

# Use-case mobilità sostenibile: sniffing Wi-Fi

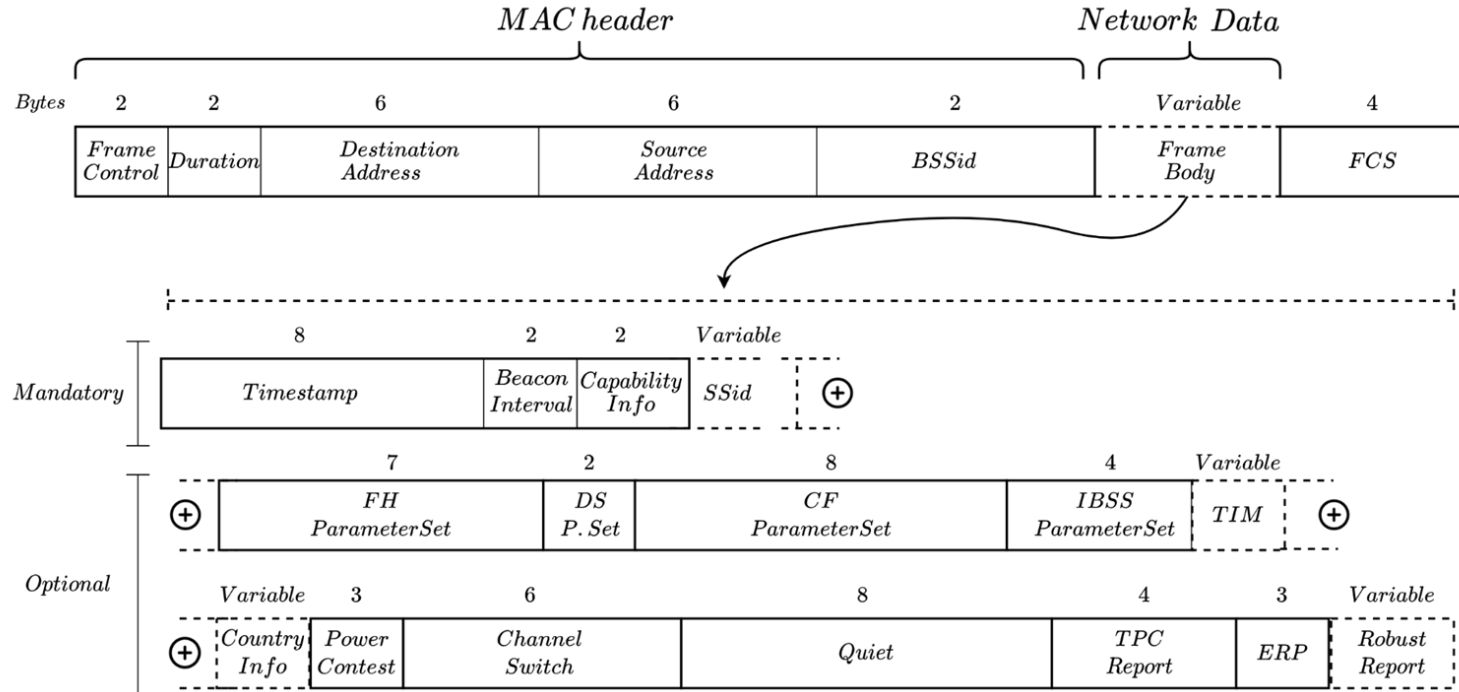
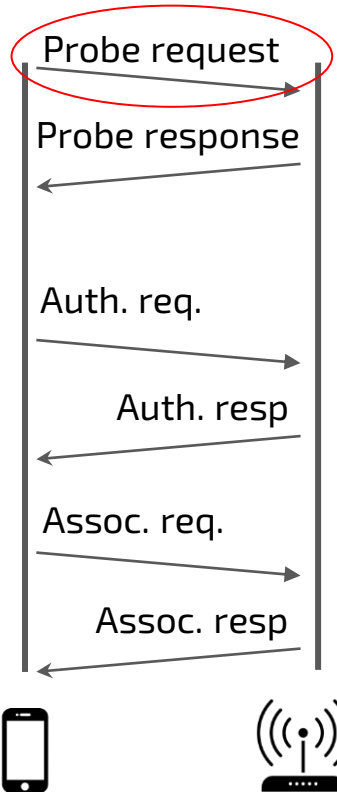
Monifive

*MONItoraggio distribuito sicuro, affidabile ed  
intelligente su tecnologie 5G: applicazione alla mobilità  
ed al servizio idrico*

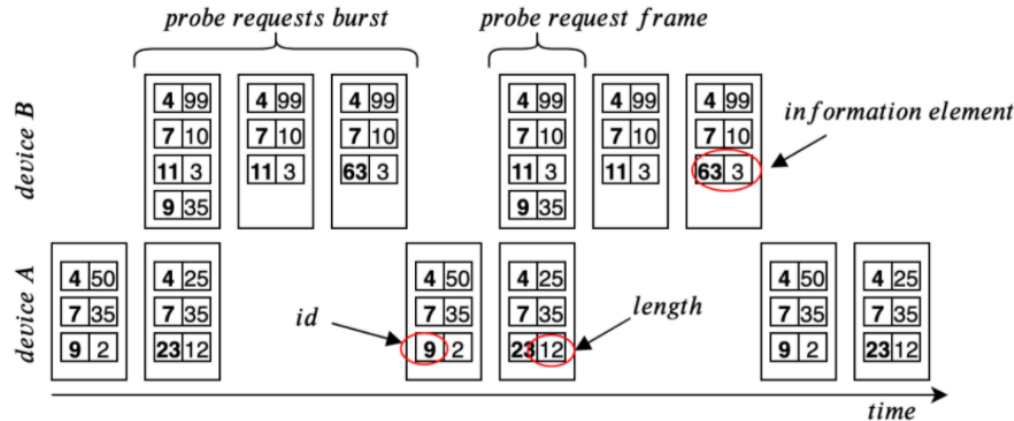
# Agenda

1. Introduzione alle Probe Request Wi-Fi
2. La randomizzazione del MAC address
3. Soluzione tecnologica
4. Risultati

# IEEE 802.11 analisi del traffico



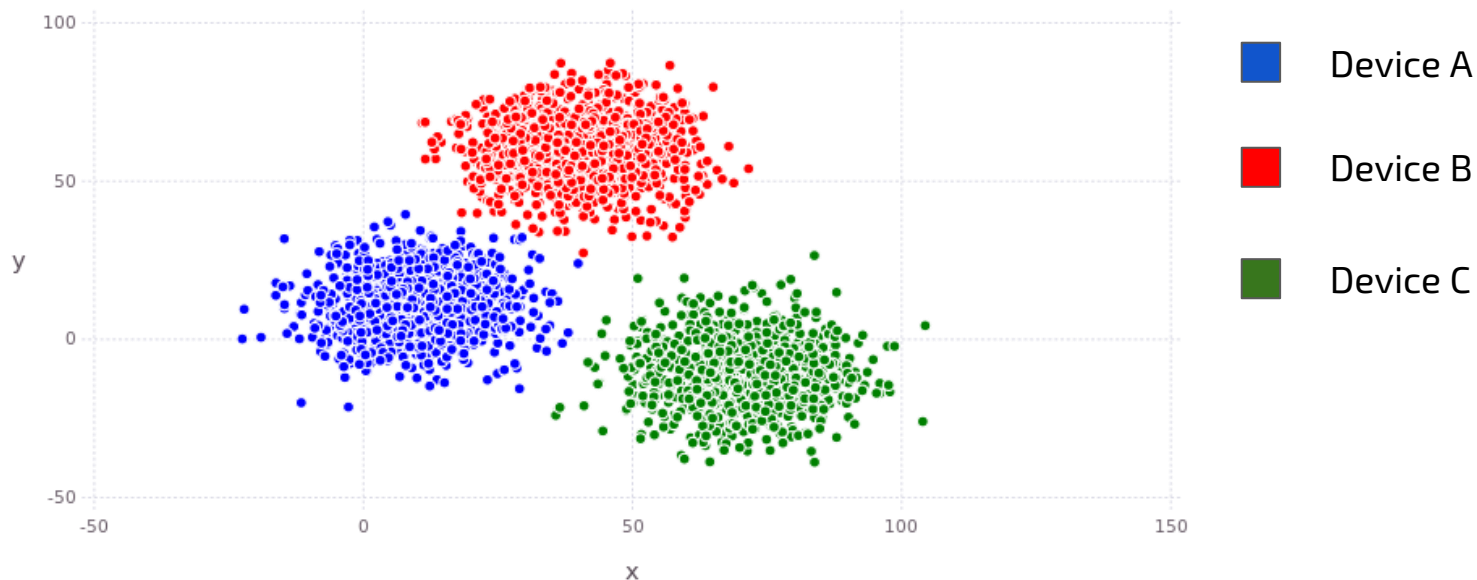
# IEEE 802.11 analisi del traffico



Uras, M., Cossu, R., Ferrara, E., Bagdasar, O., Liotta, A., & Atzori, L. (2020, September). **Wifi probes sniffing: an artificial intelligence based approach for mac addresses de-randomization**. In 2020 IEEE 25th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD) (pp. 1-6). IEEE.

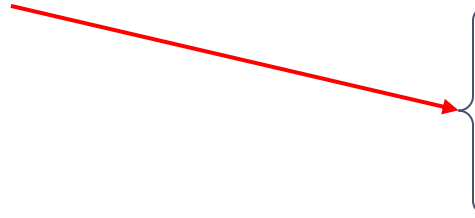
# IEEE 802.11 analisi del traffico

DBSCAN for probe request unsupervised clustering

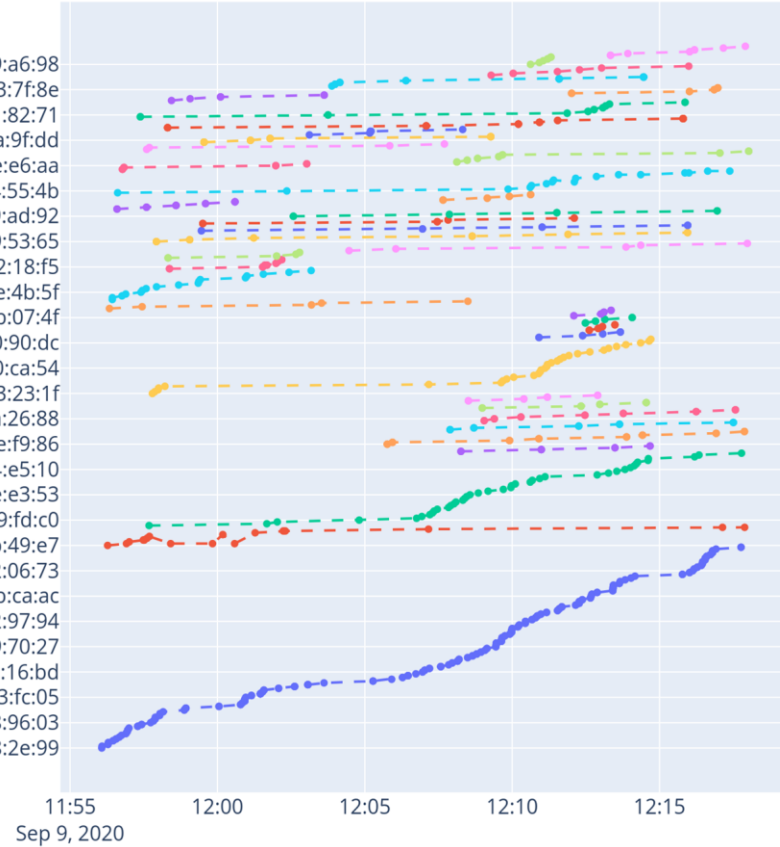


# IEEE 802.11 analisi del traffico

MAC address cambiati da un singolo dispositivo

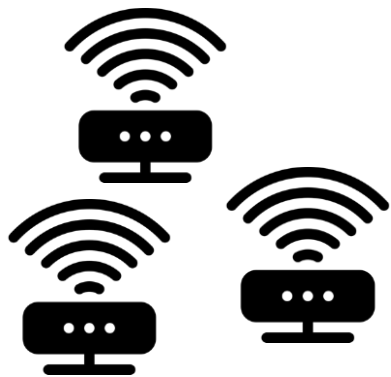


0a:93:15:b9:a6:98  
c6:4e:7b:23:7f:8e  
36:7f:6b:61:82:71  
da:a1:19:7a:9f:dd  
0a:2a:65:de:e6:aa  
ce:c2:da:a4:55:4b  
da:a1:19:e9:ad:92  
da:a1:19:79:53:65  
16:09:d1:72:18:f5  
5a:6c:b3:8e:4b:5f  
56:ac:cb:9b:07:4f  
b6:da:41:e0:90:dc  
d2:92:72:00:ca:54  
ee:65:5e:e3:23:1f  
c6:18:93:ca:26:88  
5a:b4:44:0e:f9:86  
f2:b8:9d:84:e5:10  
92:46:5d:fe:e3:53  
9e:b0:ed:89:fd:c0  
c6:f7:38:bb:49:e7  
6e:cf:af:e2:06:73  
3a:91:bc:bb:ca:ac  
6e:90:58:62:97:94  
82:d2:eb:99:70:27  
da:a1:19:be:16:bd  
de:93:f2:f3:fc:05  
aa:4d:3d:08:96:03  
da:a1:19:68:2e:99

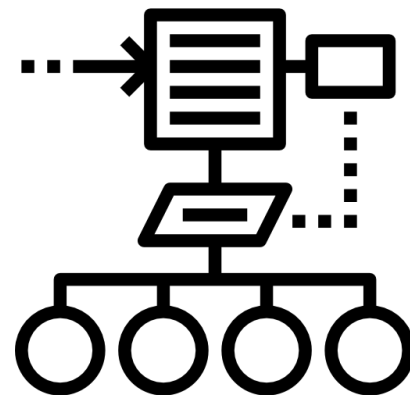


# Realizzazione del sistema

# Realizzazione del sistema



Sensori IoT

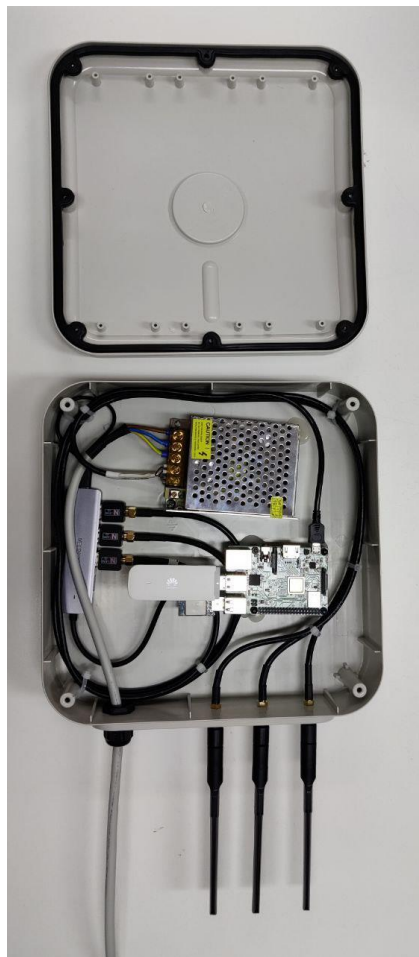


Data analytics  
pipeline

# Sensori IoT

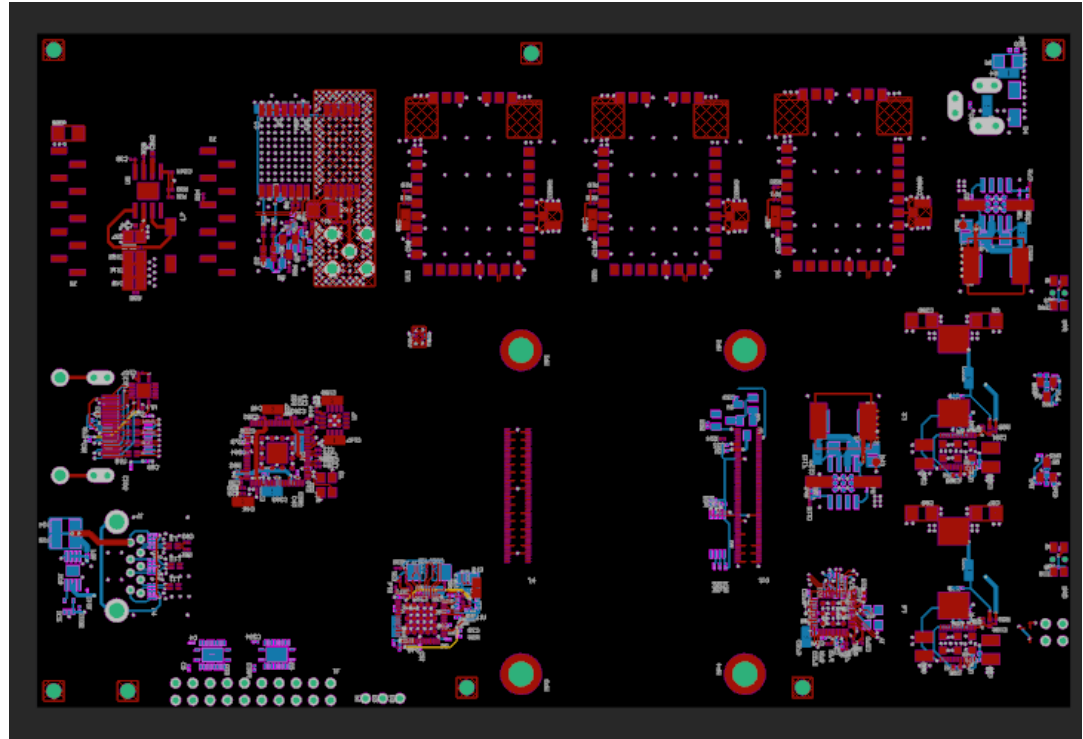
Prototipazione rapida...

Inefficienze energetiche e di stabilità

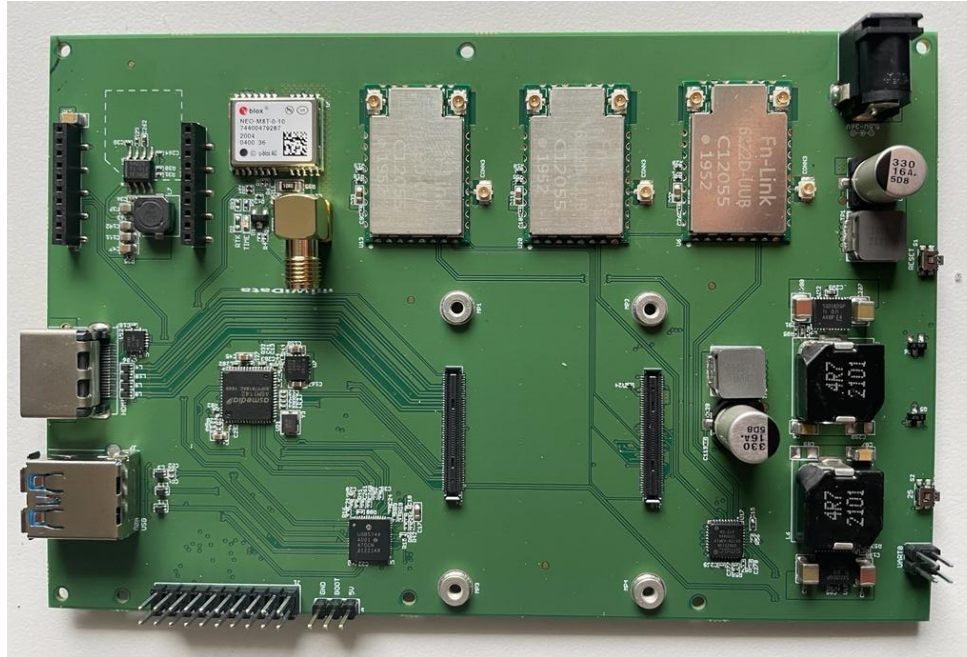


# Sensori IoT

...progettazione di una nuova board



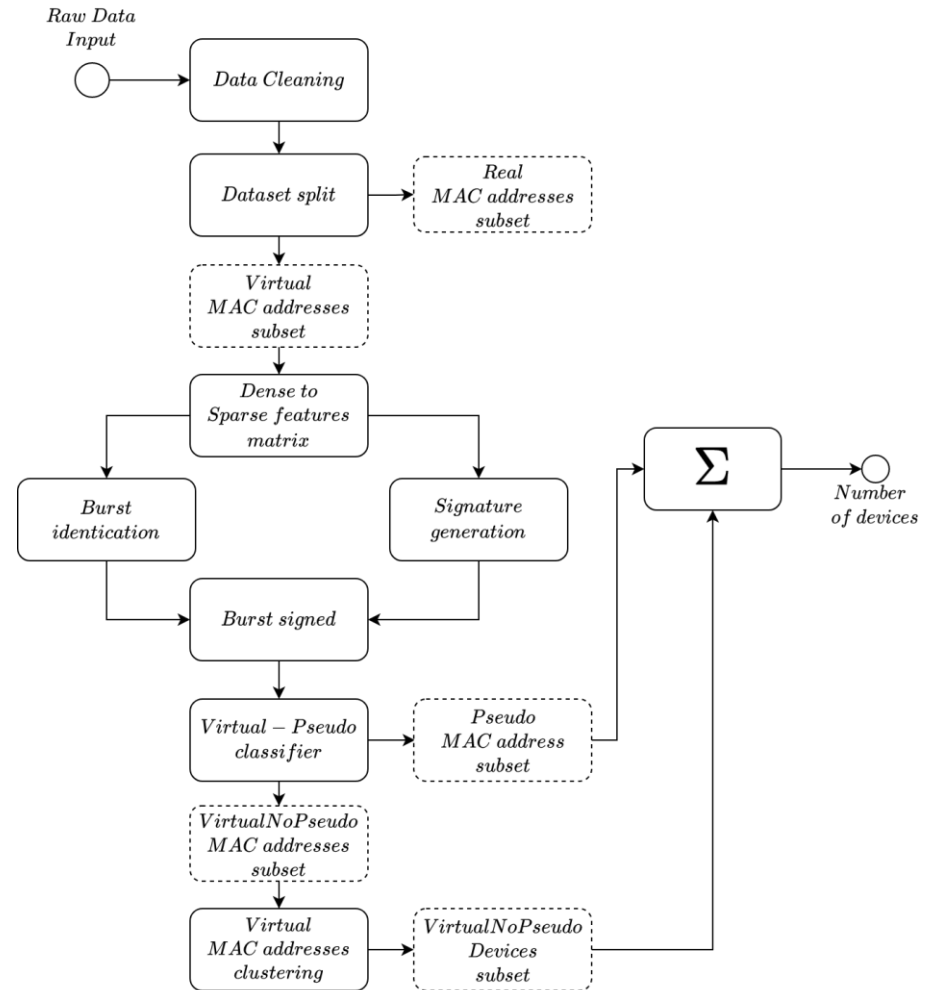
# IoT sensors



# Data Analytics pipeline

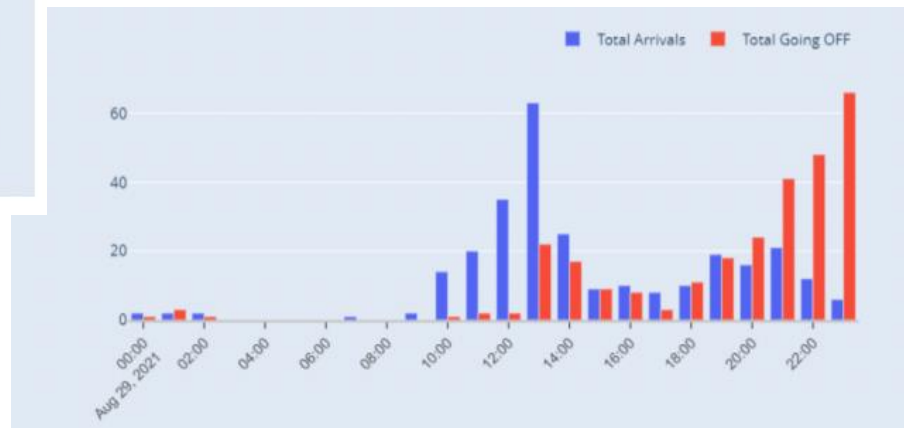
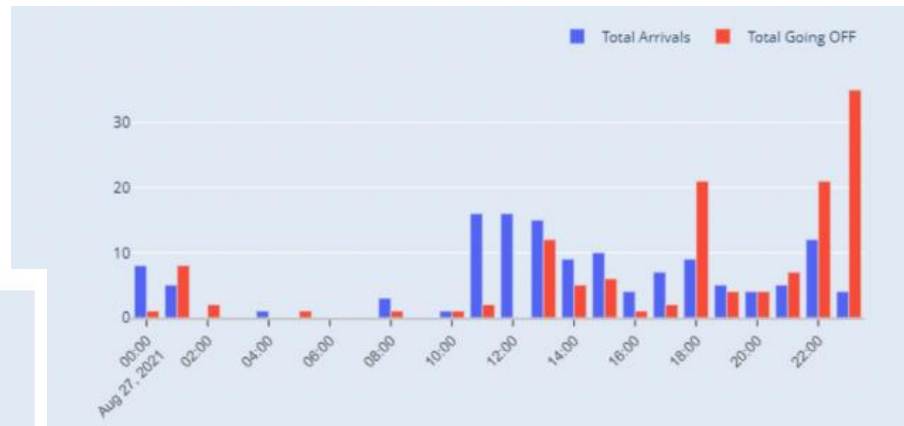
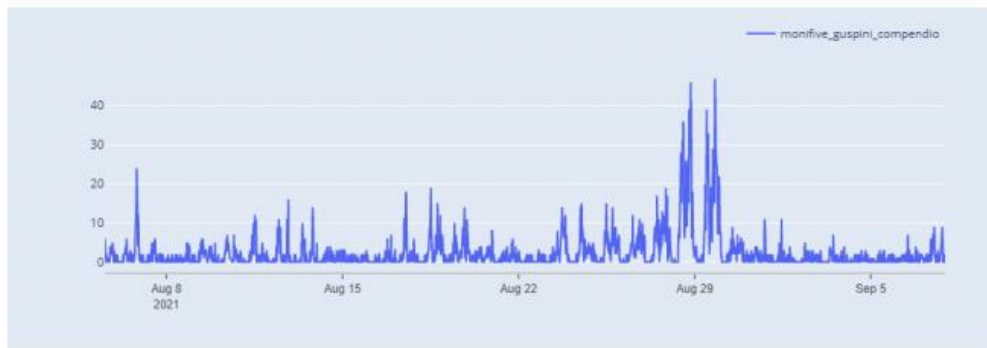


Cloud based platform

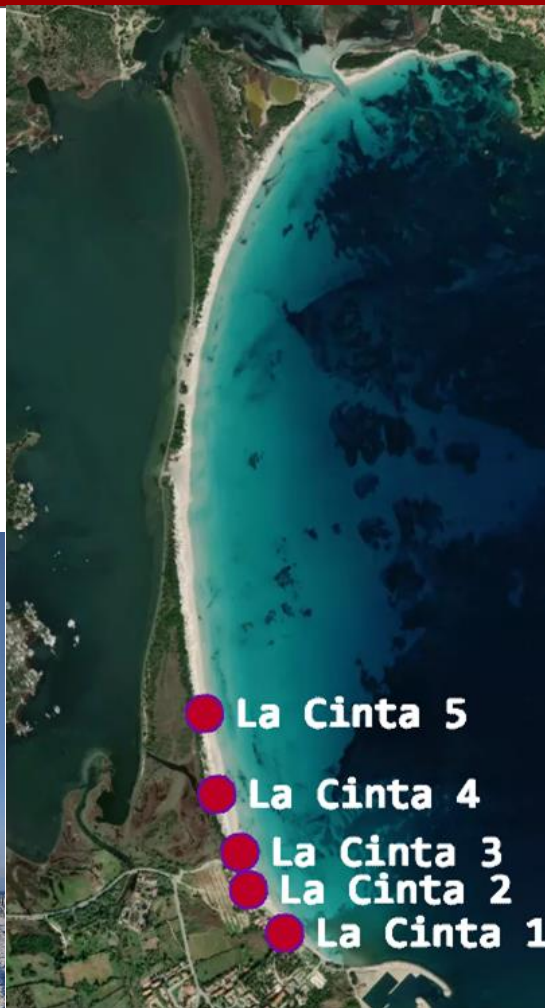


## Scenario: luoghi pubblici

# Use Case: Comune di Guspini



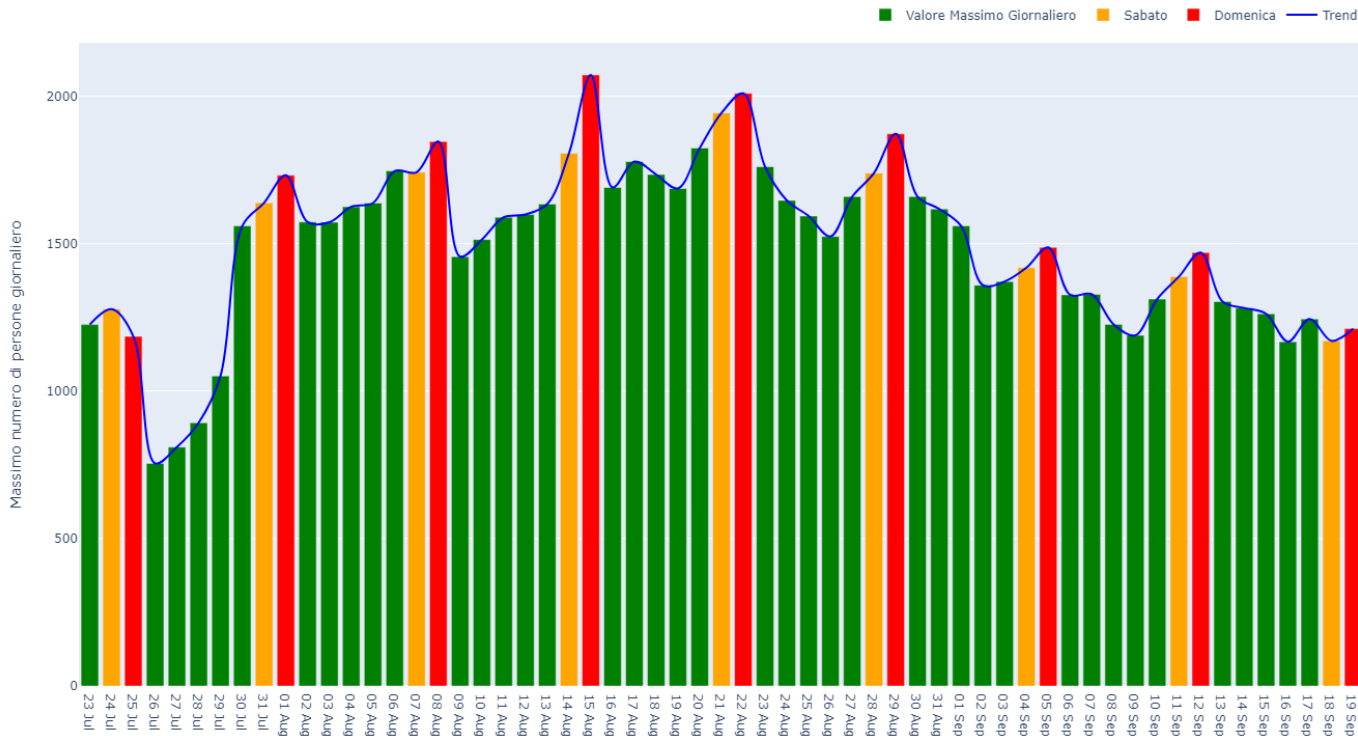
# Comune di San Teodoro



# Comune di San Teodoro



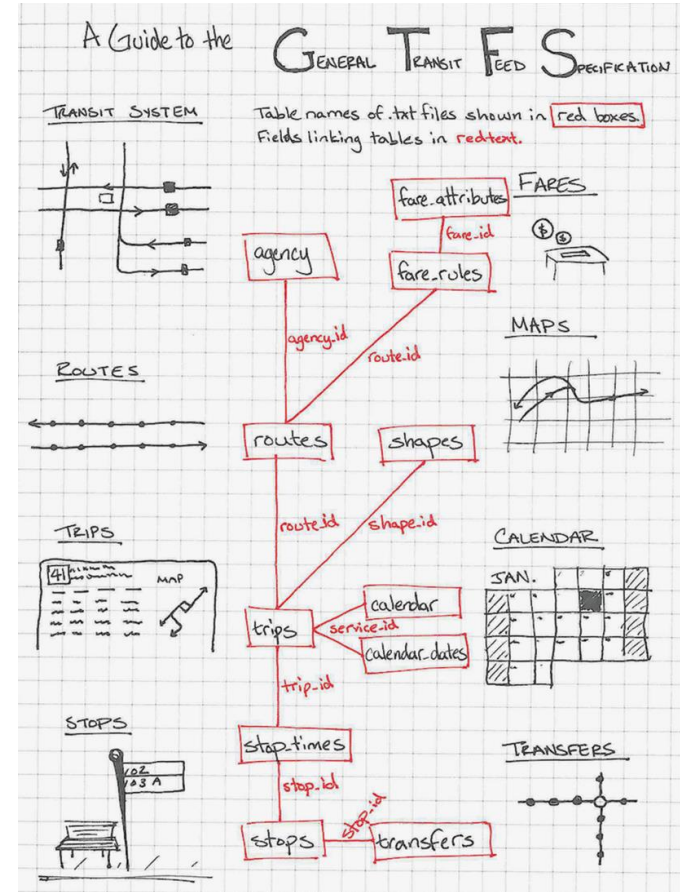
Cala Brandinchi



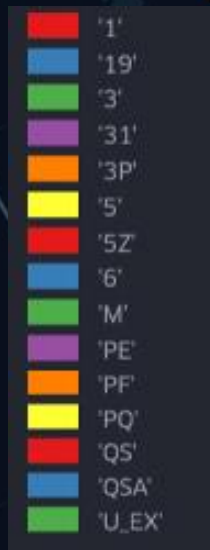
# Scenario: Trasporto Pubblico

# Integrazione dati GTFS

|        |   |                                 |
|--------|---|---------------------------------|
| Agency | → | Nome azienda trasporto pubblico |
| Routes | → | Linee                           |
| Shapes | → | Percorsi                        |
| Trips  | → | Corse                           |
| Fare   | → | Tariffe                         |



# Devices tracking - "Città metropolitana di Cagliari"

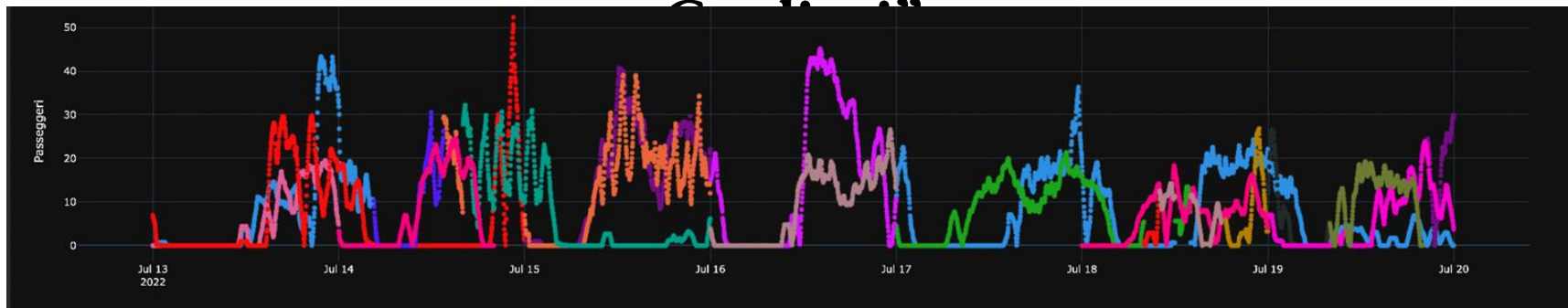


SALINE  
CONTIVECCHI

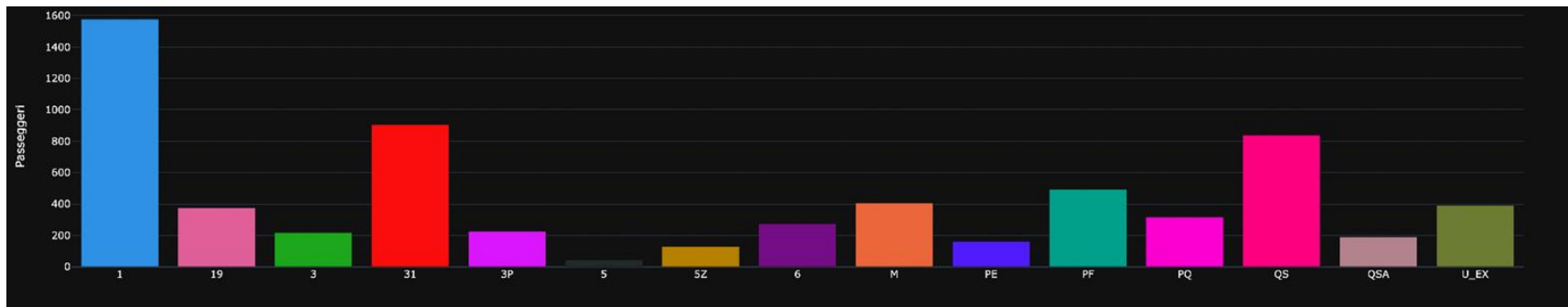
Cagliari

SALINE DI  
MOLENTARGIUS

# Devices tracking “Città metropolitana di



Andamento nel tempo dei **passenger per linea**

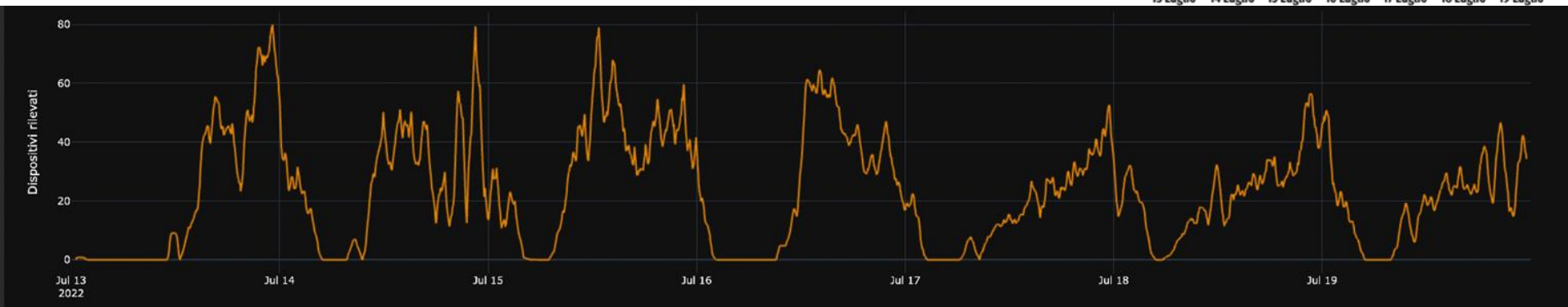
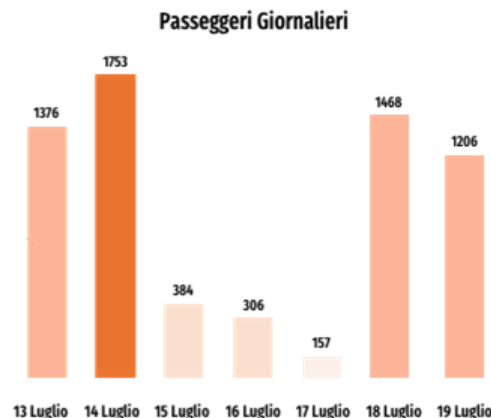


Distribuzione dei **passenger per linea**

# Passeggeri rilevati nei tre mezzi CTM dal 13/07 al 19/07

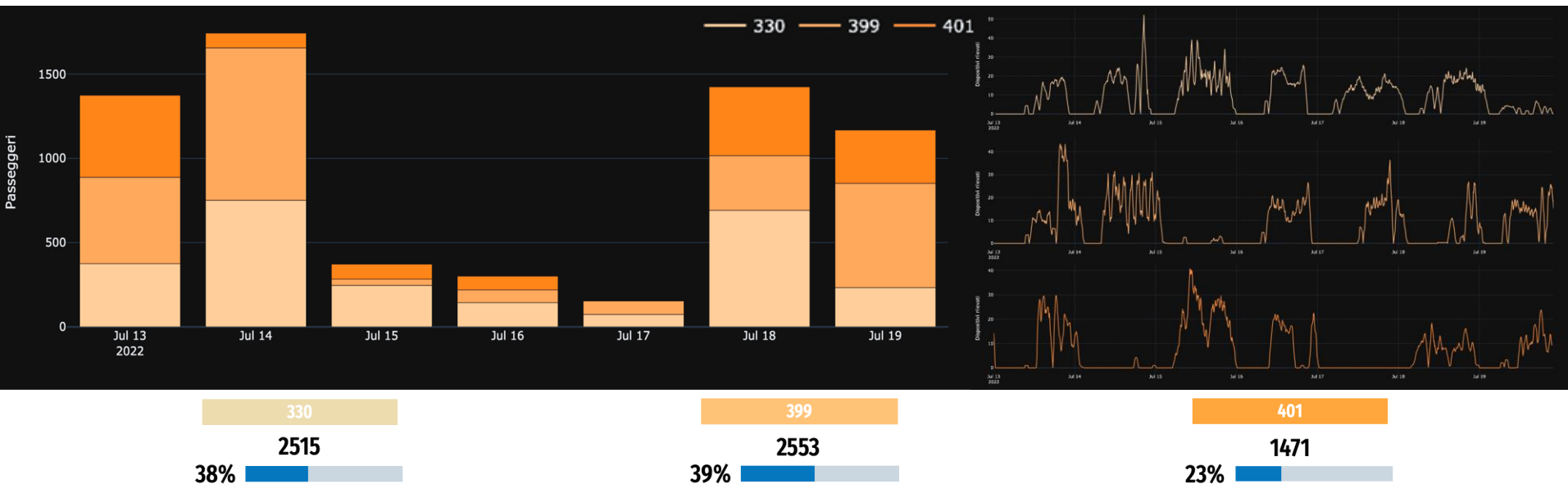
**6'639** Passeggeri  
in sette giorni

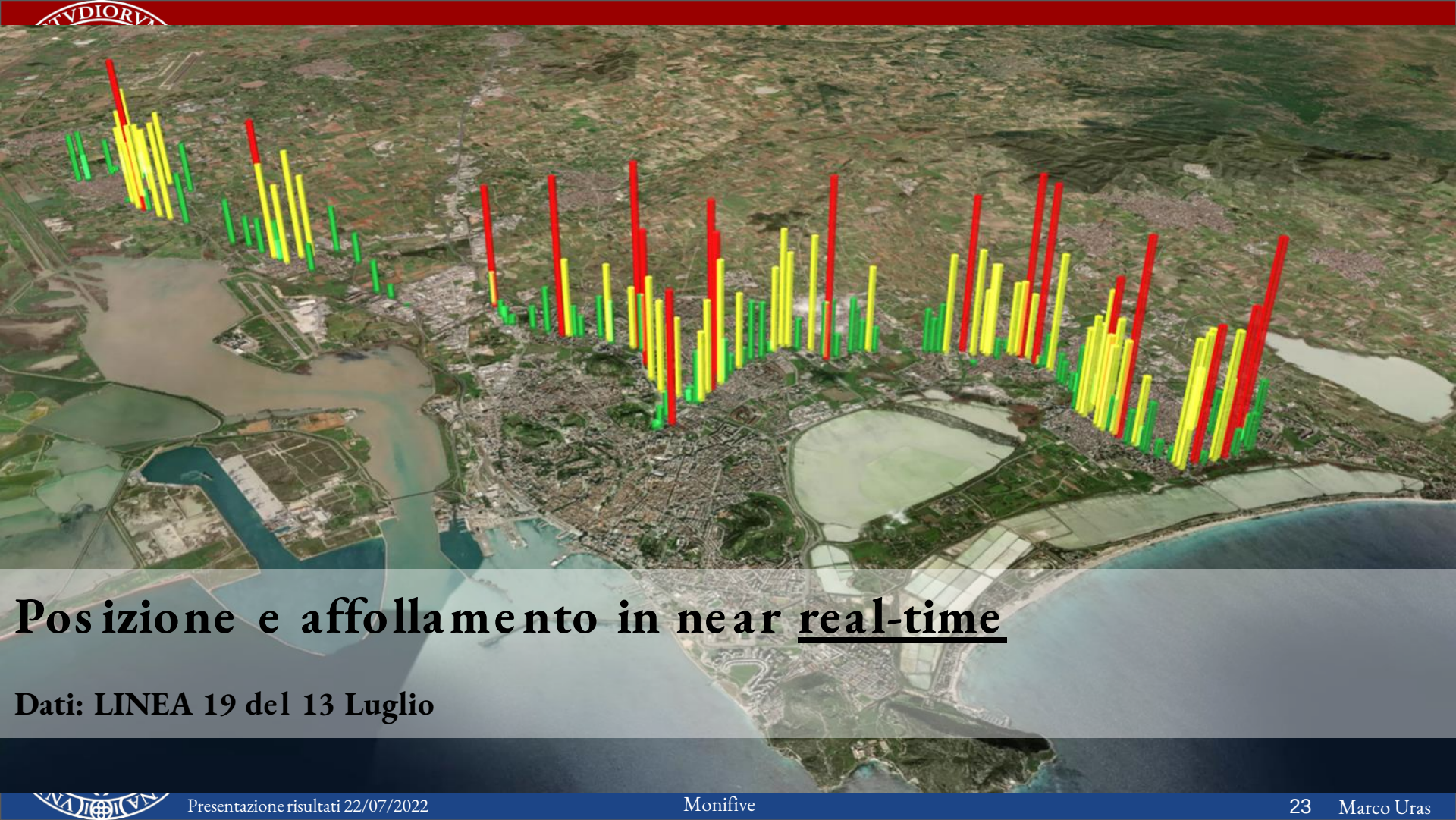
In media:  
950 passeggeri al giorno  
Permanenza media 8,95m/pers.  
Distanza media percorsa 4km/pers.



# Andamento delle frequenze per **singolo mezzo**

Ogni mezzo presenta andamenti differenti, monitorarlo nel tempo porta alla rilevazione di **inefficienze** legate alla **distribuzione del carico**





# Posizione e affollamento in near real-time

Dati: LINEA 19 del 13 Luglio

# Rete degli spostamenti compiuti nel periodo



Oltre alle frequenze dei passeggeri, per ognuno si può risalire al **tragitto compiuto**

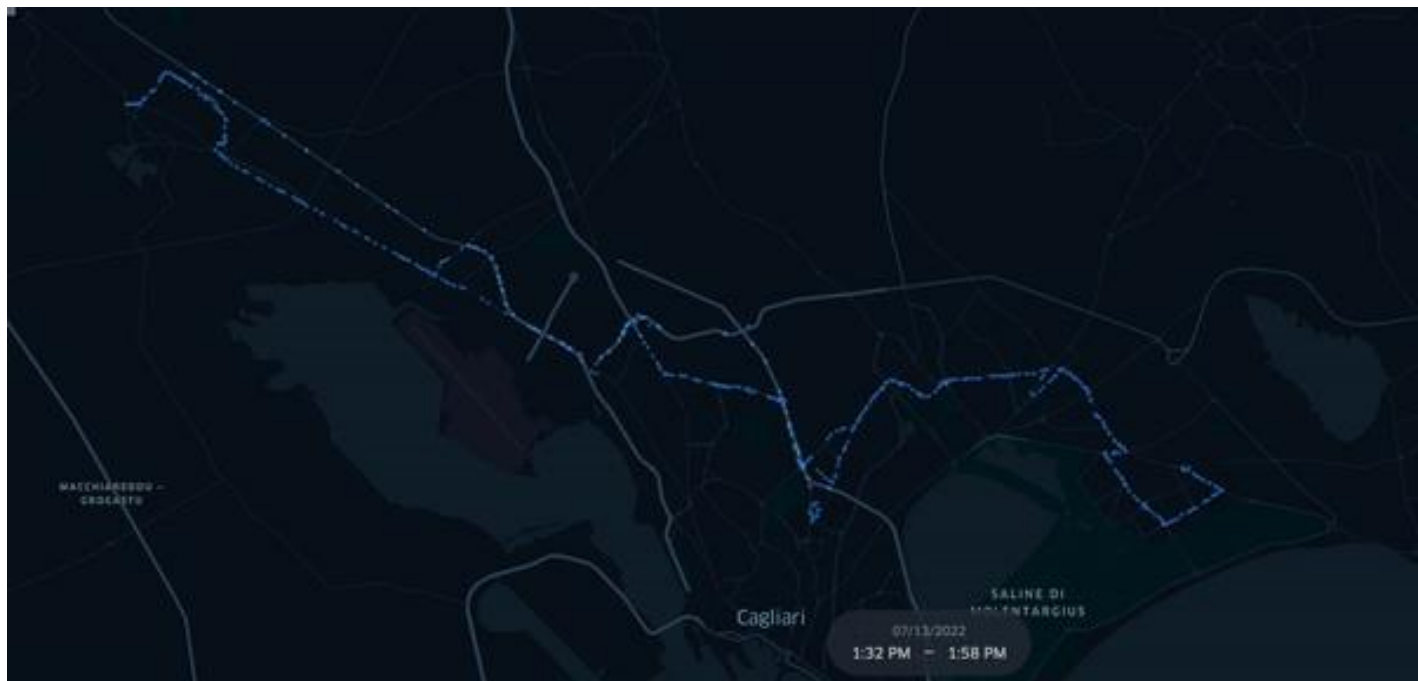
Il network mostra i punti di **partenza**, di **arrivo**

Dal grafo si determina l'**intensità delle tratte**

# Tratte compiute dei passeggeri in una data linea

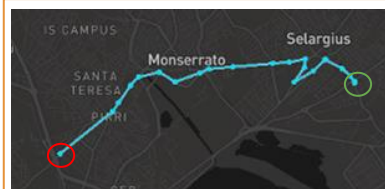
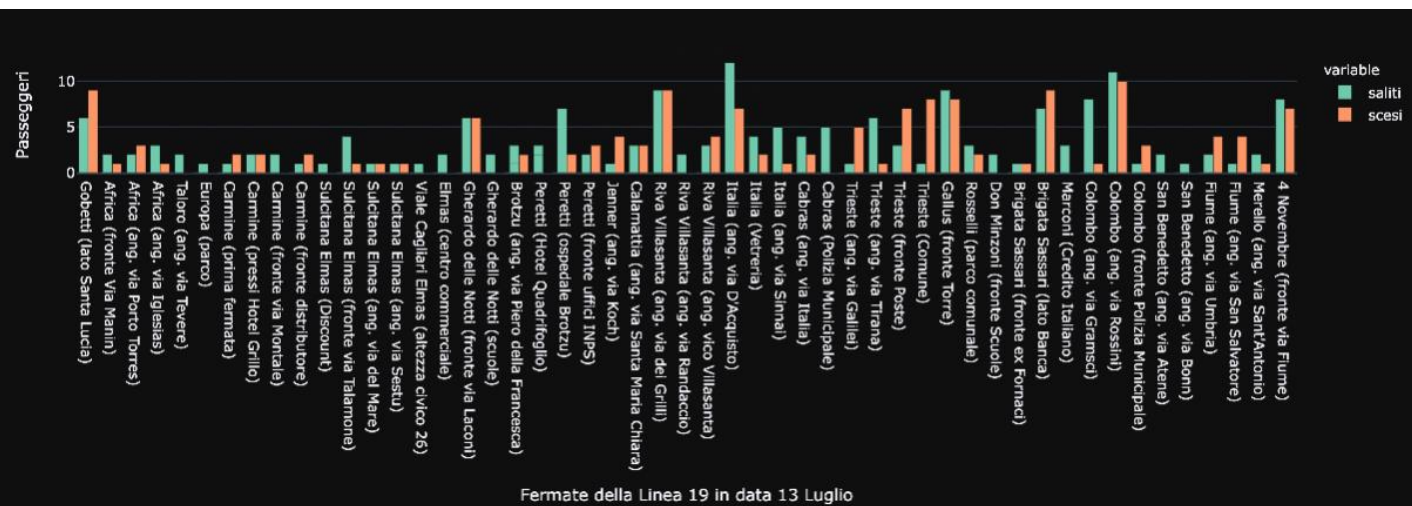
Insieme delle corse effettuate  
dalla **linea 19**  
Nella giornata del **13 luglio**

Ogni arco rappresenta la  
coppia di fermate in cui il  
passeggero è prima **salito** e  
poi in cui è **sceso**



# Passeggeri saliti e scesi in ogni fermata

Grazie alla **localizzazione di ogni individuo** si ricava il punto geografico in cui prende per la prima volta il pullman, e il punto in cui scende. Dalla associazione di queste coordinate con i **GTFS** si ricavano **le fermate** con le quali ogni passeggero interagisce



**Andamento di un singolo passeggero** in cui si conosce il **punto di salita** e il **punto di discesa** ricavano.

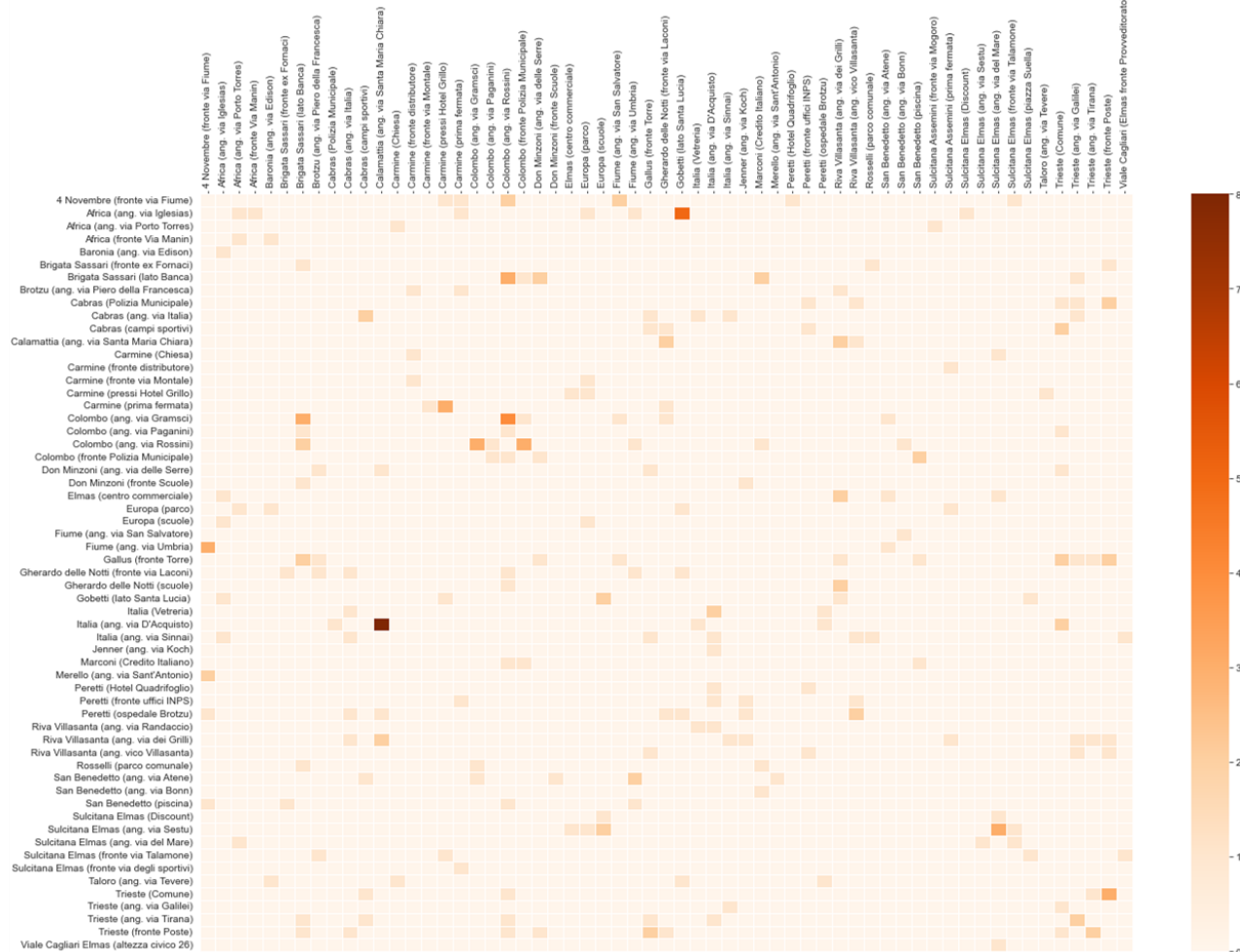
Numero di passeggeri saliti e scesi nelle fermate della **linea 19** il 13 luglio

# Matrice O/D

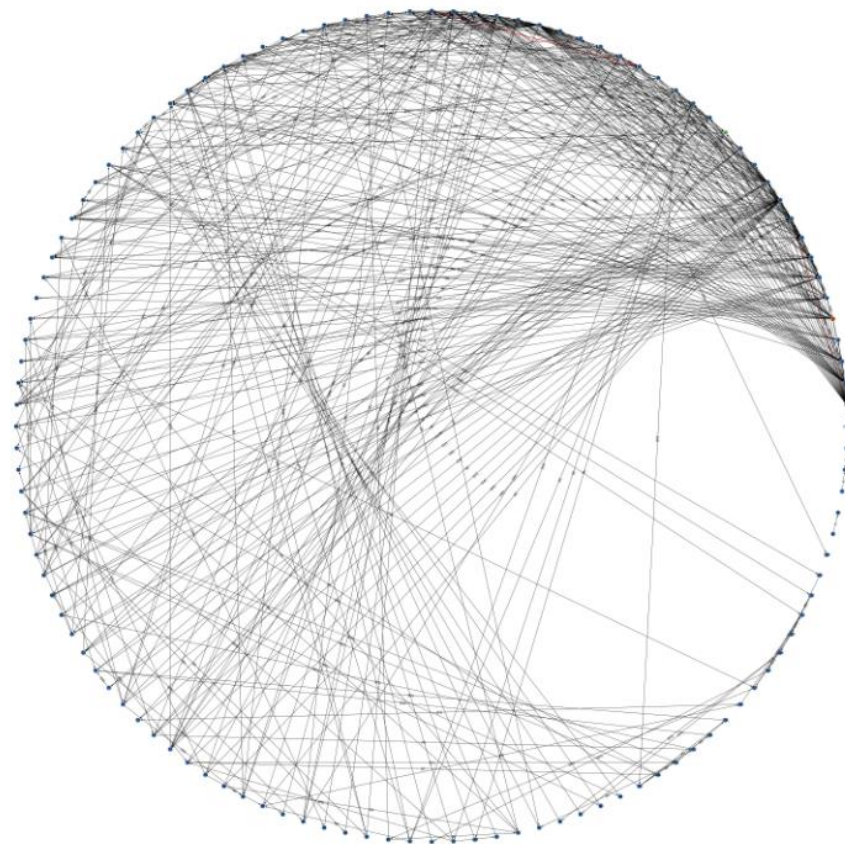
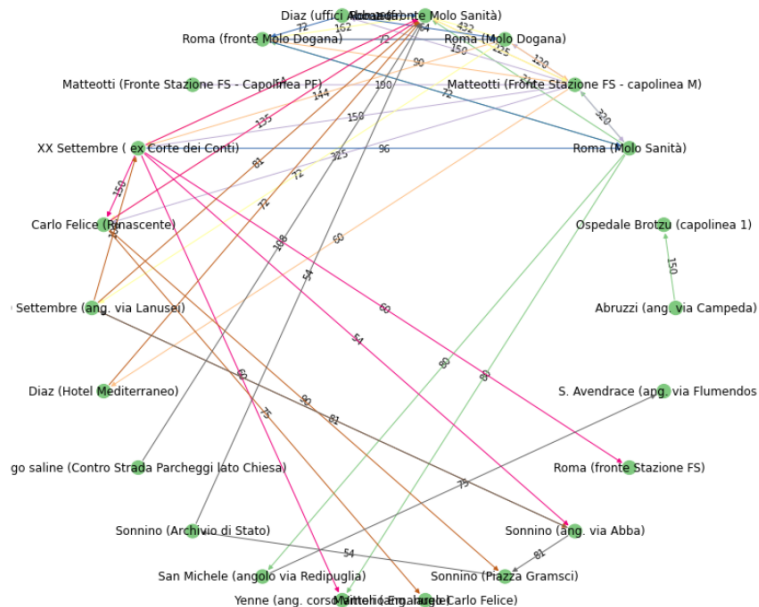
L'informazione sul **tragitto compiuto**

Il network mostra i punti di **partenza**,  
di **arrivo della linea 19**

Dal grafo si determina l'**intensità**  
delle tratte



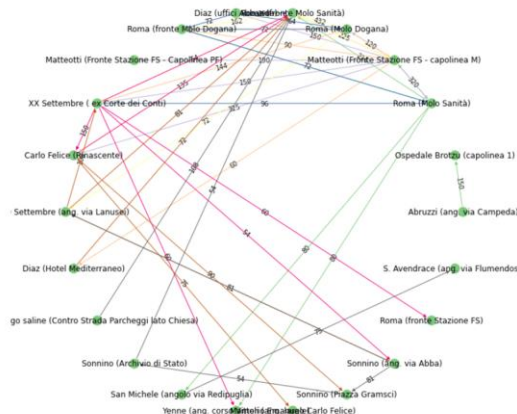
# Grafo O/D



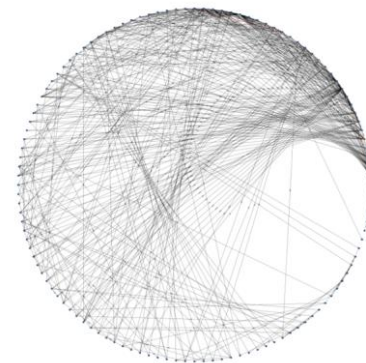
# Relazioni Origine/ Destinazione totali

|    | Fermata di Partenza                          | Fermata d'Arrivo                              | Passeggeri |
|----|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|
| 1  | Matteotti (Fronte Stazione FS - capolinea M) | Roma (fronte Molo Sanità)                     | 25         |
| 2  | Roma (fronte Molo Sanità)                    | Matteotti (capolinea 30 - 31)                 | 25         |
| 3  | Roma (fronte Molo Sanità)                    | Carlo Felice (Rinascente)                     | 24         |
| 4  | Matteotti (capolinea 30 - 31)                | Roma (fronte Molo Sanità)                     | 22         |
| 5  | Matteotti (Fronte Stazione FS - capolinea M) | Matteotti (Fronte Stazione FS - Capolinea PF) | 19         |
| 6  | Marconi (ang. via Tommaseo)                  | Riva Villasanta (ang. via Randaccio)          | 18         |
| 7  | Riva Villasanta (ang. via Randaccio)         | Marconi (ang. via Tommaseo)                   | 17         |
| 8  | Roma (fronte Molo Sanità)                    | Roma (fronte Molo Dogana)                     | 16         |
| 9  | Riva Villasanta (ang. vico Villasanta)       | Riva Villasanta (ang. via Randaccio)          | 16         |
| 10 | XX Settembre ( ex Corte dei Conti)           | Carlo Felice (Rinascente)                     | 15         |
| 11 | Matteotti (Fronte Stazione FS - capolinea M) | Diaz (uffici Abbanoa)                         | 15         |
| 12 | Vesallo (cittadella finanziaria)             | Castiglione (campi sportivi)                  | 15         |
| 13 | Abruzzi (ang. via Campeda)                   | Abruzzi (fronte via Campeda)                  | 14         |
| 14 | Colombo (fronte Polizia Municipale)          | Riva Villasanta (ang. via Randaccio)          | 14         |
| 15 | Abruzzi (fronte via Campeda)                 | Abruzzi (ang. via Campeda)                    | 13         |
| 16 | Carlo Felice (Palazzo Civico)                | Carlo Felice (Rinascente)                     | 13         |
| 17 | Matteotti (Fronte Stazione FS - capolinea M) | Carlo Felice (Rinascente)                     | 13         |
| 18 | Matteotti (Fronte Stazione FS - capolinea M) | Roma (Molo Sanità)                            | 13         |
| 19 | Yenne (ang. corso Vittorio Emanuele)         | Carlo Felice (Rinascente)                     | 12         |
| 20 | Riva Villasanta (ang. via Randaccio)         | Matteotti (capolinea 30 - 31)                 | 12         |

Maggiori collegamenti tra le **Fermate**



Grafo dei maggiori collegamenti



Grafo totale delle fermate

Dall'insieme delle **tratte compiute** in tutto il periodo si ottengono le maggiori tratte effettuate in termini di **fermata di partenza a fermata d'arrivo**

Thank you for your attention

Marco Uras

Net4U laboratory - WiData  
Department of Electrical and  
Electronic Engineering

[marco.uras.it@ieee.org](mailto:marco.uras.it@ieee.org)

[marco.uras@widata.cloud](mailto:marco.uras@widata.cloud)

<https://widata.cloud>

