

INDICATORI DI CENTRALITÀ DELLE RETI INFRASTRUTTURALI DI TRASPORTO

NEW ECONOMIC REGULATION FOR TRANSPORT IN CASE OF EMERGENCY
EVENTS



*Progetto finanziato dall'Unione Europea attraverso il Programma di sostegno alle riforme strutturali
e realizzato da CIELI - UniGe in collaborazione con la Commissione Europea*



COMUNE DI GENOVA

INTRODUZIONE

Strade, autostrade e ferrovie formano un sistema di reti i cui nodi sono rappresentati dai caselli di entrata o dalle stazioni ferroviarie.

I network si intersecano gli uni con gli altri e di conseguenza esistono alcuni nodi tramite i quali si può passare da un network all'altro.



COMPLEX NETWORK THEORY

INTRODUZIONE

Il primo obiettivo dell'analisi è definire le caratteristiche dei network di nostro interesse

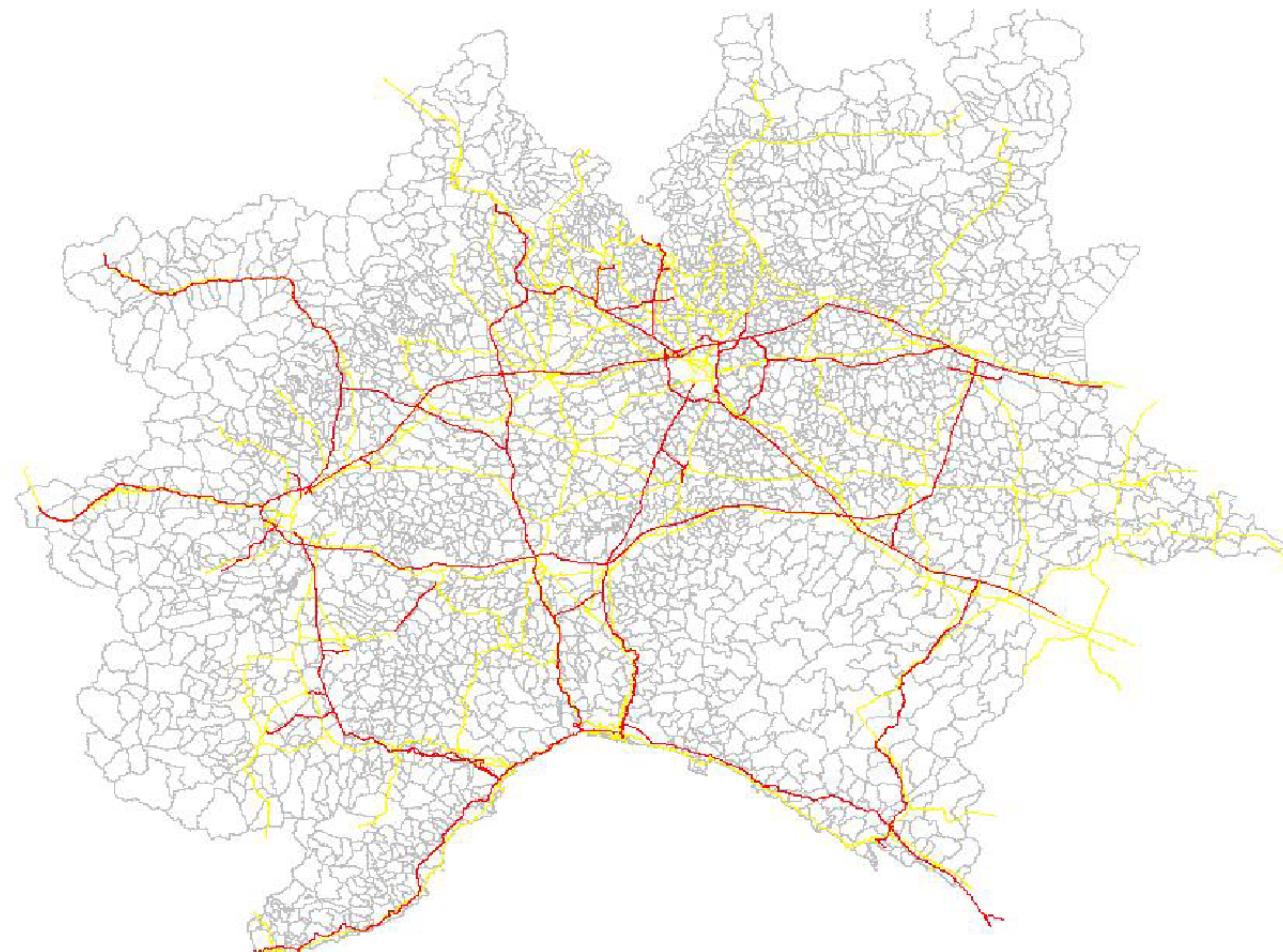
Una volta definiti gli indicatori chiave per comprendere la struttura dei network, l'obiettivo diventa quello di analizzare le reti in modo congiunto, ossia studiare le possibili congiunzioni per passare da uno all'altro → **network multimodale**

ANALISI:

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente

ANALISI:

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente



La rete di interesse per il progetto si riferisce:

1. alla rete autostradale
(in **rosso**)
2. Alla rete ferroviaria (in **giallo**)

del Nord-Ovest.

ANALISI:

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente

Rete autostradale

- ❖ Network autostrade $\text{Graph}_h = (V_h, E_h)$:
- ❖ Grafo simmetrico → archi non direzionali
- ❖ Nodi = entrate/uscite autostradali → $|V_h| = 25$
- ❖ Link = autostrade esistenti tra due nodi → $|E_h| = 35$ prima del crollo 34 dopo il crollo del ponte Morandi
- ❖ Pesi → w_1 = distanza in km w_2 = valore dei veicoli teorici giornalieri



Prima e dopo il crollo del ponte
Morandi



In 4 periodi
Primo e terzo trimestere del 2018
E primo e secondo trimestere del 2019
Per due tipi di veicoli: sia leggeri sia pesanti
Fonte: AISCAT

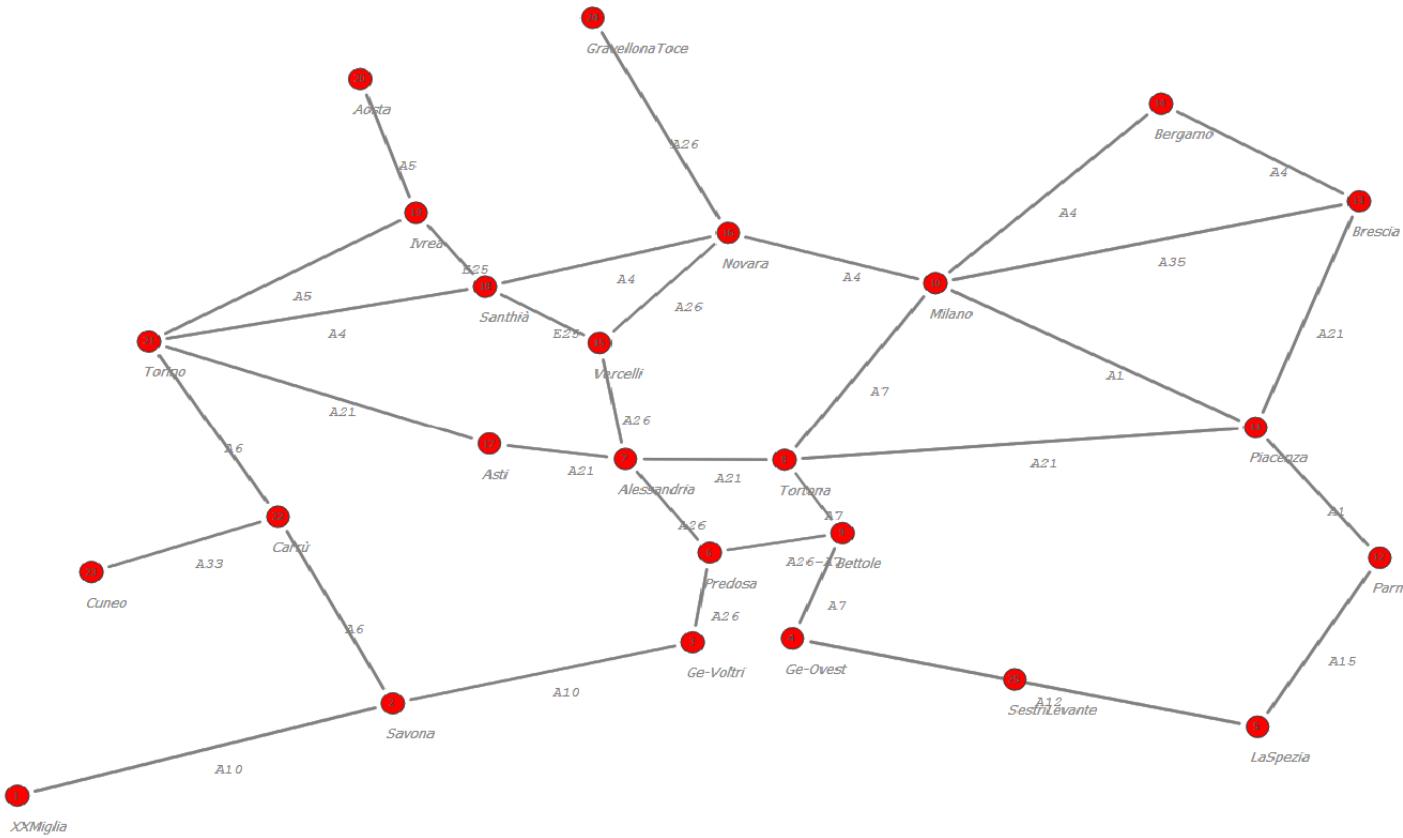
Rete ferroviaria

- ❖ Network ferrovie $\textbf{\textit{Graph}}_r = (V_r, E_r)$:
- ❖ Grafo asimmetrico → archi direzionali
- ❖ Nodi = stazioni ferroviarie → $|V_r| = 195$
- ❖ Link = ferrovie esistenti tra due nodi (fondamentali, complementari, nodo e AV) → $|E_r| = 469$
- ❖ Pesi → w_1 = distanza in km w_2 = livello di saturazione della rete

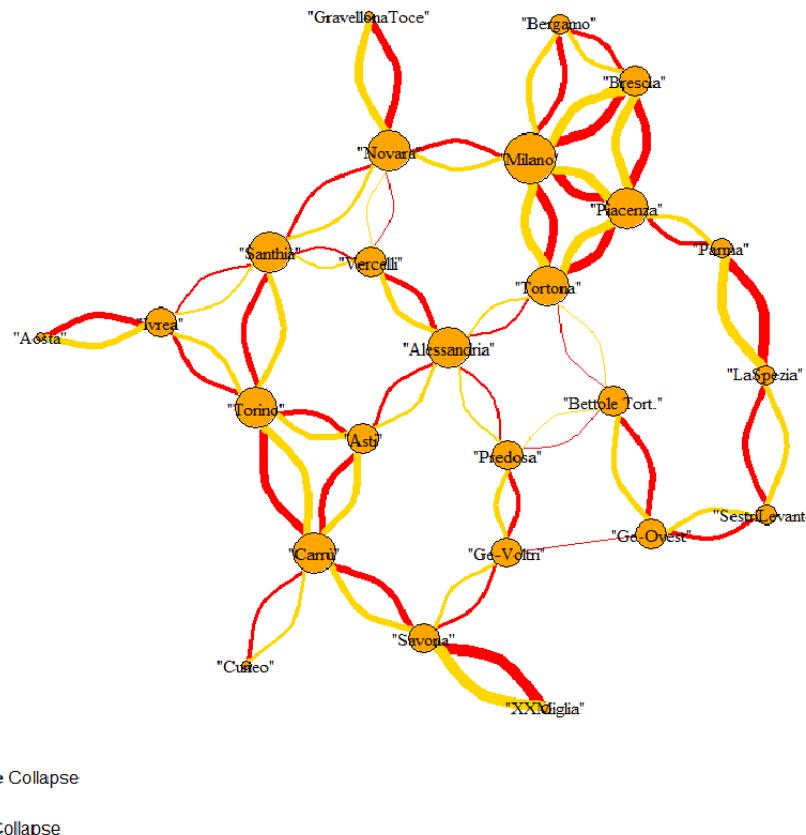
ANALISI:

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente

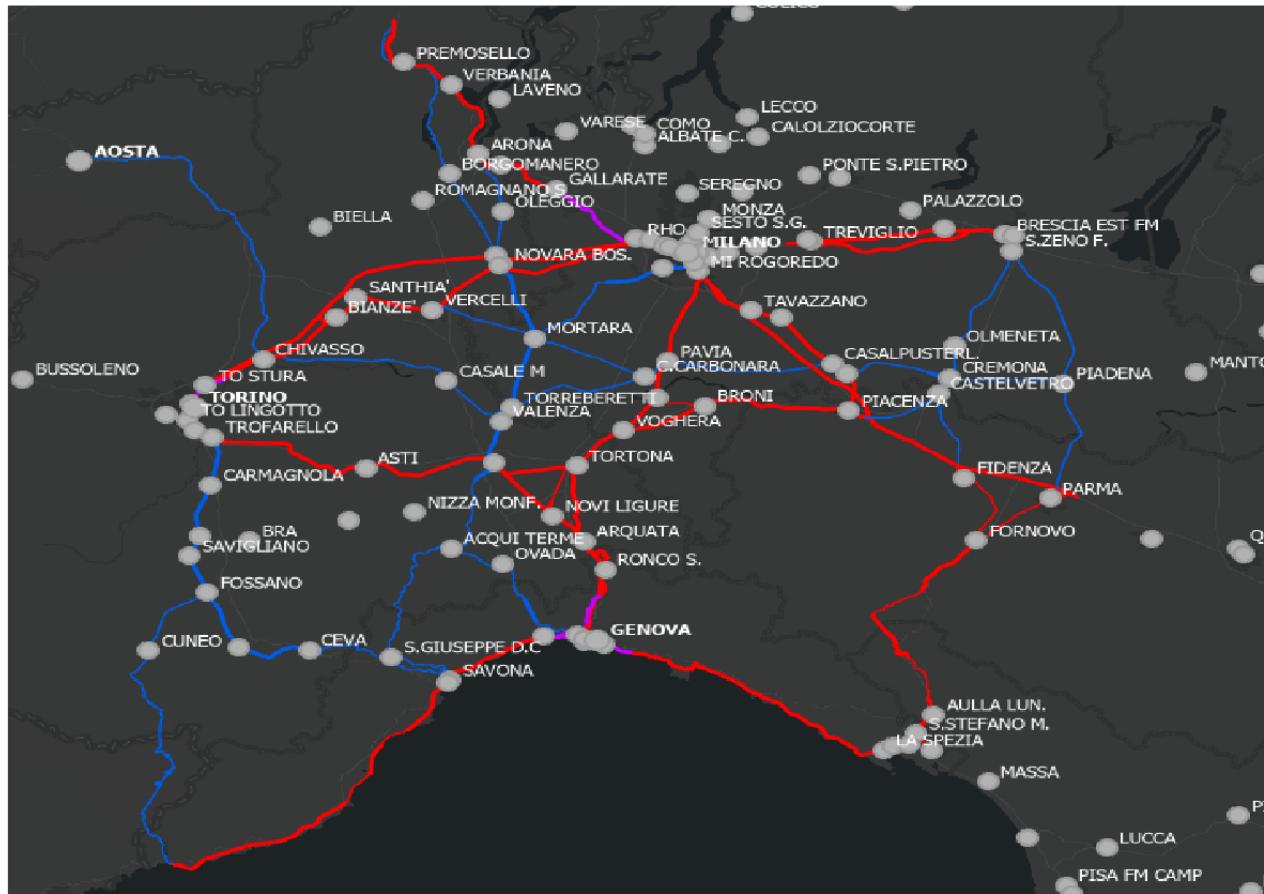
Rete autostradale



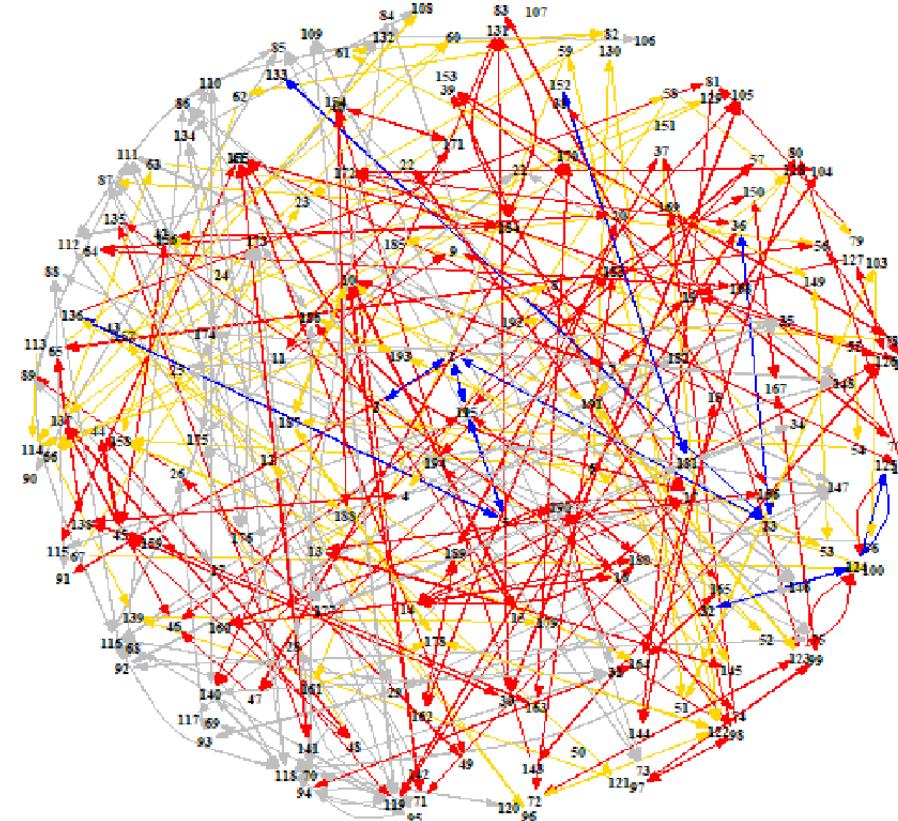
Rete autostradale



Rete ferroviaria



Rete ferroviaria



ANALISI:

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente

INDICATORI DELLA RETE

❖ CENTRALITÀ DEI NODI

DEGREE

STRENGTH

VERTEX BETWEENNESS CENTRALITY

CLOSENESS CENTRALITY

EIGENVECTOR CENTRALITY SCORE

❖ PROPRIETÀ DELLA RETE

DIAMETER

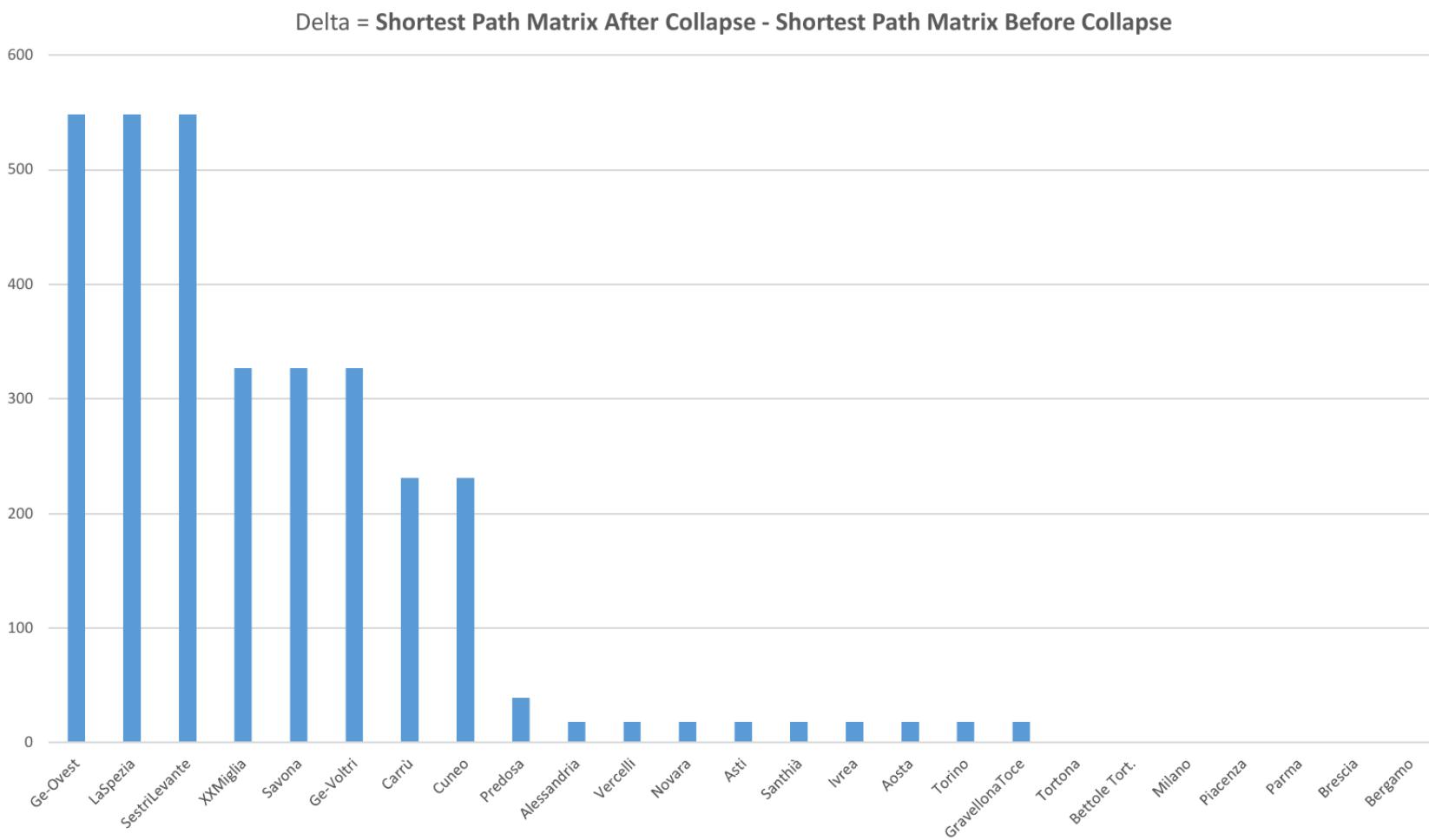
SHORTEST PATH MATRIX

EDGE DENSITY

TRANSITIVITY

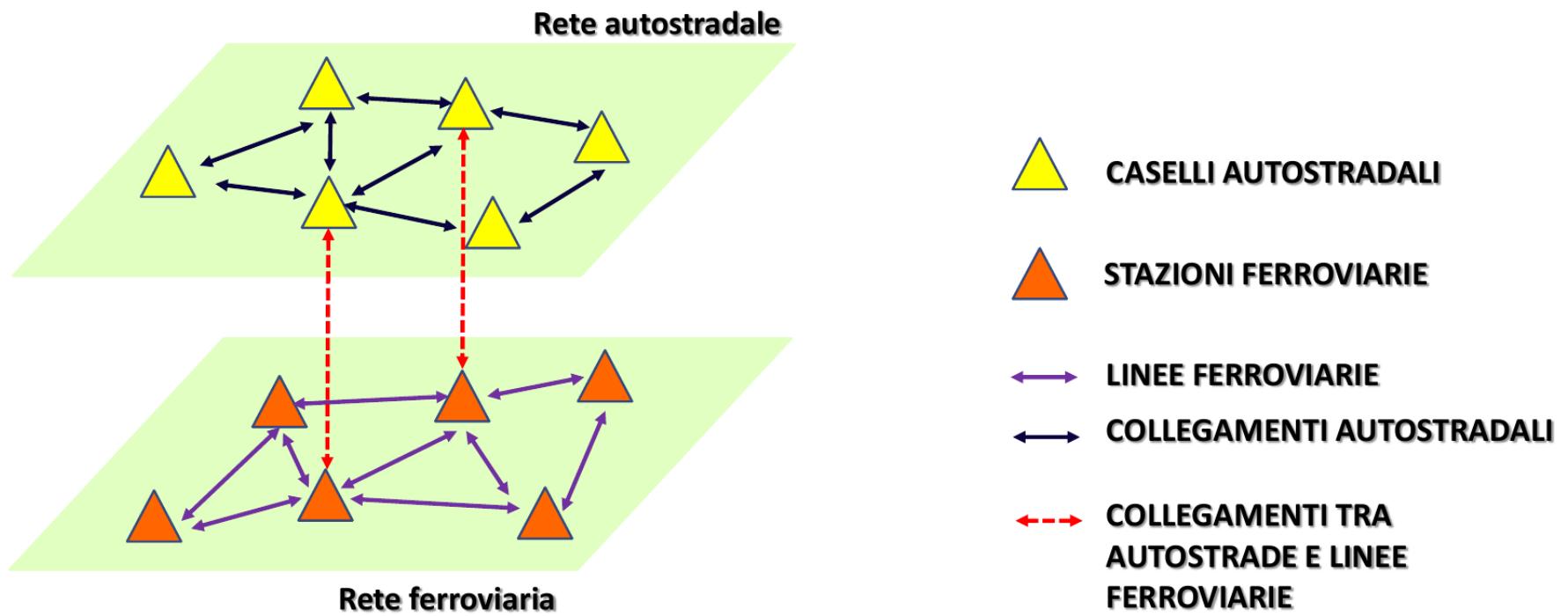
EIGENVECTOR CENTRALITY SCORE

EFFICIENCY



ANALISI:

- ❖ Definire le reti di nostro interesse
- ❖ Definire nodi, archi e pesi
- ❖ Rappresentare graficamente le reti
- ❖ Fornire indicatori di centralità
- ❖ Definire i punti di intersezione
- ❖ Studiare le caratteristiche dei due network congiuntamente



CONCLUSIONE:

Una volta individuati i nodi tramite i quali può avvenire un passaggio tra le due reti, è possibile dunque riscrivere le matrici di adiacenza e **calcolare gli indicatori** per valutare:

- ❖ I nodi critici
- ❖ Le ricadute sul **network multimodale** di una caduta dei livelli di servizio
- ❖ Le misure di resilienza della rete infrastrutturale di trasporto