei. Si tratta di una stazione temporanea i cui segnali sono campionati a 200 sps.

Il Dataset in esame è costituito dalle tracce sismiche registrate in continua tra il 20 Luglio 2023 ed il 12 Novembre 2023, divise in finestre da 1 minuto (per un totale di 12000 samples per ogni traccia).

# Feature Extraction

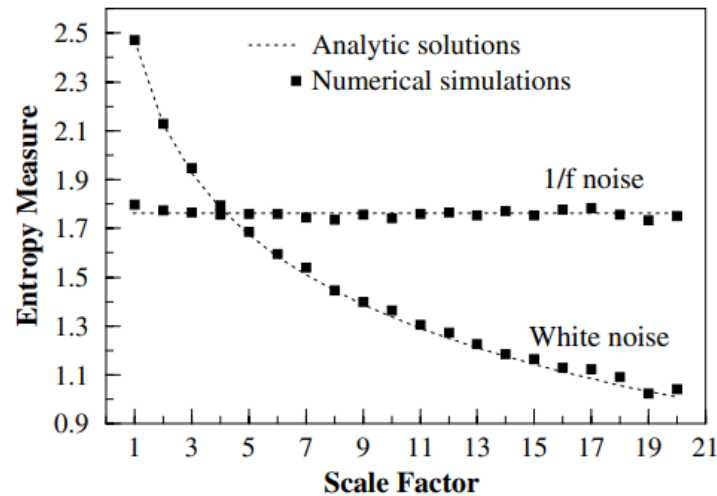


**Traccia sismica**

**Feature  
Extraction**

**Traccia  
pre-processata**

# Multi-scale Entropy



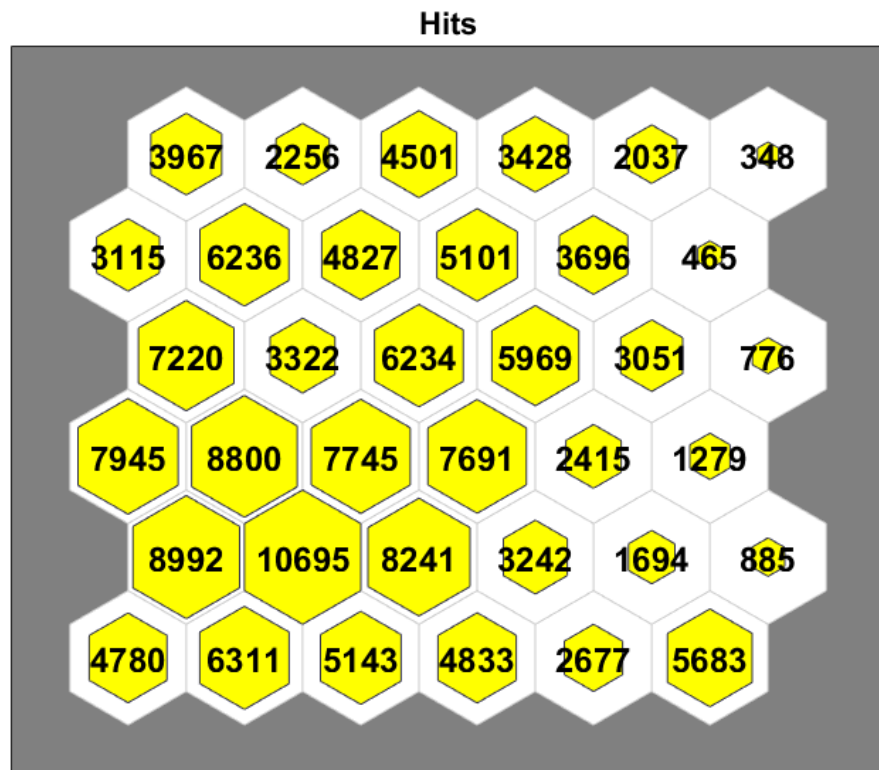
Per ogni serie temporale a grana grossa, si calcola una misura di entropia ( $S_E$ ), e questi valori vengono poi tracciati come funzione del fattore di scala  $\tau$

In formule:

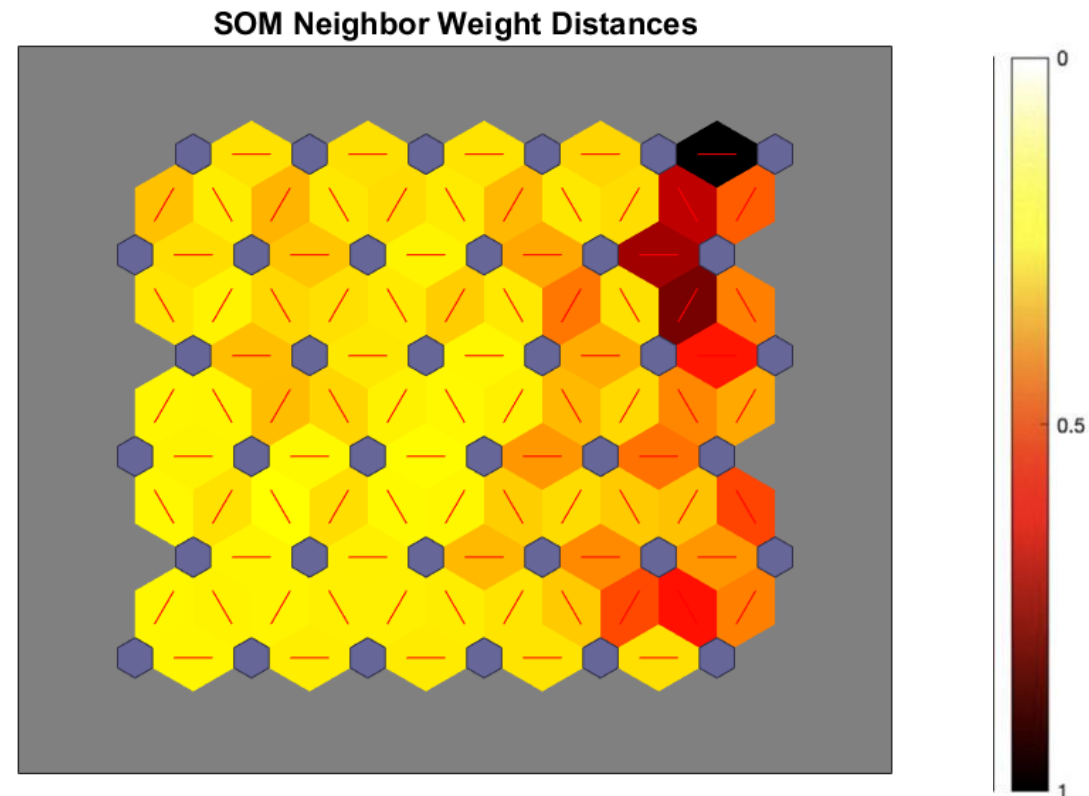
$$y_j^{(\tau)} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=(j-1)\tau+1}^{j\tau} x_i \quad 1 \leq j \leq N/\tau$$

$$S_E(m, r, N) = -\ln \frac{U^{m+1}(r)}{U^m(r)}$$

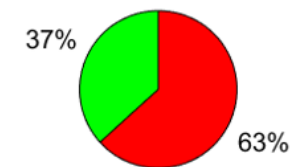
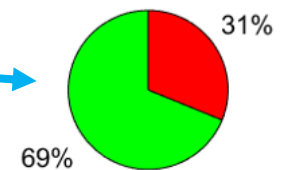
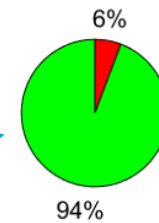
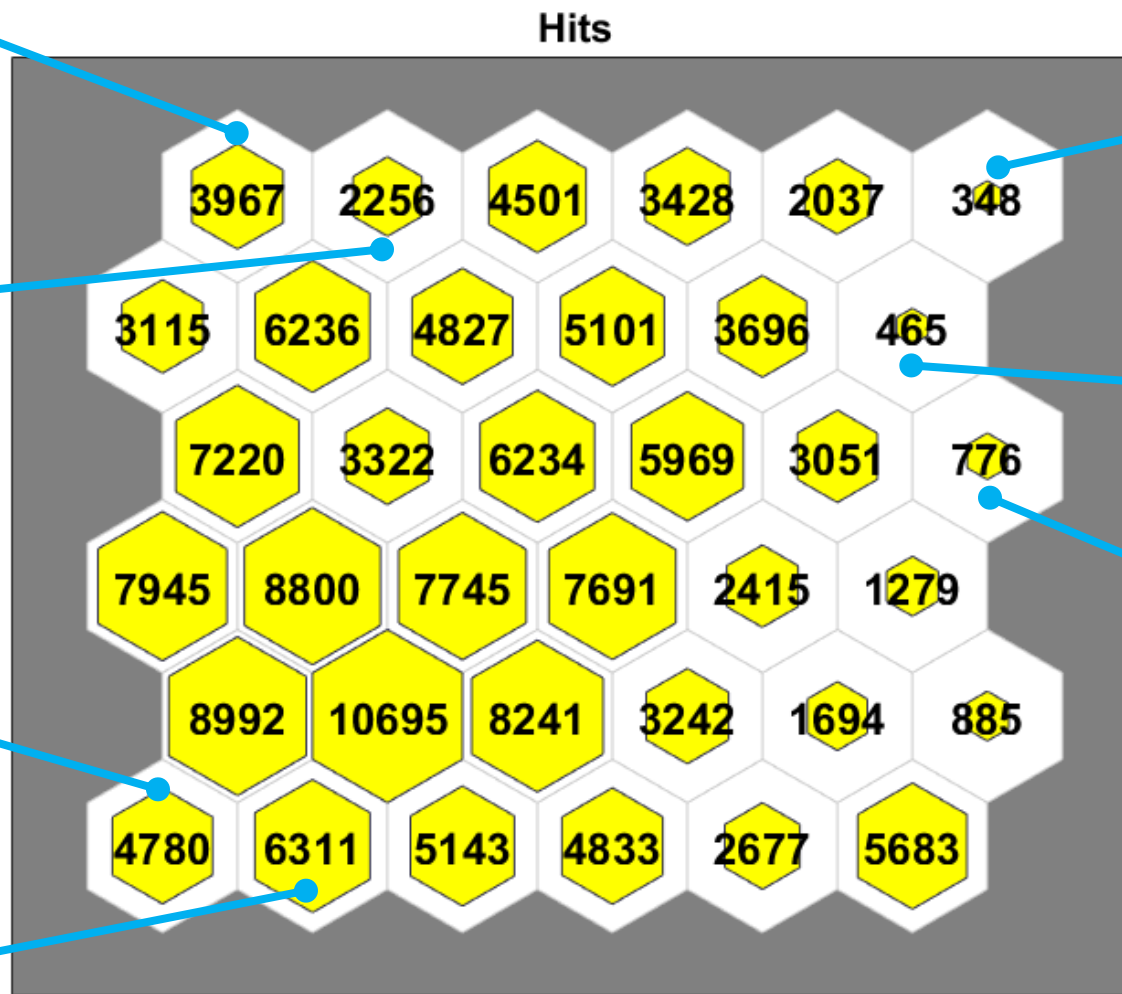
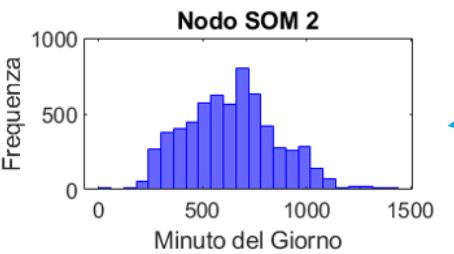
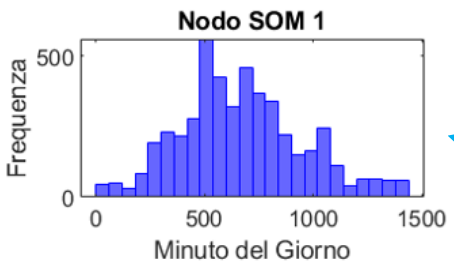
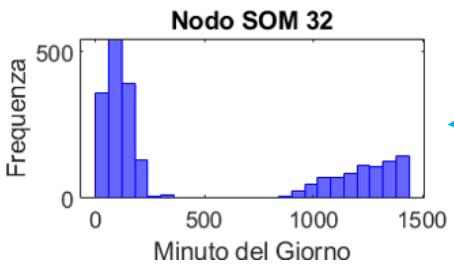
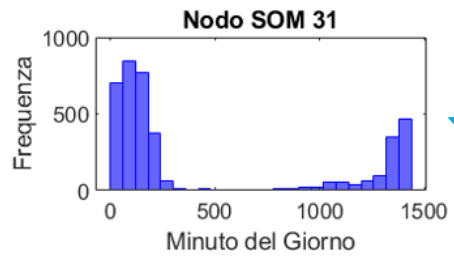
# Addestramento Mappa SOM



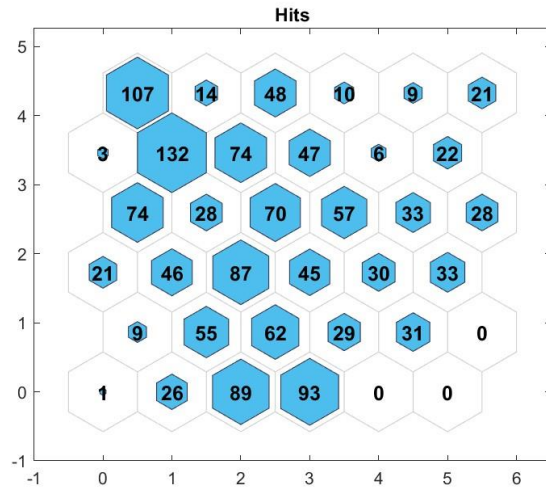
Numero di tracce associate ad ogni nodo



Distanze euclidee tra i prototipi dei nodi

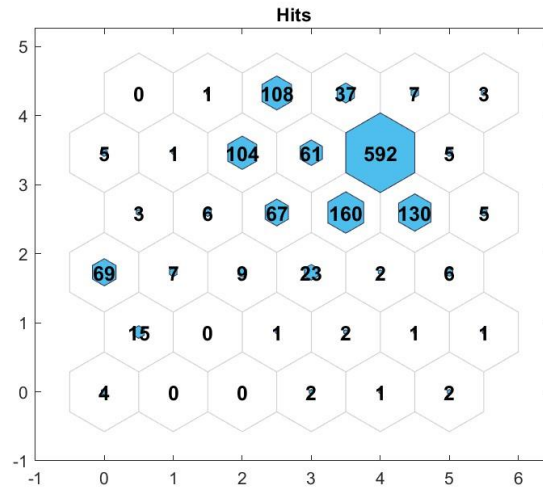


# Tracce di alcuni giorni proiettate sulla Mappa SOM



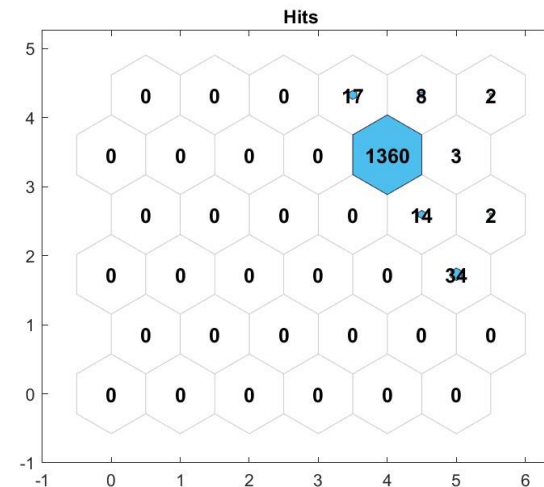
20 Settembre

$$I = 0,10$$



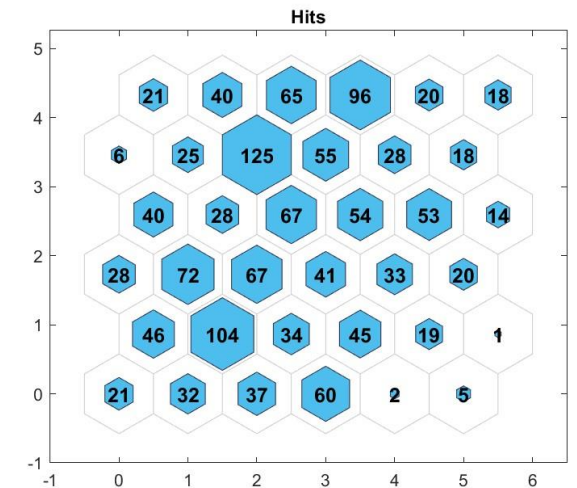
22 Settembre

$$I = 0,50$$



24 Settembre

$$I = 0,96$$



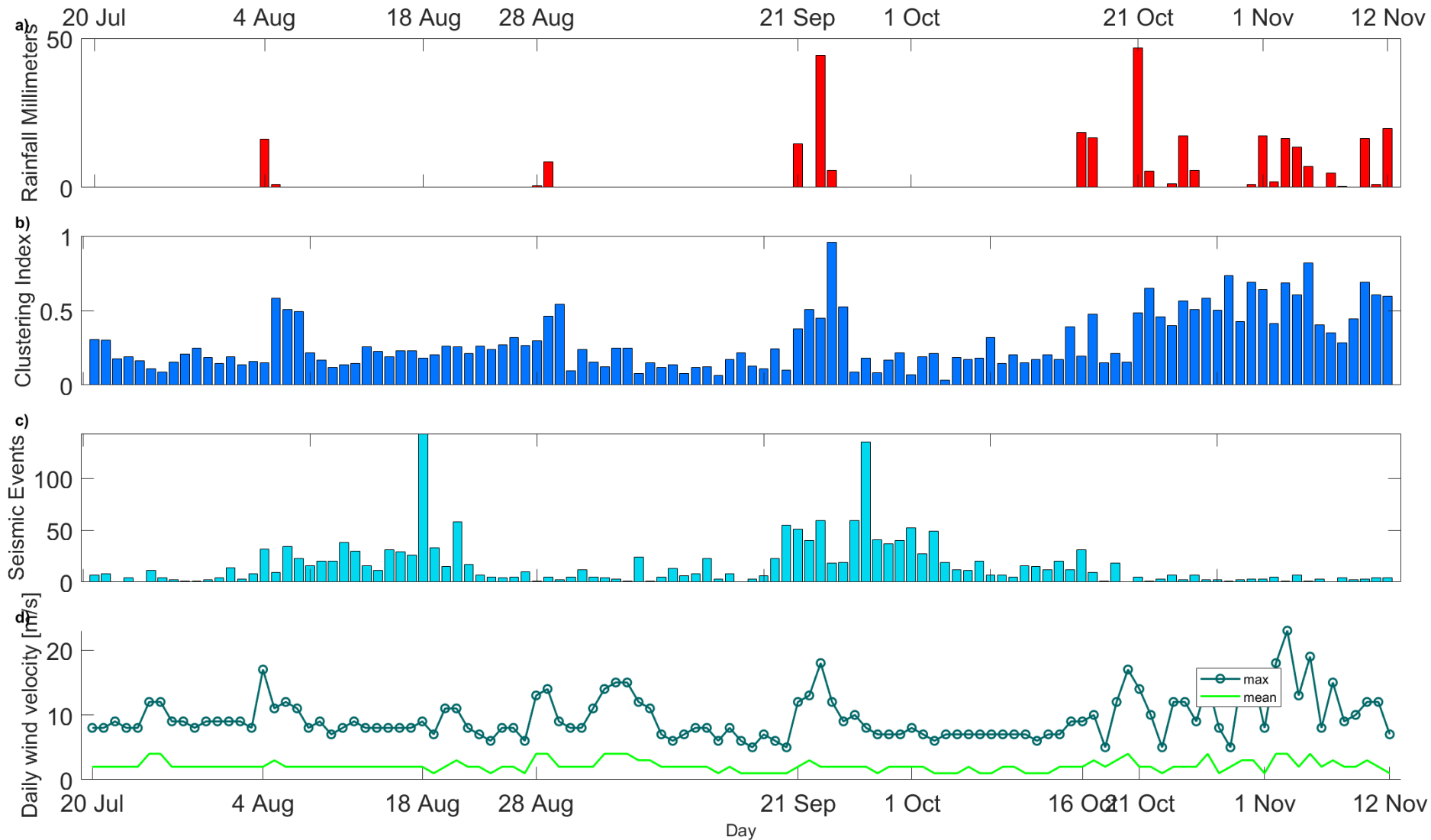
26 Settembre

$$I = 0,08$$

**Indice di clusterizzazione:** misura introdotta in questo lavoro per quantificare il grado di clusterizzazione delle tracce nella mappa SOM

# Confronto tra mm di pioggia, clustering e sismicità

Dati dell'Osservatorio  
Meteorologico San  
Marcellino



Millimetri di  
pioggia

Indice di  
clusterizzazione

Eventi sismici  
(catalogati) al  
giorno

Velocità del  
vento in m/s

# Risultati e conclusioni

SOM per l'esplorazione e l'analisi di un dataset, scoprendo pattern nascosti tra i dati

Risultati interessanti per lo sviluppo di una tecnica di monitoraggio sismico e vulcanico

La Multiscale Entropy si propone come feature promettente per successive analisi automatiche di tipo non supervisionato applicato a tracce sismiche

Sviluppi futuri:  
Apprendimento non supervisionato su dati acustici  
Studio delle variazioni di flusso di  $CO_2$

The background features a pattern of light blue hexagons with dark blue outlines. The hexagons are arranged in a honeycomb-like structure, with some clusters and some individual hexagons scattered across the white background. The word "GRAZIE" is centered in the middle of the image.

**GRAZIE**