



IL FUTURO DELLA MOBILITÀ INTELLIGENTE E SOSTENIBILE

Digital Twin & Intelligenza Artificiale.
Innovazione tecnologica “As a Service“
per la gestione operativa
e la pianificazione tattico-strategica
della mobilità urbana sostenibile e interconnessa

Firenze | Milano | Roma | Bari



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE



MaaS e Servizi innovativi per la mobilità sostenibile:
Lo Spoke 8 del Centro Nazionale MOST

Prof. Michele Ottomanelli

E' uno dei 5 centri nazionali finanziati dal PNRR (MUR M4C2 inv. 1.4)

From Research to Business:

Si basa sulla **collaborazione tra pubblico e privato, tra enti di ricerca e impresa**

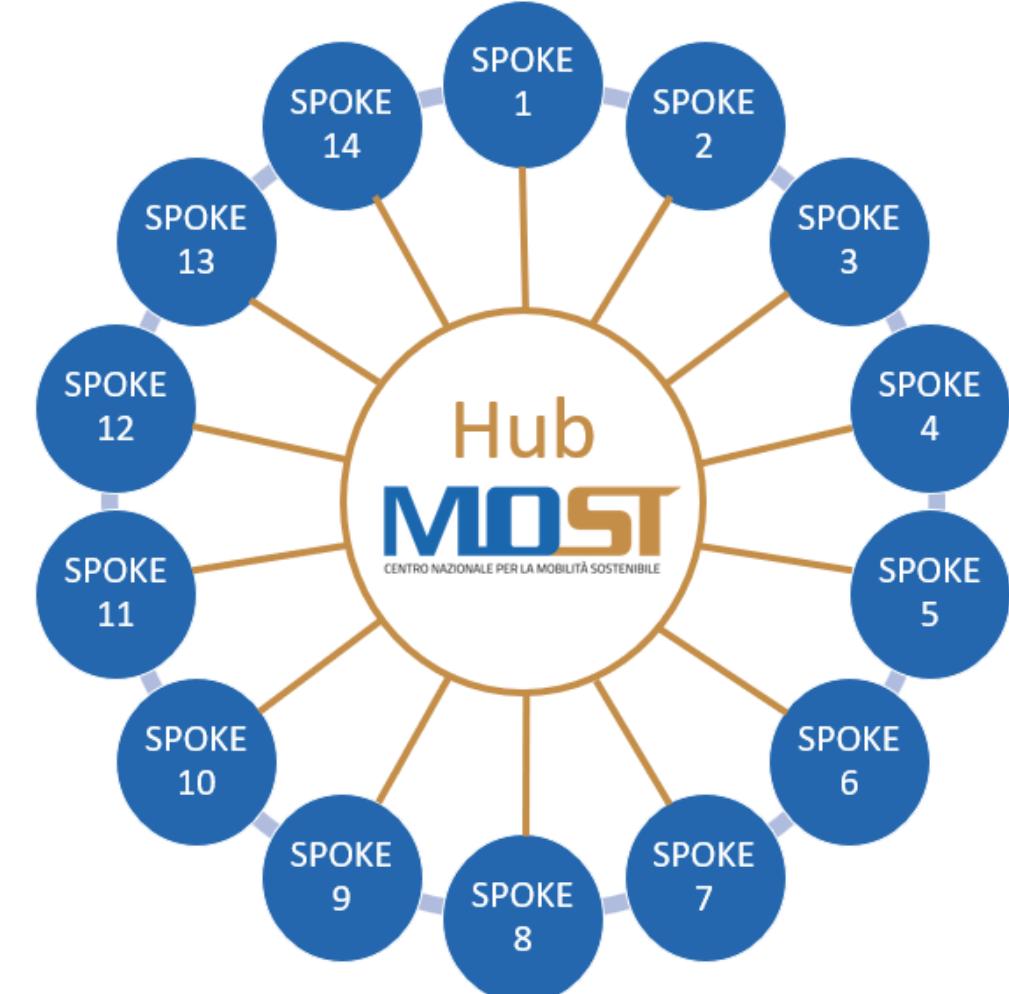
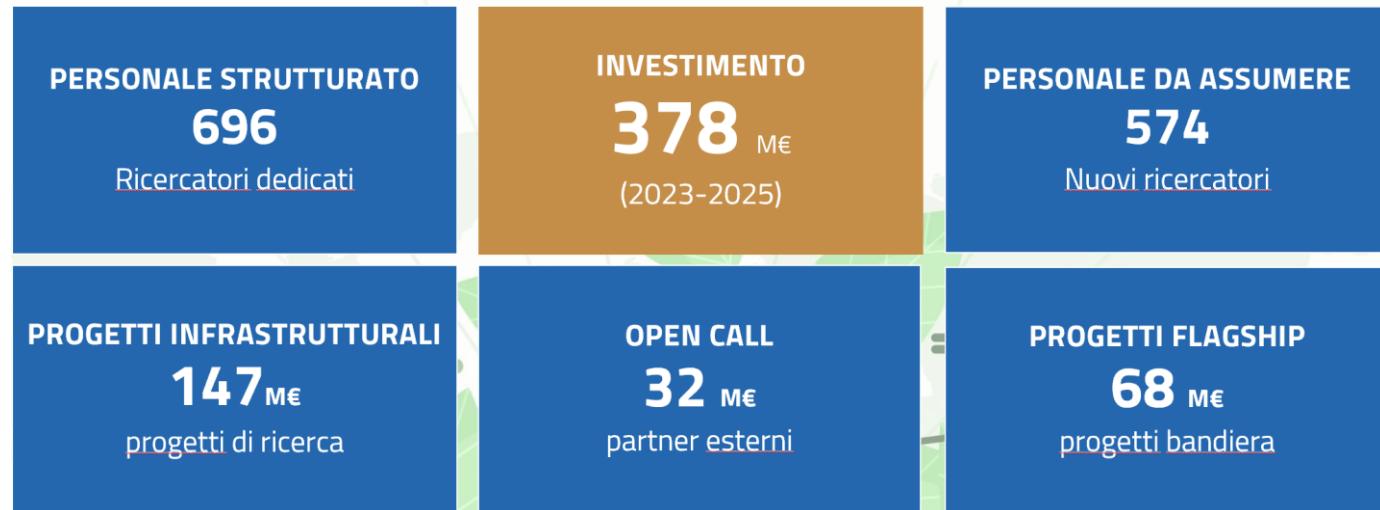
24 Atenei + CNR



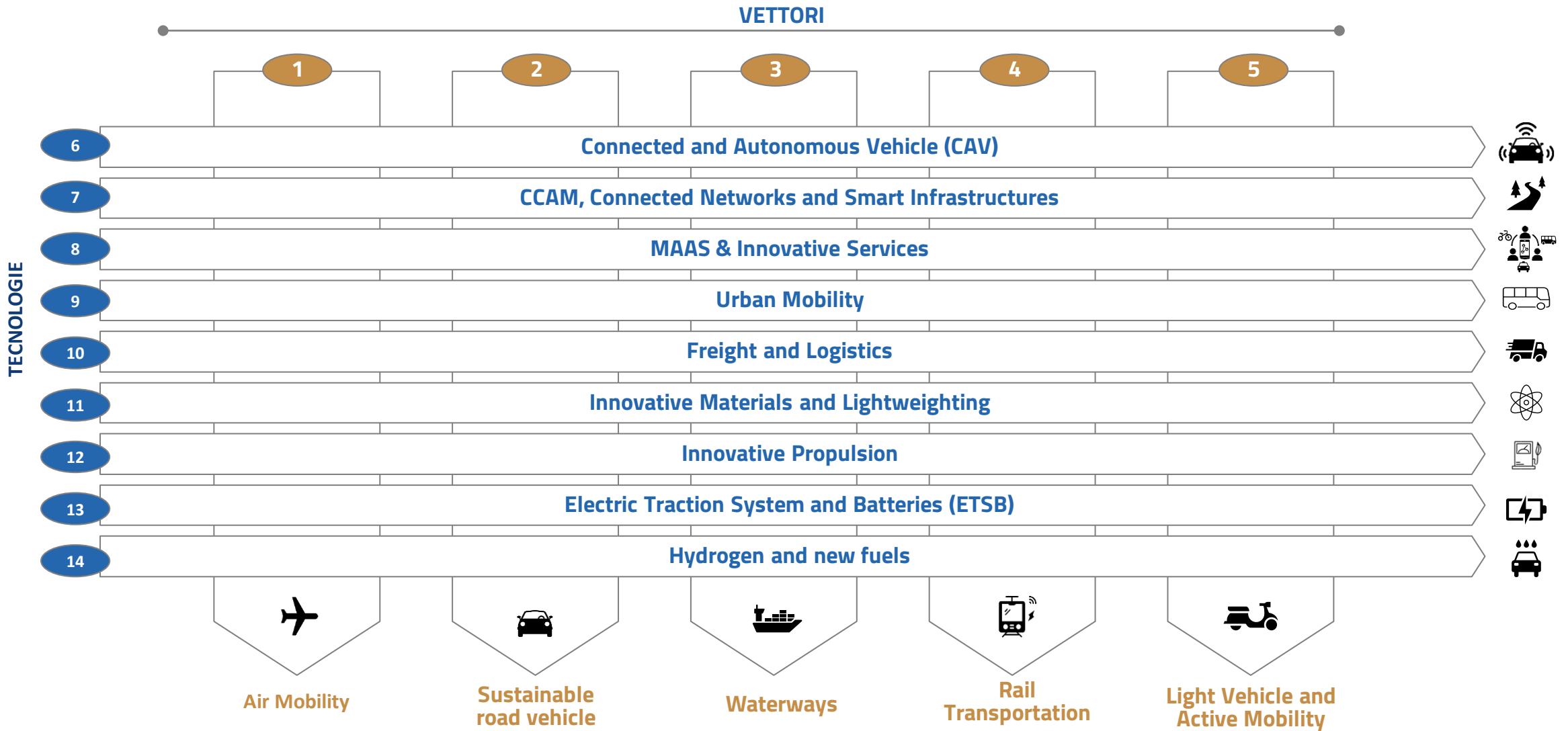
24 Enti Privati



MOST - Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile



Gli Spoke del CN MOST



SPOKE 8

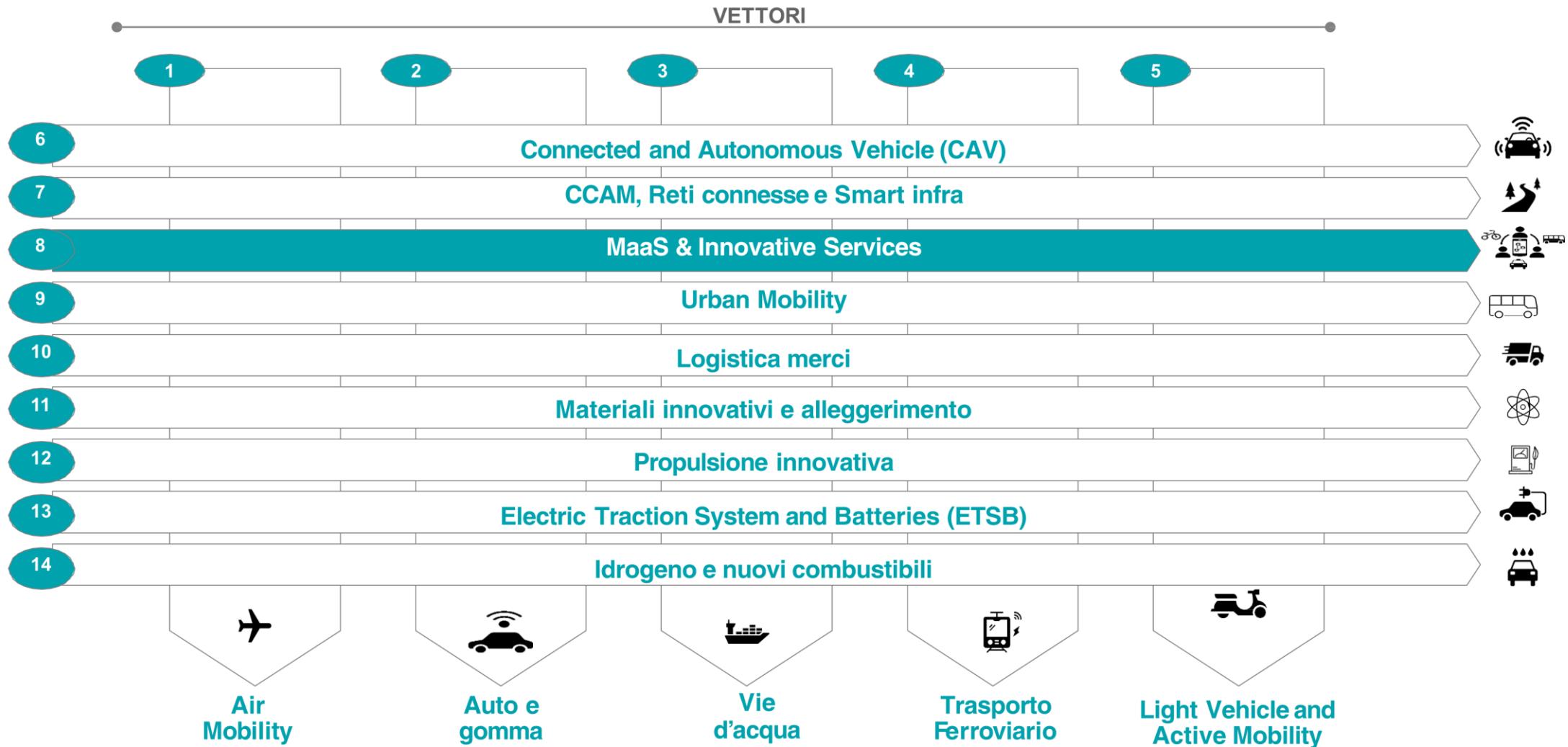
MaaS & Innovative Services

SPOKE LEADER



Politecnico
di Bari

TECNOLOGIE TRASVERSALI

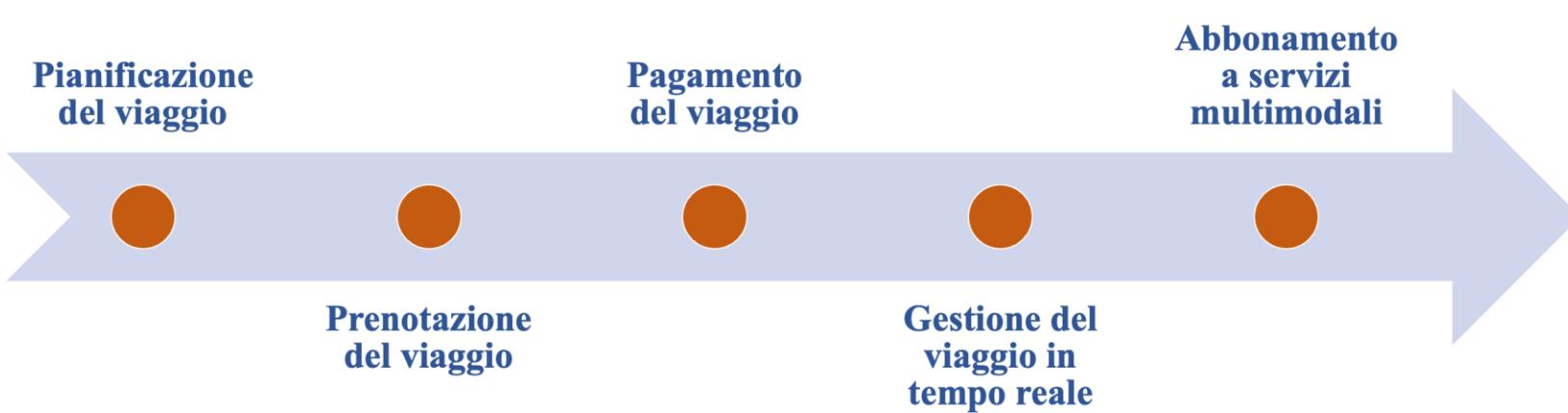


Mobility-as-a-Service: inquadramento generale

Cos'è il Mobility-as-a-Service?

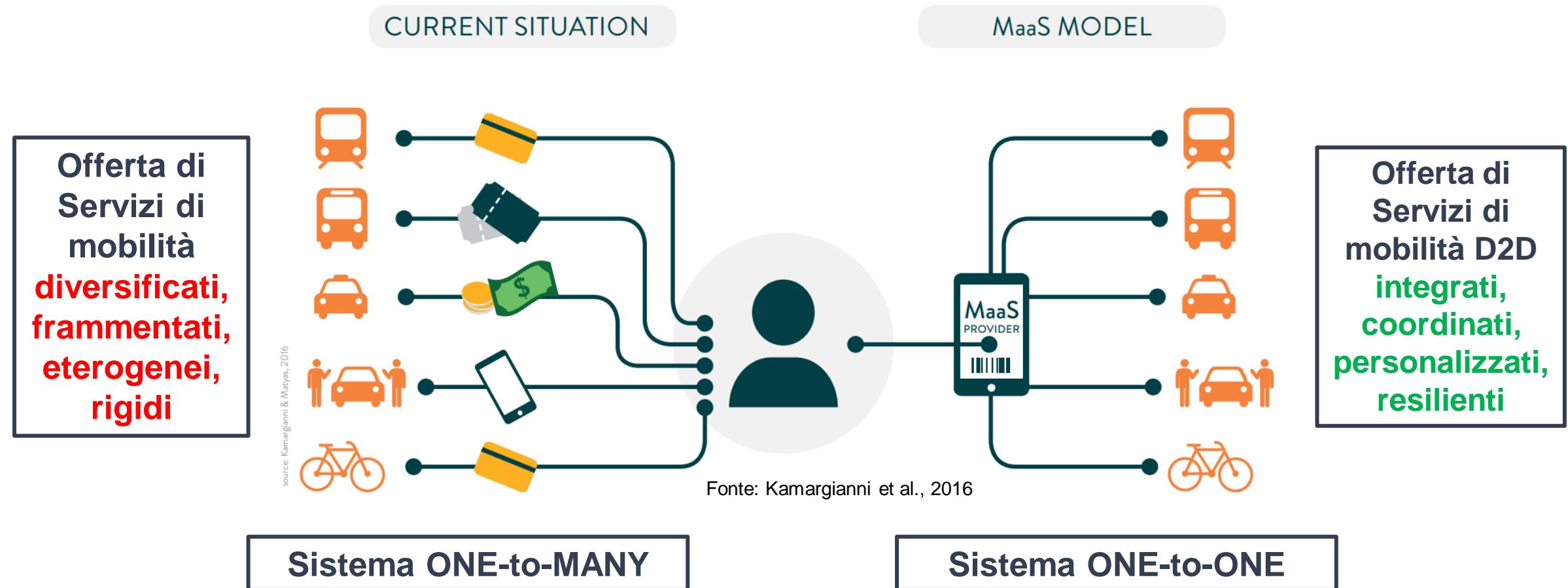
Il MaaS, Mobility as a Service, è un nuovo concetto di mobilità il cui obiettivo è quello di soddisfare le esigenze dell'utente favorendo l'uso della **multimodalità**.

Consiste nell'**integrare** in un'unica piattaforma digitale diversi servizi di trasporto e informazioni in tempo reale consentendo all'**utente** di compiere un viaggio, multimodale, door-to-door, utilizzando un'unica applicazione per smartphone.



Mobility-as-a-Service: inquadramento generale

Cos'è il Mobility-as-a-Service?



Mobility-as-a-Service: inquadramento generale

Caratteri fondamentali

Integrazione (MaaS Integrator)

Framework tecnologico che aggrega e armonizza servizi di mobilità eterogenei in un'unica interfaccia utente

- ✓ **Aggregazione e armonizzazione:** servizi di mobilità eterogenei in un'unica interfaccia utente.
- ✓ **Interoperabilità dei dati:** l'integrazione si fonda su API aperte e standard di comunicazione che permettono lo scambio di dati in tempo reale tra fornitori di servizi (TP, sharing, taxi, etc.).
- ✓ **Pianificazione algoritmica:** il sistema MaaS utilizza algoritmi avanzati per analizzare e combinare opzioni di trasporto, ottimizzando il percorso in base a parametri quali tempo, costo e impatto ambientale.
- ✓ **Gestione transazionale unificata:** il sistema centralizza i processi di pagamento e prenotazione, eliminando la necessità di molteplici account e transazioni separate.

Mobility-as-a-Service: inquadramento generale

Caratteri fondamentali

Sostenibilità

Transizione da un modello di mobilità basato sul possesso del mezzo a un modello di accesso ai servizi, contribuendo attivamente alla riduzione delle esternalità negative del trasporto

Sostenibilità Economica e Sociale

- Riduzione dei costi operativi:** L'integrazione e la gestione centralizzata dei servizi possono portare a una maggiore efficienza operativa per i fornitori, con una conseguente ottimizzazione delle tariffe per gli utenti.
- Accessibilità e inclusività:** Il MaaS democratizza l'accesso ai servizi di mobilità, rendendoli disponibili a un pubblico più vasto, anche a chi non può o non vuole sostenere il costo dell'auto privata.
- Semplificazione e convenienza:** L'eliminazione della necessità di molteplici applicazioni e sistemi di pagamento riduce l'attrito per l'utente, promuovendo una mobilità più fluida e meno stressante.

Sostenibilità Ambientale

- Decarbonizzazione:** L'incoraggiamento all'uso di mezzi di trasporto a basse o zero emissioni (trasporto pubblico, micromobilità elettrica) e la diminuzione del traffico veicolare contribuiscono a ridurre significativamente le emissioni di CO₂ e altri inquinanti atmosferici.
- Riduzione della congestione:** Incentivando l'uso di opzioni di trasporto condivise e pubbliche, il MaaS diminuisce il numero di veicoli in circolazione, riducendo l'impatto sul traffico e la necessità di nuove infrastrutture stradali.
- Uso efficiente del suolo:** La diminuzione del tasso di possesso di veicoli privati libera aree urbane precedentemente destinate a parcheggi, consentendo la riqualificazione di spazi per scopi sociali o ambientali.

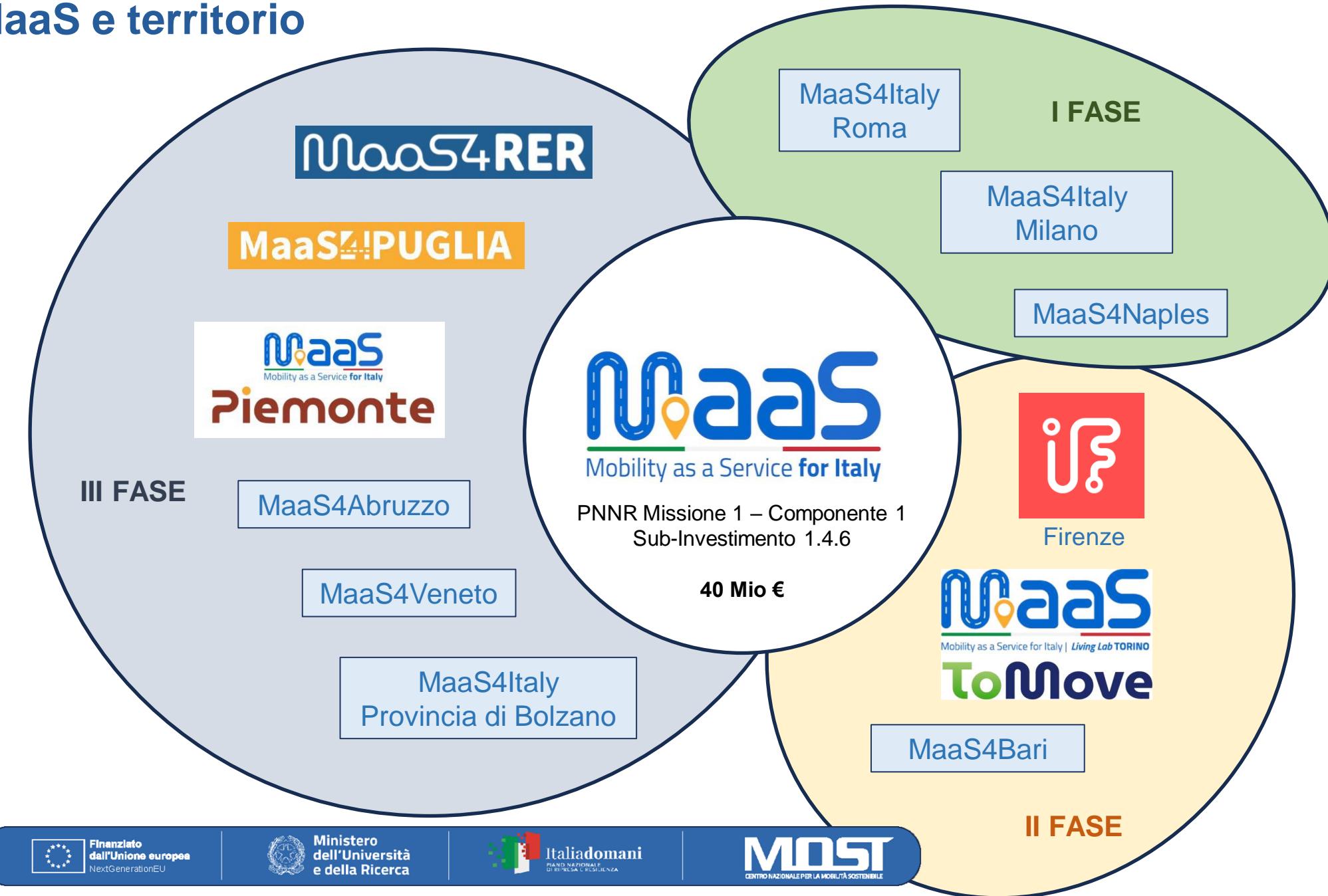
Mobility-as-a-Service: inquadramento generale

MaaS e resilienza

La **Mobility as a Service** può contribuire rendere evidenti le **proprietà di resilienza** (se presenti) dell'offerta di trasporto grazie al suo sistema informativo integrato (digitalizzazione offerta):

- In caso di interruzione del servizio il sistema MaaS **informa l'utente** su come poter raggiungere la propria destinazione (ovvero riprogrammare il viaggio in tempo reale)
- MaaS può aiutare gli utenti ad individuare le alternative di viaggio più **aderenti alle loro esigenze**, anche in presenza di contesto perturbato (migliore alternativa possibile tra quelle disponibili; percorso, mezzo di trasporto, ...)
- L'insieme di modelli comportamentali, Big Data Analysis, IoT, AI, ML possono supportare il MaaS e contribuire a **ridurre l'incertezza** monitorando e prevedendo continuamente lo stato del sistema di trasporto, definendo **piani alternativi da proporre**

MaaS e territorio



SPOKE 8

MaaS & Innovative Services

- **5** Università

- **5** Aziende

- ~ **40** Ricercatori universitari strutturati

- ~ **50** Unità personale aziende private

Reclutamento giovani:

- **12** posizioni da ricercatore

- **12** posizioni per dottorandi/assegnisti

~ **3,8M€** in infrastrutture di ricerca pubbliche

~ **3,9M€** in infrastrutture di ricerca private

~ **2,3M€** per bandi a cascata

~ **2,5M€** Closed call



Politecnico
di Bari

Coordinamento
Spoke



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI CAGLIARI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



HITACHI
Inspire the Next



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Politecnico
di Bari

Il MaaS non è solo una piattaforma o un app:
E' un **ecosistema complesso** a più componenti che punta alla digitalizzazione di domanda e offerta



SPOKE 8

MaaS & Innovative Services

MAAS & Innovative Mobility Services: L'approccio



MaaS e Servizi innovativi e personalizzati di Mobilità multimodale D2D

Quantificazione dei fattori che influenzano le **scelte di mobilità degli utenti** con riguardo alle esigenze specifiche (fisiche, economiche, sociali): **Modelli, Indicatori, Equità, comportamenti**

Integrazione di servizi e servizi innovativi per la mobilità (monitoraggio, gestione, comunicazione, pagamento) **Algoritmi, dispositivi IoT, Sensori, modelli di progetto**

Sistemi di Integrazione di dati: di armonizzazione, di analisi, sicurezza e di distribuzione dei dati. **Sviluppo software, Cyber security, Digital Twin**

Individuazione di **politiche, modelli di business** e organizzativi per la **collaborazione tra fornitori di servizi** di trasporto e tra **fornitori e utenti**.

Organizzazione delle attività

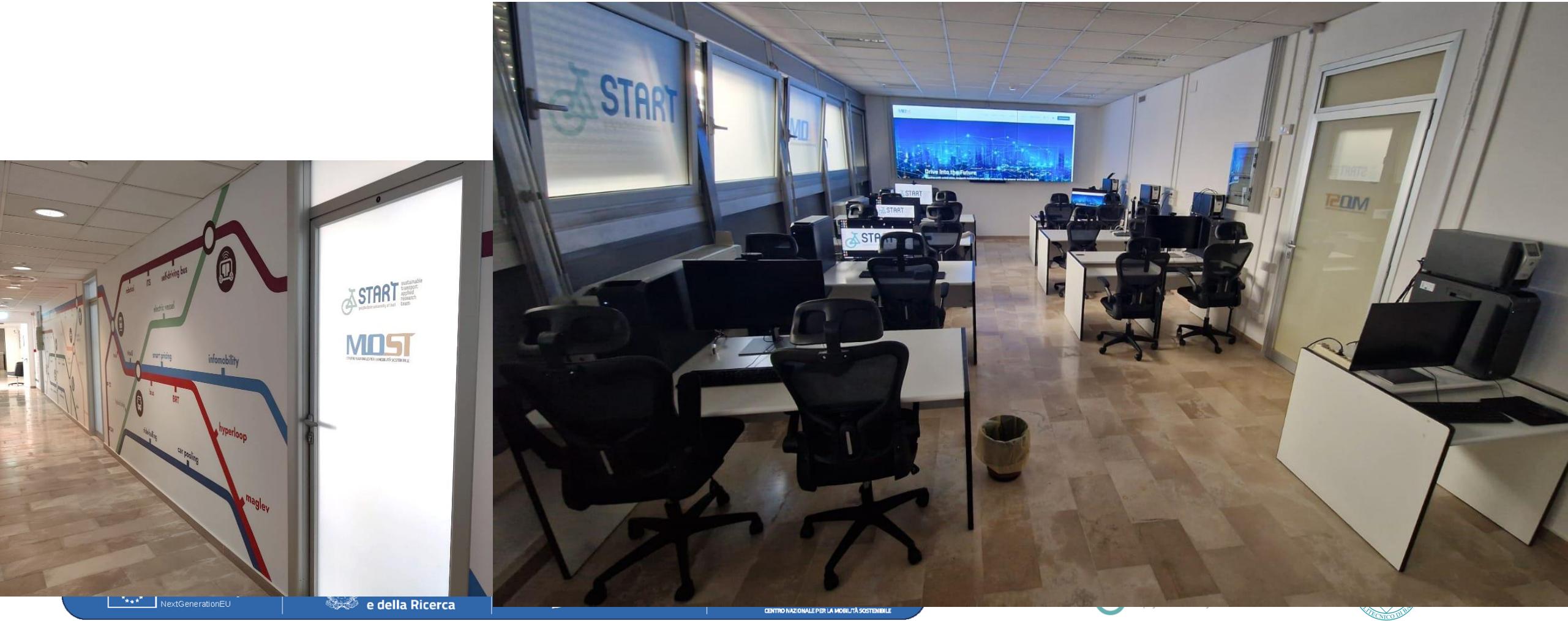
- WP1 – Modelli di domanda di mobilità (domanda analogica)**
- WP2 – Servizi Innovativi per la mobilità sostenibile (offerta analogica)**
- WP3 – Monitoraggio e controllo del Sistema MaaS (digitalizzazione dell'offerta)**
- WP4 – Integrazione, analisi dei dati e distribuzione dell'informazione (digitalizzazione dell'offerta e della domanda)**
- WP5 – Modelli di business e organizzativi**
- WP6 – Rete di laboratori**



WP6 – Integrazione del Sistema

Task 6.1 Task 6.1 “Laboratori distribuiti, acquisizione, integrazione, fusione e trasferimento della conoscenza”

- **MaaS Control Room** (Data analysis and simulation for MaaS)



WP6 – Integrazione del Sistema

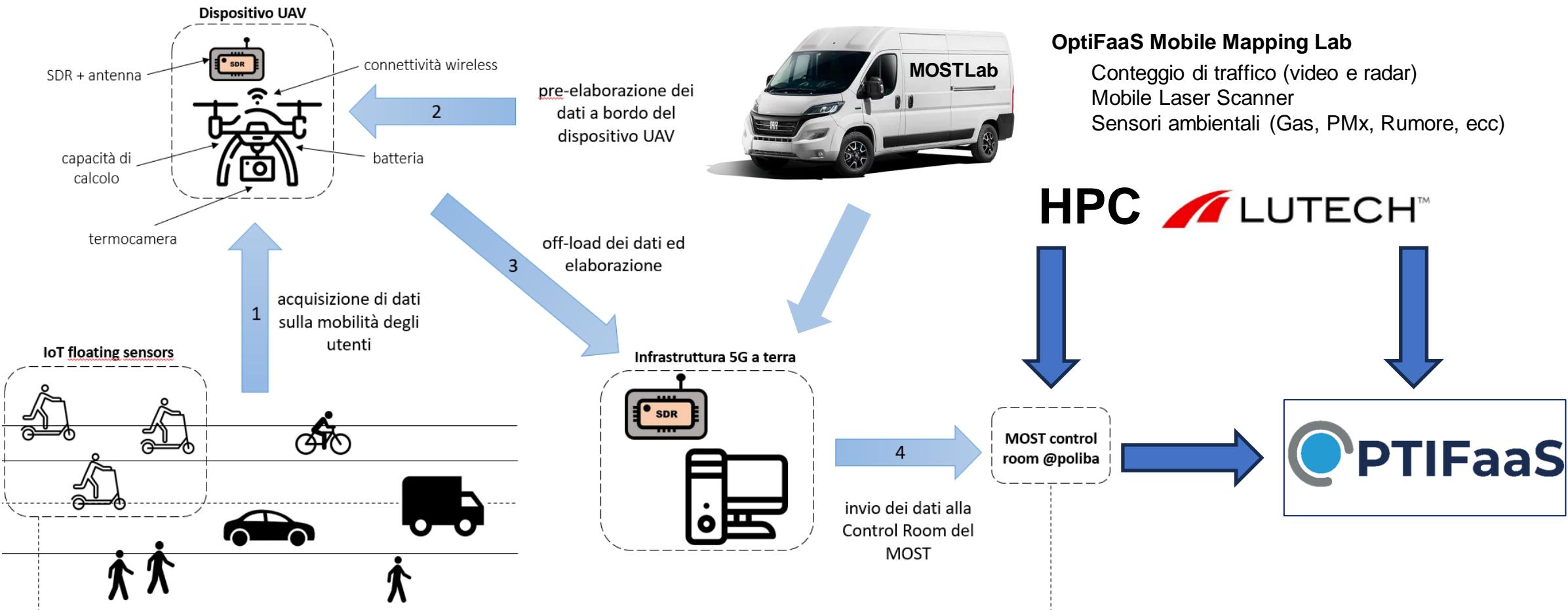
Task 6.1 “Laboratori distribuiti, acquisizione, integrazione, fusion e trasferimento della conoscenza”

- Virtual Reality Lab → Analisi comportamenti e simulazione scenari innovativi



WP6 – Integrazione del Sistema

Task 6.1 “Laboratori distribuiti, integrazione, fusione e trasferimento della conoscenza”



WP2 – Servizi Innovativi per la mobilità sostenibile

Centralità dell'offerta (personalizzata)

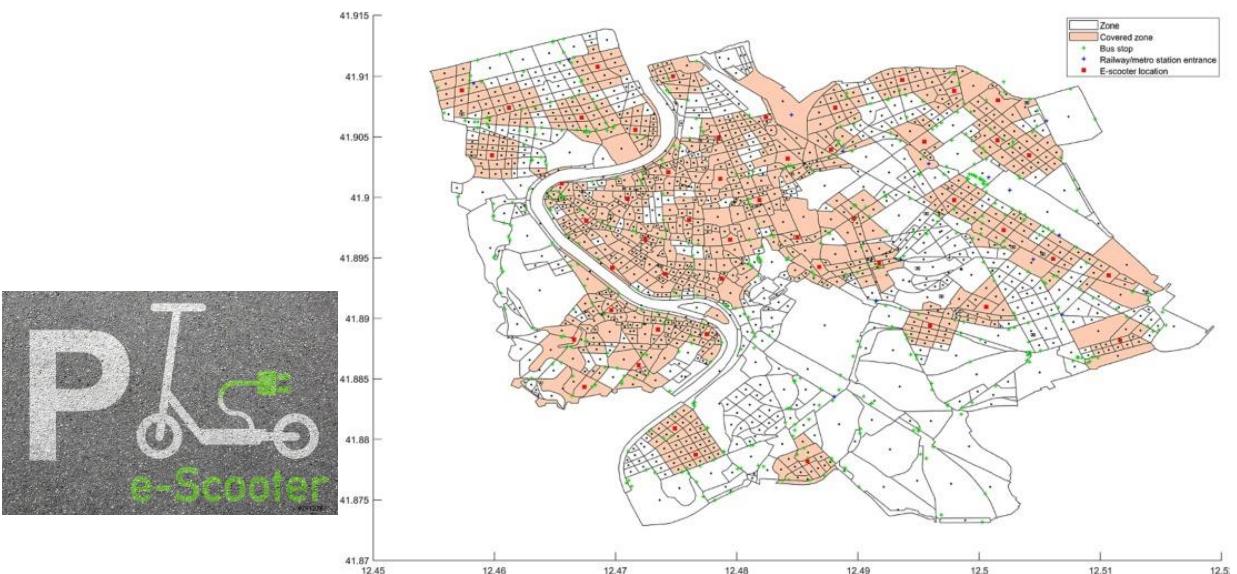
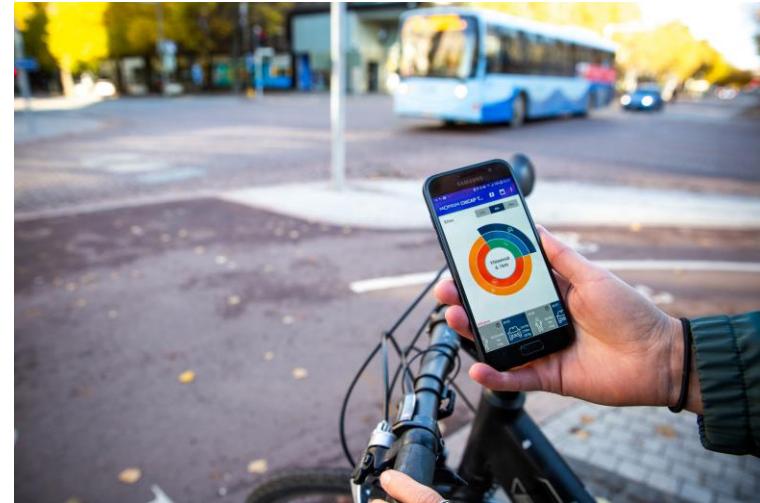
2.1 Servizi innovativi in favore dell'equità, dell'inclusione sociale, della sicurezza e dell'ambiente

2.2 Metodi di progetto e gestione di servizi di mobilità innovativi

2.3 Servizi di Mobilità per supportare il turismo in aree naturalistiche e interne

2.4 Sensori per il monitoraggio della micromobilità, delle infrastrutture e dell'ambiente

2.5 Costruzione di servizi MaaS personalizzati



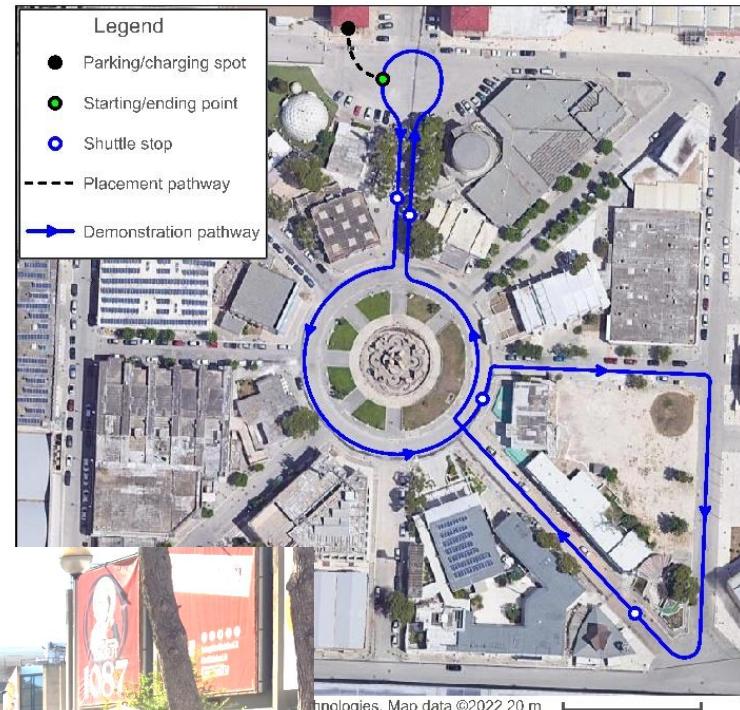
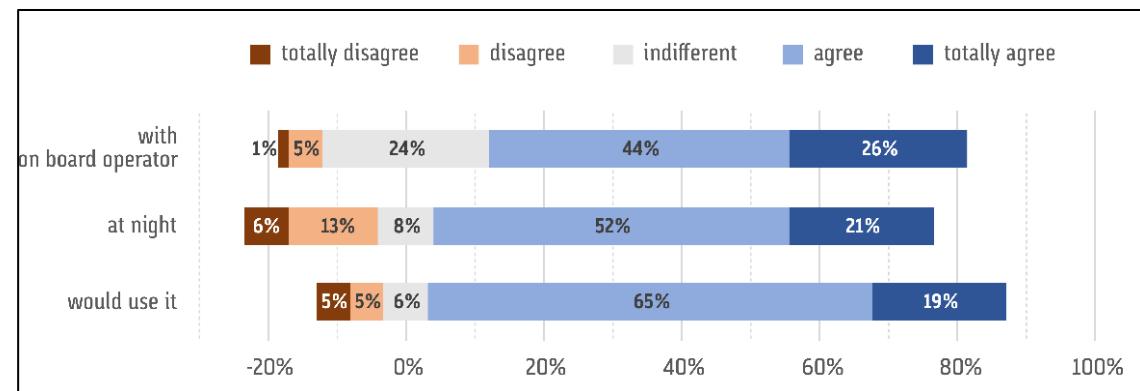
WP2 – Servizi Innovativi per la mobilità sostenibile

Task 2.2 - Design of innovative services, management and deployment

- Analisi della propensione all'uso di bus a guida autonoma

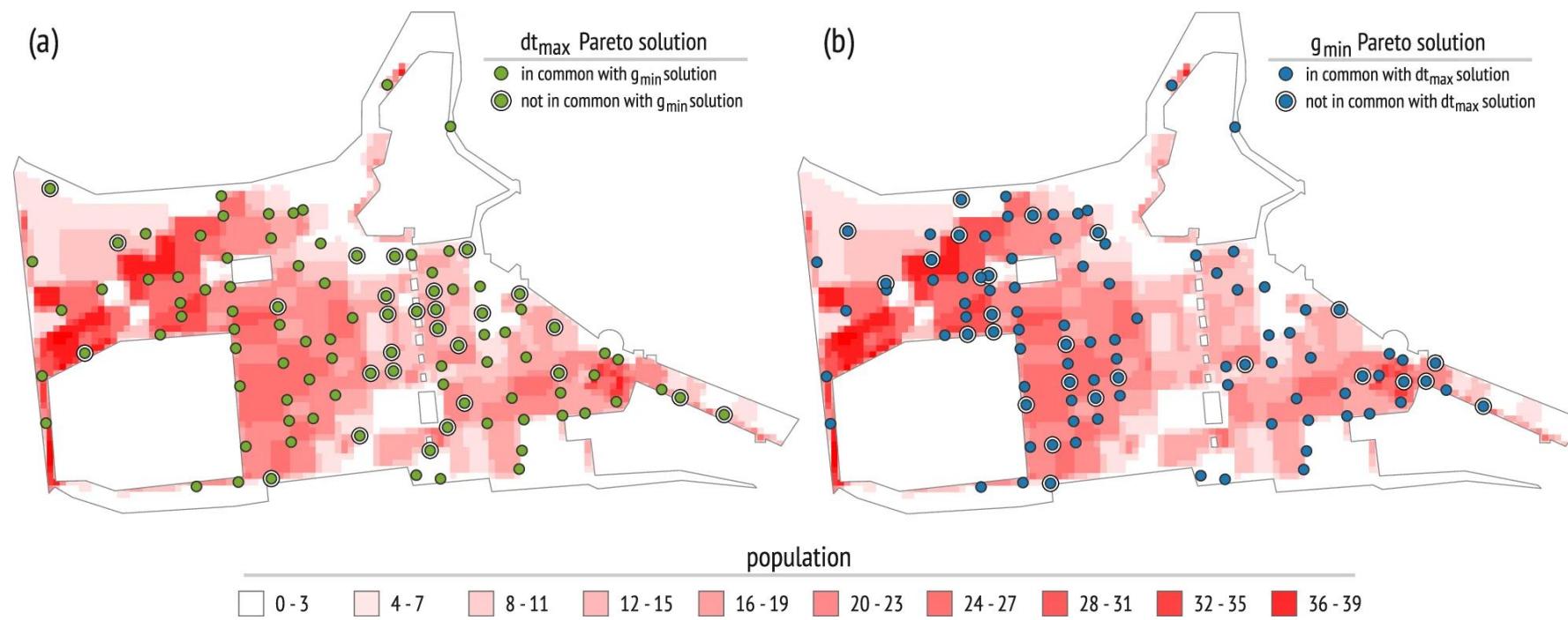


- Gli intervistati hanno indossato un casco EEG con l'intento di **valutare le emozioni** degli utenti durante l'esperienza del test ride

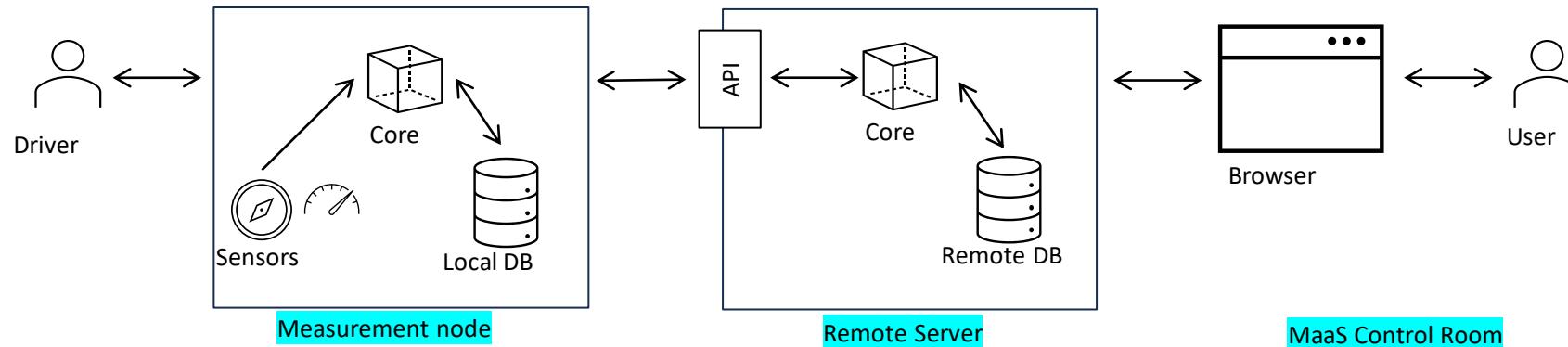


WP2 – Servizi Innovativi per la mobilità sostenibile

Integrazione OptiFaaS con un modello di localizzazione di aree di sosta per sistemi di micromobilità condivisa (monopattini)



WP2 T2.4 Smart Sensors for vehicles, infrastructures, and environment data collection

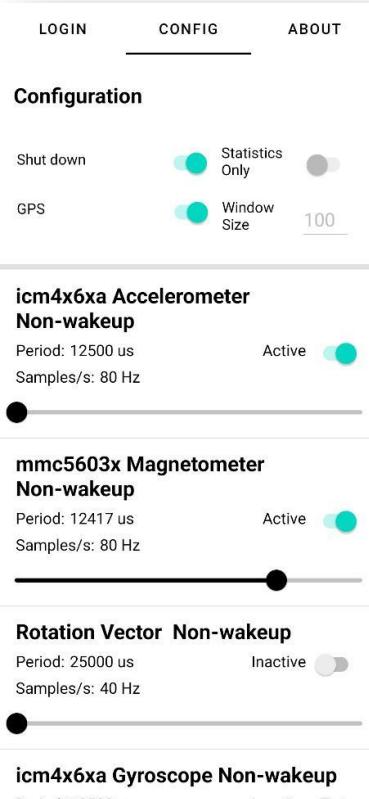


- **Nodi di misura basati su smartphone**, per sistemi operativi Android e iOS, che eseguono applicazioni mobili.
- **Nodi di misura integrati**, con microcontrollore, sensori e modulo di comunicazione.
- **Server remoto**, raccoglie i dati dai nodi di misurazione e li rende disponibili online.

WP2 T2.4 Smart Sensors for vehicles, infrastructures, and environment data collection



Smartphone-based measurement nodes
(GNSS, IMU sensors)

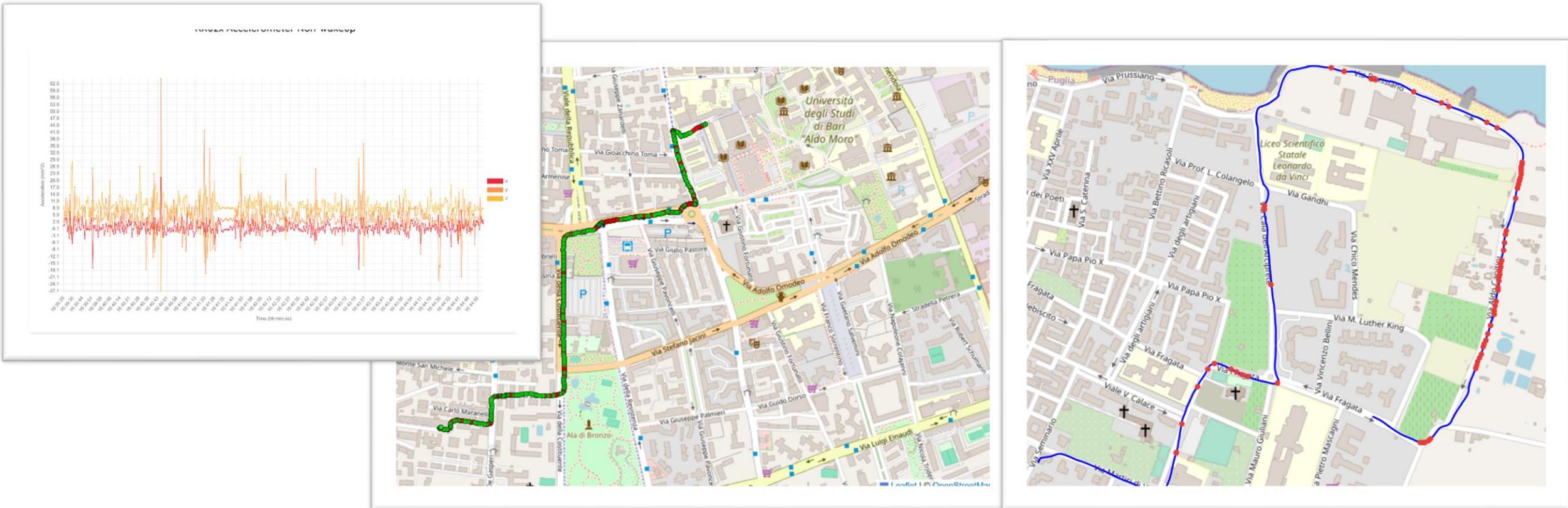


Measurement app



Embedded measurement nodes
(GNSS, IMU, temperature, humidity, barometric pressure, particulate sensors)

WP2 T2.4 Smart Sensors for vehicles, infrastructures, and environment data collection



Mappatura e thresholding dei dati di accelerazione per indentificazione buche e altre irregolarità del manto stradale

WP2 T2.4 Smart Sensors for vehicles, infrastructures, and environment data collection



Mappatura e thresholding dei dati di accelerazione per indentificazione buche e altre irregolarità del manto stradale

WP3 – Monitoraggio e controllo del Sistema MaaS

Conteggio utenti mediante sniffer fissi o mobili



OPTIMOVE - Optical Monitoring for Pollution Impact on Vulnerable Users

Obiettivo:

- Sviluppo di una piattaforma di analisi non invasiva del respiro per monitorare l'esposizione umana agli inquinanti atmosferici urbani.



Metodologia di Analisi:

- **Doppio sistema di rilevamento:** sensore ottico, basato sulla spettroscopia fotoacustica al quarzo (QEPAS), e gascromatografia (TD-GC-MS) per analisi complementari.
- **Valutazione dell'esposizione** degli utenti (deboli) della mobilità attiva (pedoni, ciclisti) o micromobilità (monopattini).



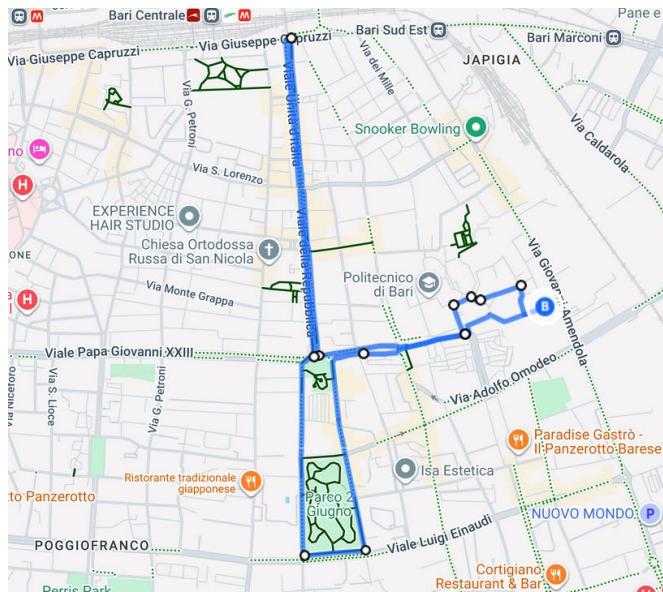
Risultati attesi:

- Progettazione di un protocollo standardizzato di campionamento del respiro per il monitoraggio ambientale nel mondo reale.
- Valutazione delle variazioni dei biomarcatori espirati correlati alle emissioni del traffico urbano.
- Ingestione dei dati in un **sistema MaaS** per utenti deboli

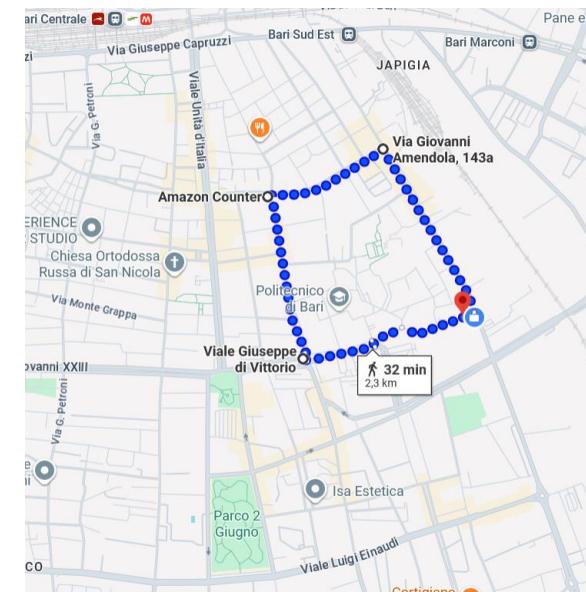
Disegno sperimentale e strategie

- **Coorte:** 18 volontari (9 uomini, 9 donne; età 24-41).
- **Condizioni pre-sperimentali:** colazione leggera standardizzata prima delle 7:00; limitazione delle bevande contenenti caffeina per evitare alterazioni metaboliche o cardiovascolari acute che potrebbero influenzare la composizione del respiro.
- **Percorsi:** due percorsi urbani predefiniti, uno dedicato ai pedoni e uno per monopattini elettrici e bici elettriche: tempo di esposizione al traffico ~ 30 minuti durante l'ora di punta (13:00 - 13:30).

E-bike/e-scooter – 9 km, 30 min



Pedestrians – 2.5 km, 30 min



- **Primo campionamento del respiro:** eseguito prima dell'esposizione, ≥ 5 ore dopo la colazione per garantire una base metabolica stabile.
- **Secondo campionamento del respiro:** eseguito subito dopo aver completato il percorso assegnato.

Experimental workflow e setup

Exhaled breath collection



«Mistral» breath sampler



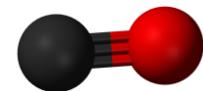
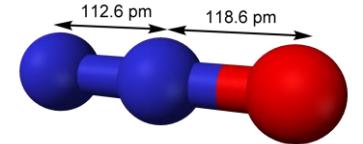
QEPAS sensor



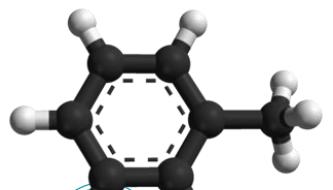
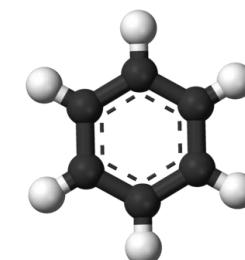
TD-GC-MS



«Light» molecules from vehicular traffic: CO, N₂O



«Heavy» molecules from vehicular traffic: VOCs



Analisi TD-GC-MS dei VOCs (composti organici volatili)

- Variazioni rispetto alle concentrazioni basali/post-esposizione in parti per miliardo (ppb)

MOLECULE	Avg. Variation (ppb)	% avg. Variation
1,1,2,2-Tetrachlorethane	+41	+116%
2-Butanone	+78	+154%
Benzene	+1017	+57%
Toluene	+525	+125%
Ethylbenzene	+74	+53%
m-Xylene	+28	+11%
p-Xylene	+27	+8%
Styrene	+8	+24%

Aumento significativo dei VOCs legati alla combustione e al traffico

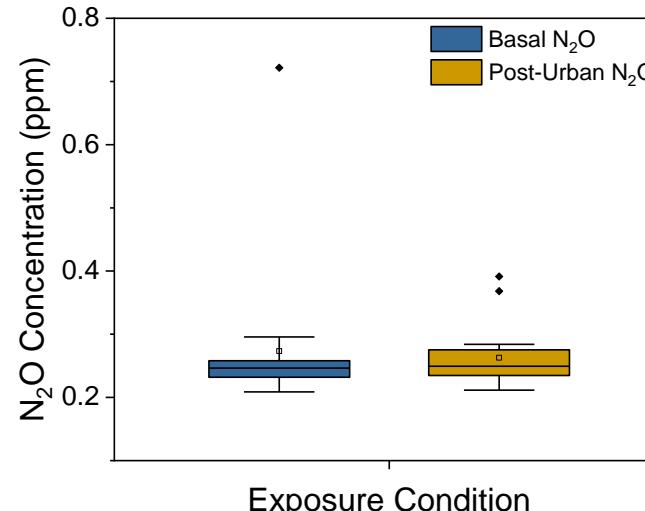
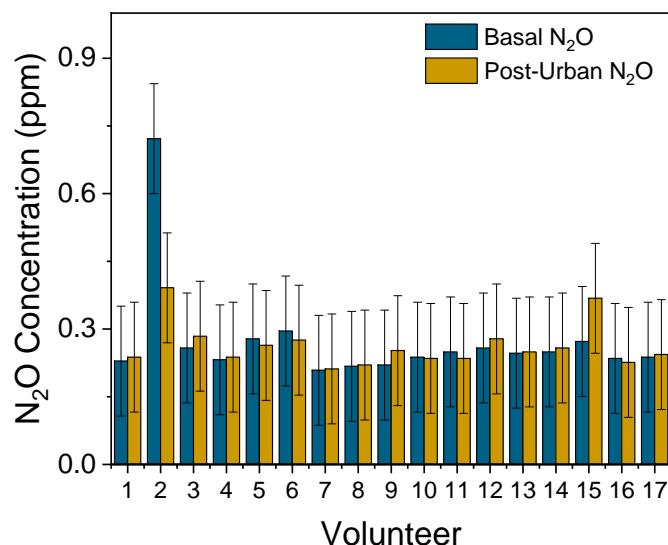
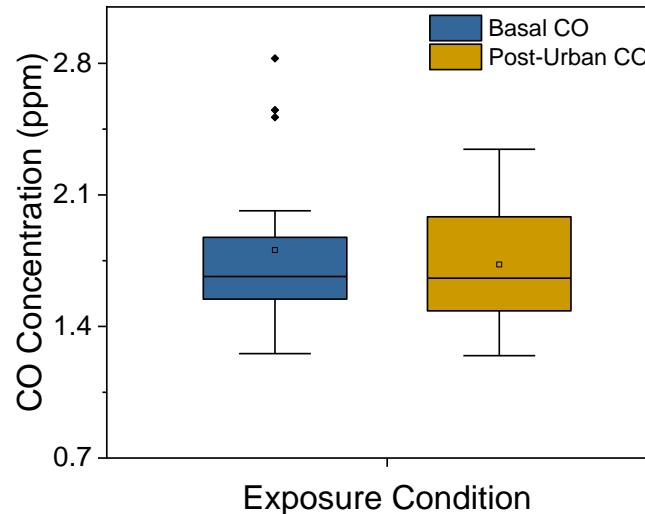
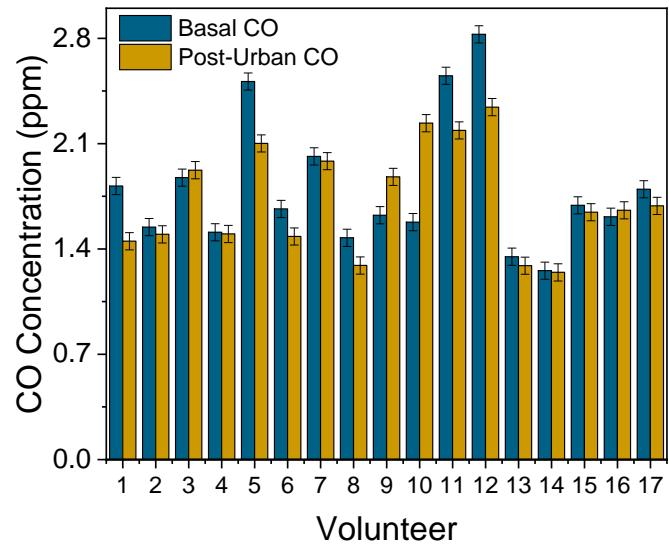
- Confronto tra le concentrazioni durante il moto rispetto all'esposizione fissa (20 minuti, vicino al tubo di scarico)

MOLECULE	% avg mobility	% avg fixed
1,1,2-Trichlorethane	+7%	+99%

L'esposizione prolungata in prossimità dei veicoli porta ad un ulteriore aumento dei VOC

- Le concentrazioni molecolari ritornano ai valori basali dopo diverse ore, a seconda della sostanza

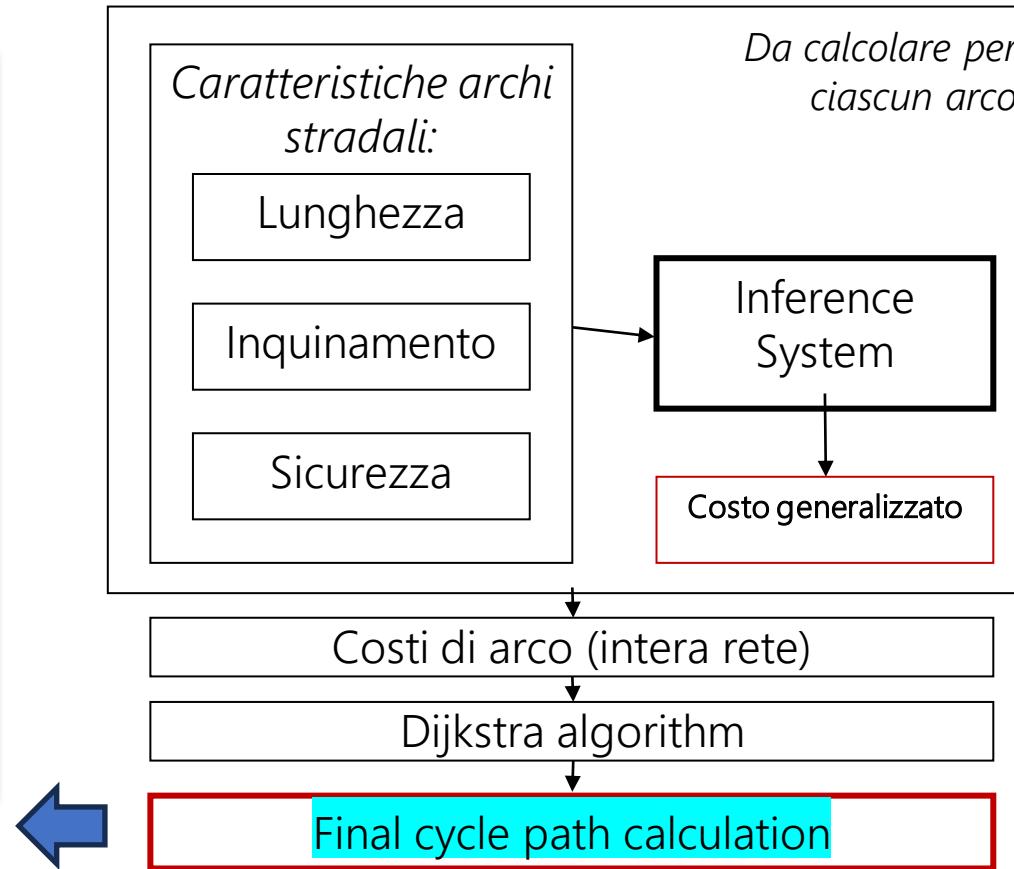
QEPAS sensor per CO/N₂O



Nessuna differenza significativa nella concentrazione pre/post esposizione delle molecole leggere emesse dai veicoli

MaaS per la mobilità attiva: The smartest/optimal path

Percorso migliore + 4 PERCORSI ALTERNATIVI:
Solo lunghezza (percorso più breve)
Solo inquinamento atmosferico (percorso meno inquinato)
Solo sicurezza (percorso più sicuro)
Inquinamento + sicurezza

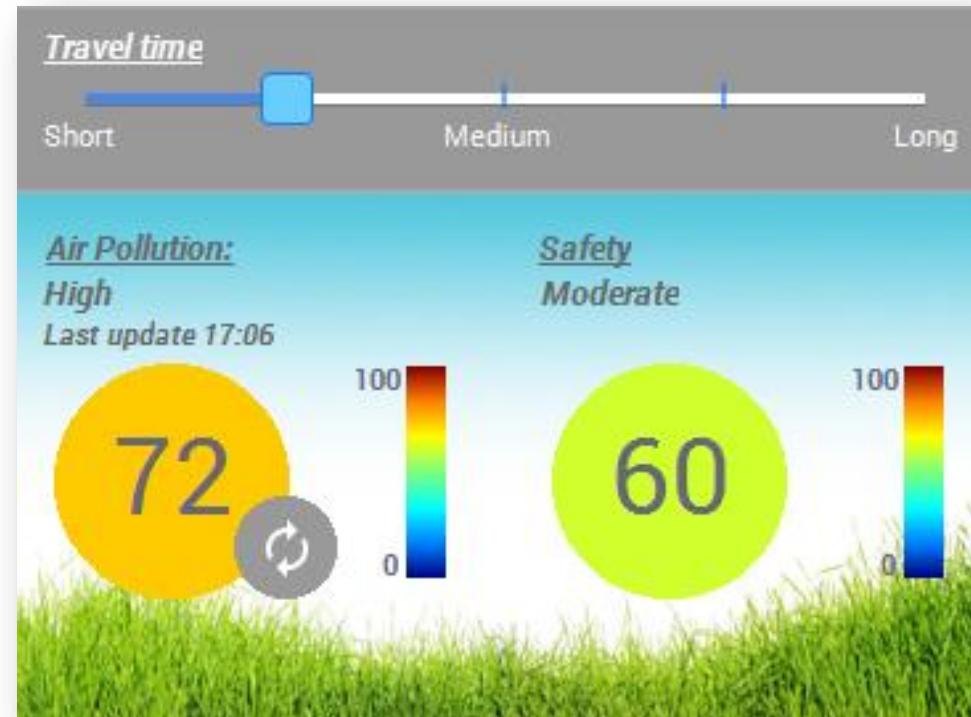


Cycle route planner mobile app



Cycle route planner mobile app

I valori visualizzati nell'applicazione mobile sono relativi ai **5 percorsi alternativi** disponibili in tempo reale: un tempo di percorrenza "breve" significa che il percorso selezionato è il più veloce tra le opzioni possibili; il livello di inquinamento atmosferico più alto (100) significa che il percorso scelto è il più inquinato tra le 5 alternative e così via.



SPOKE 8

MaaS & Innovative Services



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI CAGLIARI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI NAPOLI
FEDERICO II



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



HITACHI
Inspire the Next



Unipol
INTERNAZIONALE
VAIMCO



IL FUTURO DELLA MOBILITÀ
INTELLIGENTE E SOSTENIBILE

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Prof. Michele Ottomanelli



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE



Politecnico
di Bari