

b o l o g n a

BRT

RELAZIONE TECNICA  
SUGLI IMPIANTI DI REGOLAZIONE DEL  
TRAFFICO E TELECOMUNICAZIONE

0850P05-07010100-JRT001\_E00

DATA	CODICE RELAZIONE	REV.
12/2020	0850P05-07010100-JRT001_E00	0

REV	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Emissione	12/2020	P. Del Sorbo	G. Acciaro	M. Lelli

<u>Il Responsabile del progetto e dell'integrazione fra le prestazioni specialistiche</u> <b>Ing. Simone Eandi</b> Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo, n. 1418/A (Firmato digitalmente)	<u>Il Progettista</u> <b>Ing. Pasquale Del Sorbo</b> Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli, n. 11268 (Firmato digitalmente)	<u>Il Direttore tecnico</u> <b>Ing. Giovanni Acciaro</b> Ordine degli ingegneri della Provincia di Roma, n, 21715/A (Firmato digitalmente)
---	---	---

## Sommario

<b>1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Architettura generale di sistema .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Componenti.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Bus (Allestimento Tecnologico).....</b>	<b>7</b>
3.1.1	Pannello indicatore di linea .....	7
3.1.2	Pannello indicatore laterale.....	7
3.1.3	Pannello indicatore posteriore .....	7
3.1.4	Indicatore Turno-Macchina .....	7
3.1.5	Centralina di gestione .....	7
3.1.6	Sistema Informativo Multimediale di Bordo.....	7
3.1.7	Impianto per diffusione audio di prossima fermata e di linea/destinazione.....	7
3.1.8	Sistema di conteggio passeggeri.....	7
3.1.9	Sistema di videosorveglianza .....	7
<b>3.2</b>	<b>Fermata (Allestimento tecnologico).....</b>	<b>7</b>
3.2.1	Sistema di infotainment.....	7
3.2.2	Sistema di videosorveglianza .....	7
3.2.3	Sistema di conteggio persone.....	7
<b>3.3</b>	<b>Il sistema semaforico .....</b>	<b>7</b>
3.3.1	Isola semaforica per intersezione stradale .....	7
3.3.2	Isola semaforica per attraversamento pedonale.....	7
3.3.3	Isola semaforica asservita alla fermata.....	7
3.3.4	Il regolatore semaforico.....	7
3.3.5	Integrazione di isole semaforiche esistenti .....	7
3.3.6	Lanterne semaforiche .....	7
<b>3.4</b>	<b>Sistema integrato per la gestione del flusso di traffico (ITS).....</b>	<b>7</b>
3.4.1	Sistema di controllo del traffico urbano .....	9
3.4.2	Sistema per la gestione e l'analisi dei dati di traffico .....	13
3.4.3	Sistema previsionale del traffico.....	15
3.4.4	Sistema di rilievo e gestione della priorità.....	16
3.4.5	Sistema per la gestione di Pannelli a Messaggio Variabile .....	17
3.4.6	Sistema di controllo, gestione e guida parcheggi .....	18
3.4.7	Sistema di monitoraggio Zone a Traffico Limitato .....	18
3.4.8	Sistema di monitoraggio meteo.....	19
3.4.9	Sistema di allerta meteo .....	20
3.4.10	Sistema di monitoraggio allagamento dei sottopassi.....	21
3.4.11	Sistema di monitoraggio dell'aria .....	22
3.4.12	Sistema di avviso automatico sullo stato degli impianti .....	23
3.4.13	Sistema di condivisione (social) sullo stato degli impianti.....	24
<b>3.5</b>	<b>Rete di trasmissione dati e di interconnessione.....</b>	<b>25</b>
<b>3.6</b>	<b>Centrale Operativa.....</b>	<b>28</b>
3.6.1	Data Center .....	28
3.6.2	Postazione Operatore .....	29
3.6.3	Caratteristiche tecniche della piattaforma ITS .....	29
<b>4</b>	<b>Interfacciamento con i sistemi esistenti.....</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>Interfacciamento con sistema superiore di Supervisione e Controllo .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Dimensionamento del sistema .....</b>	<b>35</b>

## Relazione Tecnica sugli impianti di regolazione del traffico e telecomunicazione

### 1 Premessa

La presente relazione ha come oggetto la descrizione della infrastruttura tecnologica di monitoraggio, controllo ed automazione nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della linea Metrobus sulla direttrice S.Vitale tra Bologna e Medicina.

La realizzazione di una linea Metrobus sulla direttrice S.Vitale è prevista dal Piano Urbano della Mobilità Sostenibile della Città Metropolitana di Bologna, approvato il 27/11/2019, quale elemento portante della rete del trasporto collettivo lungo la direttrice da concretizzarsi con un sistema di trasporto assimilabile a BRT (Bus Rapid Transit).

Il sistema Metrobus sulla direttrice S.Vitale sarà costituito da un corridoio infrastrutturato su cui transiteranno due tipologie di servizi:

- Metrobus AV (Alta Velocità), con corse che si svilupperanno sulla relazione extraurbana Bologna-Medicina, che effettueranno servizio solo nella fermate principali, appositamente infrastrutturate per garantire alti livelli di accessibilità e confort, tempi ridotti di incarrozzamento e una dotazione di servizi propria di un sistema portante (adeguati spazi di attesa, intermodalità, informazioni in tempo reale, ecc.), e che saranno effettuati con autobus elettrici snodati da 18 m, con allestimenti interni con una quota prevalente di posti a sedere.
- Metrobus AC (Alta Capacità), con corse che si svilupperanno sulla relazione suburbana Bologna-Castenaso, che effettueranno servizio in tutte le fermate extraurbane<sup>1</sup>, anche quelle non servite dal Metrobus AV, e che saranno effettuate con autobus elettrici snodati da 18 m, con allestimenti interni con una quota prevalente di posti in piedi.

Il corridoio percorso dalle due linee è comune nella tratta compresa tra Bologna (Capolinea Autostazione) e Ca' dell'Orbo (Frazione del comune di Castenaso); oltre Cà dell'Orbo, il Metrobus AV prosegue lungo il percorso più diretto fino a Medicina (Capolinea Centro di Mobilità di Medicina) mentre il Metrobus AC devia su un percorso alternativo che lo porta ad attestarsi a Castenaso (Capolinea Castenaso Mazzini) dopo averne attraversato l'intero abitato.

La via di corsa delle linee Metrobus di progetto è in prevalenza coincidente con la sede stradale esistente, utilizzata in promiscuo con le altre modalità di trasporto; ciononostante sono garantite per entrambe le linee velocità commerciali elevate (superiori a 21 km/h per la AC e a 37 km/h per la AV) grazie alla realizzazione di una serie di interventi infrastrutturali localizzati, alla predisposizione di un sistema di gestione del traffico che controllerà gli impianti semaforici lungo la direttrice garantendone l'asservimento al transito del Metrobus e alla soppressione delle fermate.

Le opere di infrastrutturazione del corridoio comprendono:

- allestimento dei punti di ricarica dei mezzi, concentrati ai capolinea e nelle aree di deposito
- riqualificazione e allestimento secondo nuovi standard, derivati dai sistemi BRT, delle fermate Metrobus AV
- realizzazione di nuove fermate e capolinea e delle opere necessarie a garantirne l'accessibilità e l'interscambio con le altre modalità di trasporto, pubblico e privato;
- realizzazione di interventi stradali finalizzati a incrementare la velocità commerciale e la sicurezza dei servizi Metrobus mediante:
  - allargamenti localizzati della sede stradale esistente al fine di consentire la realizzazione di tratti di corsia preferenziale in corrispondenza delle aree in cui risultano più pesanti gli effetti sui tempi di percorrenza della congestione stradale dovuta al traffico veicolare privato, così da garantire al Metrobus velocità commerciali più alte, rispetto agli attuali servizi di TPL, e sostanzialmente indipendente dalla fascia oraria;
  - interventi sulla regolazione delle intersezioni stradali al fine di annullare o ridurre significativamente i perditempo per il superamento delle stesse da parte dei mezzi Metrobus, tra cui:
    - asservimento degli impianti semaforici
    - riorganizzazione delle corsie di canalizzazioni
    - riorganizzazione delle fasi semaforiche
  - protezione mediante impianti semaforici di tutti gli attraversamenti pedonali e/o ciclabili sul percorso della Linea Metrobus AV; gli impianti semaforici a protezione degli attraversamenti, sia esistenti che di progetto, saranno asserviti al transito dei mezzi Metrobus

<sup>1</sup> In ambito urbano, il Metrobus AC servirà tutte le fermate attualmente servite dalle linee extraurbane.

- realizzazione, per le fermate in ambito extraurbano ove le condizioni al contorno lo permettano, di golfi di fermata esterni alle corsie di marcia e di impianti semaforici asserviti, atti a garantire una pronta e sicura reimmissione dei mezzi Metrobus nella corsia di marcia dopo la sosta in fermata
- predisposizione di sistema tecnologico ITS a supporto del servizio Metrobus e articolato in:
  - sottosistema di bordo, installato su ciascun mezzo Metrobus
  - sottosistema di terra distribuito lungo il tracciato in corrispondenza delle fermate, delle tratte preferenziate, delle intersezioni e degli attraversamenti semaforizzati, dei capolinea
  - rete di interconnessione per la trasmissione dei dati
  - centrale operativa
  - sistema di gestione del traffico, infomobilità e sicurezza
- specifici interventi finalizzati alla intermodalità, quali:
  - realizzazione di specifici spazi di sosta per biciclette, moto e auto private, nelle immediate adiacenze delle fermate Metrobus e dedicati all'interscambio con i servizi di TPL
  - predisposizione di postazioni dei servizi di bike-sharing già attivi nell'ambito metropolitano in corrispondenza di fermate del Metrobus
  - realizzazione a Medicina del Centro di Mobilità in corrispondenza del capolinea del Metrobus
  - integrazione della fermata Metrobus nel Centro di Mobilità di Castenaso
- predisposizione delle aree di deposito per il materiale rotabile e loro attrezzaggio, tra gli altri, con gli impianti necessari alla ricarica dei mezzi.

## 2 Architettura generale di sistema

L'architettura generale del sistema di regolazione del traffico, infomobilità e telecomunicazione a supporto del servizio Metrobus prevede la interconnessione in tempo reale tra le varie componenti tecnologiche, ovvero:

- il **bus**, che è un veicolo a trazione elettrica che copre il tragitto tra i due capolinea e attraverso viene assolta l'esigenza di mobilità dei passeggeri;
- la **fermata**, ovvero il punto del tragitto in cui si ha l'accesso o l'uscita dei passeggeri dal sistema di trasporto o, ancora, in cui avviene l'interscambio all'interno di uno spostamento complesso;
- il **sistema semaforico** asservito, attraverso cui è possibile intervenire sulla regolazione del traffico;
- il **sistema integrato di gestione del traffico ed infomobilità**, che gestisce lo scorrimento del bus sul tragitto, ne governa le fermate, fornisce informazioni agli utenti in tempo reale;
- la **rete di interconnessione**, che è la rete di trasmissione dati ad alta velocità che interconnette la centrale operativa con il bus, la fermata e le apparecchiature distribuite sul tragitto;
- la **centrale operativa**, che è il luogo fisico dove risiede il sistema di gestione, controllo, monitoraggio ed infomobilità.

Il progetto prevede una interconnessione tra le componenti periferiche attraverso una **rete di comunicazione ad alta velocità** che consenta lo scambio delle informazioni con una **centrale operativa** dove risiede un **sistema ITS evoluto** che sia in grado di svolgere le seguenti funzioni primarie:

- Operare sul sistema semaforico installato lungo la direttrice di marcia del bus al fine di realizzare una **onda verde** che consenta al bus di percorrere la tratta minimizzando i rallentamenti in prossimità delle intersezioni con strade di adduzione trasversali ed in prossimità di attraversamenti pedonali.
- Operare sul sistema semaforico installato in prossimità delle fermate al fine di ottimizzare i tempi di sosta per scambio passeggeri e agevolare la immissione nel flusso veicolare lungo la direttrice di marcia.

Accanto al sistema ITS si prevede un **sistema di infomobilità** che può fornire informazioni in tempo reale all'utenza in modalità multicanale, ovvero attraverso: smartphones, pannelli a messaggio variabile distribuiti lungo il percorso e pannelli a messaggio variabile presenti alla fermata. Tale sistema deve essere in grado di fornire informazioni sullo stato della tratta ad altri sistemi di infomobilità presenti negli ambiti urbani attraversati per consentire la più ampia diffusione delle informazioni all'utenza e agevolare l'utilizzo del Metrobus per gli spostamenti metropolitani.

L'architettura generale del sistema prevede la interconnessione in tempo reale tra le varie componenti tecnologiche del sistema Metrobus.

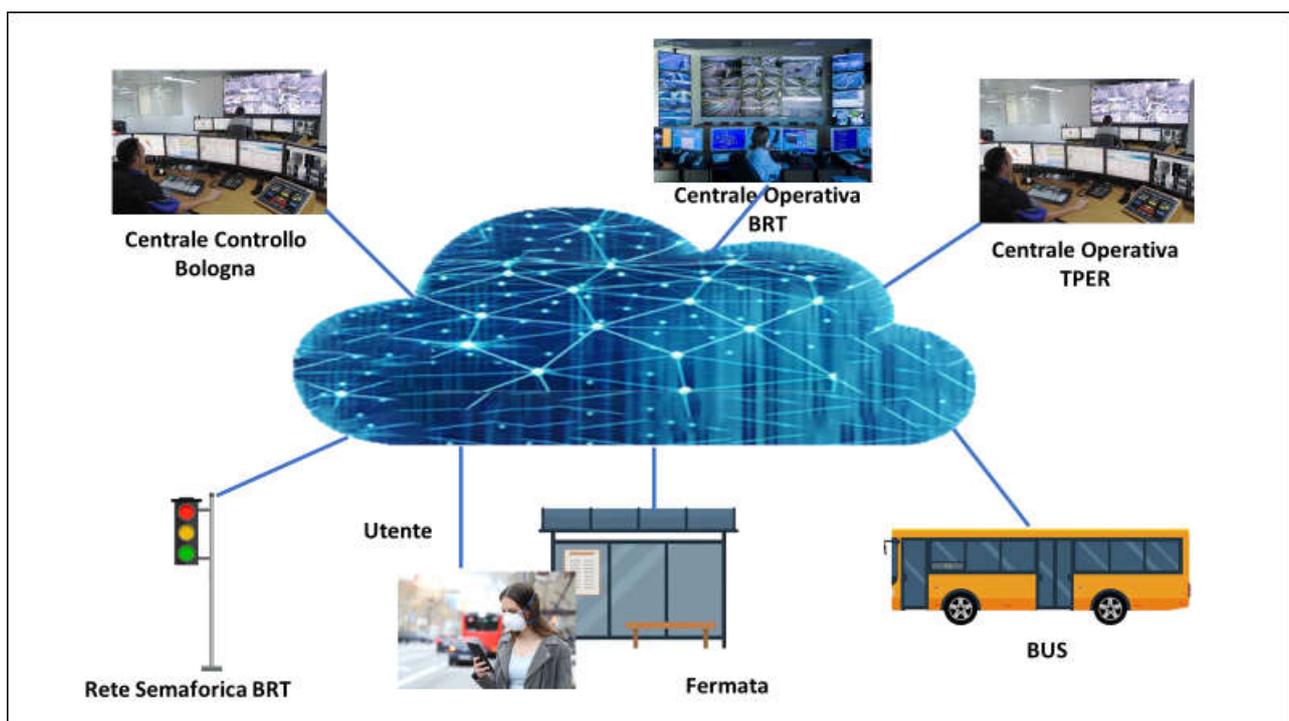


Figura 2-1: Architettura generale del sistema

### **3 Componenti**

#### **3.1 Bus (Allestimento Tecnologico)**

#### **3.2 Fermata (Allestimento tecnologico)**

#### **3.3 Il sistema semaforico**

#### **3.4 Sistema integrato per la gestione del flusso di traffico (ITS)**

Il sistema progettato, uno dei più moderni e flessibili attualmente disponibili grazie all'avvento delle tecnologie di rete su IP ed il massivo utilizzo di motori di Intelligenza Artificiale (AI), può operare su reti di ogni complessità, può adattare continuamente la strategia di controllo a seconda della domanda di traffico ed è in grado di comunicare con i dispositivi di campo con qualsiasi rete IP esistente, cablata o wireless.

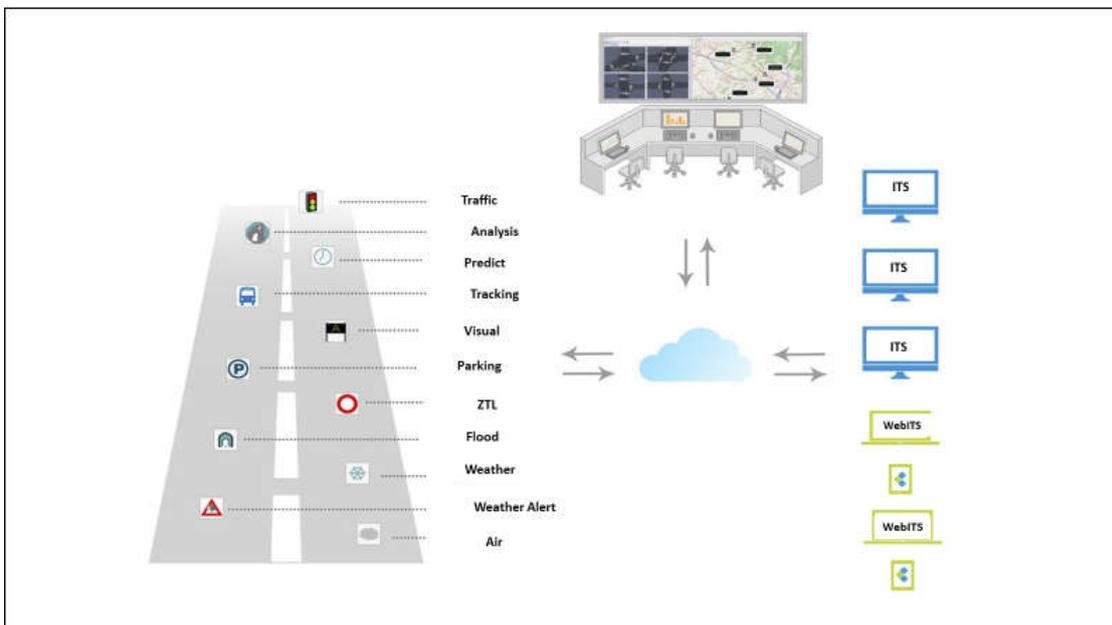
L'architettura aperta permette di controllare diversi dispositivi (controllori del traffico, sensori, dispositivi di controllo per l'illuminazione pubblica, pannelli a messaggio variabile, stazioni meteo, parcheggi, etc.) ed offre agli Enti locali la possibilità di delegare la gestione e la manutenzione dei vari sottosistemi.

L'architettura software della piattaforma deve essere di tipo modulare e tutti i moduli devono interagire tra loro creando una soluzione ITS completa che può soddisfare tutti i requisiti di un sistema integrato per il miglioramento della mobilità e della sicurezza dei cittadini. Tutti i dispositivi su strada mediante un'unità di comunicazione scambiano continuamente dati con i server centrali. In questo modo tutti gli impianti sono centralizzati, ovvero collegati a un sistema centrale informatizzato che ne consente l'utilizzo e la gestione.

La centralizzazione degli impianti con una piattaforma unica permette:

- la gestione, il monitoraggio e il controllo degli impianti, i cui dati (ottenuti dai dispositivi centralizzati) sono disponibili su una pagina web, consultabile dal proprio browser (PC o Tablet) senza la necessità di installare software o applicazioni dedicate;
- la configurazione degli allarmi agli operatori per reagire in modo efficace ogniqualvolta si presenti un problema;
- l'accesso senza alcun limite per il numero di utenti contemporaneamente collegati, in quanto la piattaforma deve consentire un numero illimitato di accessi;
- l'accesso dell'operatore in qualsiasi momento alla piattaforma e da ogni luogo: l'interazione tra l'utente e il sistema avviene su protocollo IP, dunque è possibile accedere al centro di controllo da qualsiasi parte del mondo, attraverso una connessione Internet, mediante l'inserimento di credenziali di accesso che permettono la gestione dell'impianto dalla versione PC Client o Control Room, dalla versione Web Client e dalla versione Mobile;
- l'espandibilità e scalabilità del sistema;
- le informazioni in tempo reale: grazie ad una attenta gestione dei livelli di accesso al sistema, inoltre, è possibile consentire ad ogni tipo di utente (system integrator, progettisti, ingegneri del traffico, manutentori) di avere solo i dati di cui hanno bisogno, in modo da massimizzare efficienza e sicurezza;
- compatibilità e adattabilità con i dispositivi già in uso: versione mobile per smartphone e tablet. Con il modulo Mobile si dovrà poter accedere ai sistemi di controllo da qualsiasi posto tramite diversi dispositivi e sistemi operativi con le credenziali di accesso. La versione mobile deve rendere possibile controllare e gestire gli impianti centralizzati, con nessuna App da installare e con una interfaccia user-friendly;
- la riduzione sensibile degli interventi locali;
- l'aggiornamento costante delle funzionalità e dell'interfaccia grafica del software

L'architettura modulare è rappresentata nella figura seguente.



Alla piattaforma ITS si demanda la gestione integrata delle intersezioni semaforizzate, dei pannelli a messaggio variabile, delle stazioni traffico, delle stazioni meteo, parcheggi, ecc...

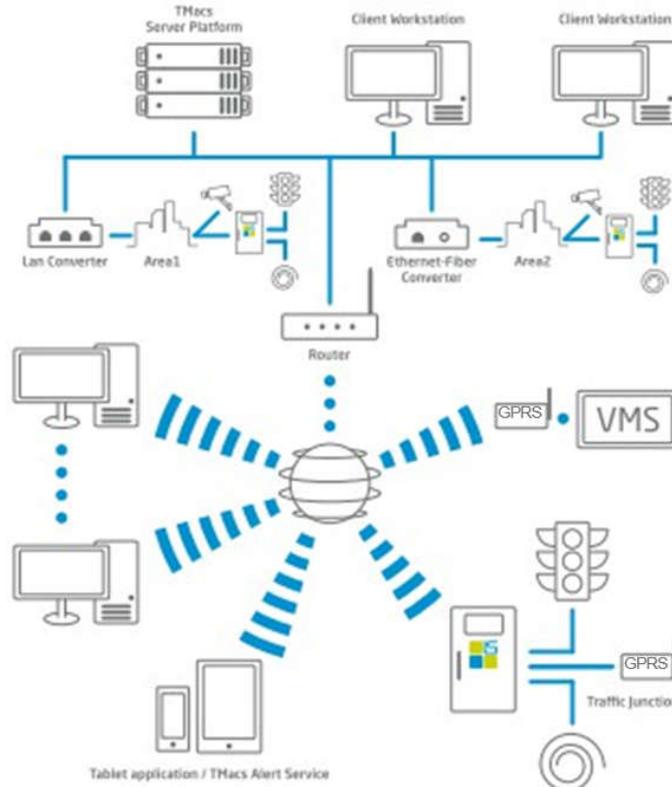
Essa deve poter funzionare su strutture hardware fisiche o virtuali, su server privati e indipendenti o condivisi su Cloud. Le configurazioni possono essere del tipo: Monoserver, Multiserver, su strutture Cluster/Cloud.

L'intero sistema deve essere sviluppato in linguaggio Java, quindi compatibile con la maggior parte di computer e sistemi operativi. L'interazione tra client e server, oltre alla disponibilità dei dati registrati, deve fornire ogni parametro per l'elaborazione di ogni strategia, gestire ed esaminare ogni tipo di richiesta e di direttiva, fornendo l'esatta situazione prima, durante e dopo l'intervento di qualsiasi operazione.

La piattaforma deve consentire la configurazione di vari tipi di identità, con la possibilità di abilitare le funzionalità del Software, ciò significa che un profilo può avere accesso illimitato a un sottoinsieme della rete, ma non ad altre parti di esso, oppure un profilo può accedere solo ad un determinato tipo di dispositivi collegati al sistema (come PMV, o Meteo ad esempio).

Questa flessibilità consente una vasta gamma di utenti, come consulenti di controllo di dati statistici, tecnici incaricati di manutenzione delle attrezzature di campo o ingegneri del traffico per modificare le strategie di gestione della rete viaria.

La piattaforma ITS comunica continuamente con tutti i dispositivi remoti sotto il suo controllo. Al fine di mantenere questa comunicazione, il sistema può utilizzare qualsiasi tipo di rete: cavi dedicati, fibre ottiche, nodi di accesso a Internet, o GPRS. Il client deve interagire con il server attraverso una LAN o tramite Internet, consentendo la completa portabilità del sistema. Il Sistema Centrale deve gestire i vari accessi tramite una procedura di autenticazione, in base al tipo di Utente deve variare il livello di interazione con il Sistema in modo da consentire ad ogni operatore di accedere solo alle funzioni che è in grado di gestire.



Il server centrale esegue due funzioni principali:

- L'interfaccia tra server e i dispositivi remoti (controllori del traffico, stazioni di monitoraggio del traffico, PMV, Parcheggi...);
- L'interfaccia tra il server e l'utente finale (client).

La piattaforma ITS gestisce in modo completamente automatico tutti i dispositivi remoti, registrando ogni singolo cambio di dati. Ciò significa che i dati relativi a un dispositivo remoto, dal momento della sua installazione iniziale, sono archiviati e fruibili in qualsiasi momento.

Svolge inoltre il controllo delle linee di comunicazione e comunica in tempo reale agli utenti registrati qualsiasi irregolarità che possa compromettere la completa efficienza del sistema.

Di seguito si vanno a descrivere i vari moduli che costituiscono l'architettura sinora descritta.

### 3.4.1 Sistema di controllo del traffico urbano

Il Sistema integrato di controllo del traffico che gestisce la mobilità nel contesto urbano e coordina i flussi di traffico, tiene conto delle esigenze di automobili, mezzi di trasporto pubblici, ciclisti e pedoni. In particolare, **il tempo perso dai veicoli di trasporto pubblico alle intersezioni segnalate deve essere ridotto al minimo** attraverso interventi completamente adattativi.

Il must-have per un sistema adattivo di gestione del traffico sono i dati di traffico e da acquisire e memorizzare da qualsiasi tecnologia disponibile (loop, video, ultrasuoni e sensori a microonde) i dati necessari.

Tutti i dati sono comunque trasmessi al centro di controllo, dove possono essere utilizzati per decisioni di livello superiore circa la gestione del traffico di rete.

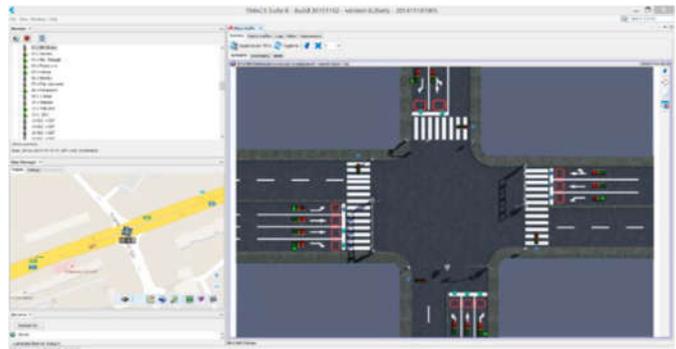
Il sistema centrale analizza tutti i dati in entrata, produce una visualizzazione grafica e invia istruzioni ai regolatori semaforici. Questa tecnologia di controllo del traffico permette una rapida individuazione e la soluzione della maggior parte dei problemi che possono sorgere sulla rete del traffico sotto controllo. Tale sistema deve offrire elevate prestazioni, nel traffico congestionato e in condizioni prevedibili.

Indagini di campo hanno dimostrato i seguenti benefici:

- 25% riduzione dei tempi per il trasporto pubblico
- 18% riduzione dei tempi per il trasporto privato
- 14% riduzione delle emissioni inquinanti in ambito urbano.

Le principali funzioni che il sistema deve offrire sono:

- generazione dinamica: Logica totalmente adattativa;
- generazione mista: adattativa e/o a selezione di piano;
- misura del livello di saturazione;
- valutazione della capacità dell'infrastruttura;
- modelli di deflusso (Greenshield; Greenberg, Parabolic, Loga-rithmic, Model of the vehicle lined up);
- stabilità del Traffico (local and asymptotic);
- analisi dell'onda d'urto;
- modello del "rolling gate" decongestione;
- valutazione del Livello di Servizio LOS su 6 livelli in real time;
- valutazione del tempo di ritardo;
- calcolo del tempo di ritardo;
- coordinamento di intersezioni attuate dal traffico.



Il software client deve consentire all'utente di eseguire le seguenti operazioni:

- il controllo dello stato in tempo reale della rete e accedere ai dati memorizzati su qualsiasi dispositivo controllato;
- l'accesso al database che contiene tutti i dati relativi al traffico, confrontare periodi diversi, le elaborazioni grafiche, studio di strategie e stampa dei dati;
- l'interazione con le unità locali, ad esempio, impostare il modo di funzionamento, la programmazione completa dei piani semaforici per ogni incrocio, la gestione dei messaggi su Pannelli Informativi, ecc.;
- le operazioni di manutenzione da remoto, come il riavvio delle macchine su strada, reset di eventuali allarmi e riconfigurazioni varie;
- la rappresentazione grafica completa di tutto il sistema controllato, con visione completa di tutto il sistema controllato e personalizzazione delle icone in base ai dispositivi da controllare attraverso la funzionalità "Livello Macroarea";
- la descrizione grafica dell'area controllata con distinzione delle fasi semaforiche mediante la funzionalità "Livello Microarea".

Un esempio di rappresentazione grafica dei Livelli di Macroarea è riportato in figura seguente:



Il servizio di controllo del traffico deve offrire una elevata flessibilità di configurazione. Si deve collegare direttamente ai controllori del traffico attraverso internet e può forzare la strategia di controllo, sulla base dei dati provenienti dai sensori.

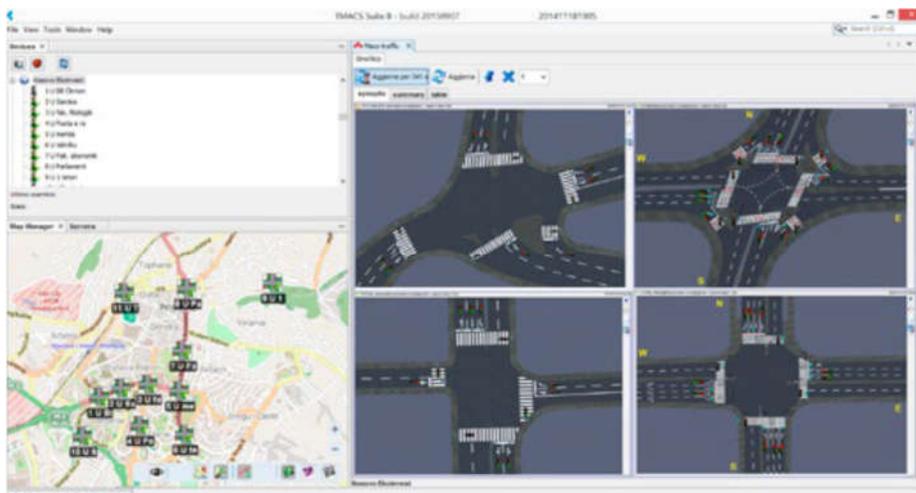
Le autorità locali o gli integratori di sistema che desiderano utilizzare il servizio ridurranno drasticamente i costi di avviamento e di manutenzione, avendo poi benefici in termini di prestazioni durature nel tempo.

L'uso di strutture specifiche per l'alloggiamento del sistema di controllo garantisce elevati standard di affidabilità, mentre i servizi di supporto, supervisione, interazione e manutenzione consentono all'utente di avere una visione completa del Sistema.

La **flessibilità della comunicazione** dà la possibilità di utilizzare qualsiasi infrastruttura, riducendo così la necessità di installare nuovi dispositivi.

Il Sistema deve consentire di definire nel dettaglio la regolazione di ogni incrocio o di una rete coordinata. Al fine di agevolare l'analisi del comportamento della rete e per verificare l'efficacia della strategia di gestione adottata, il sistema deve offrire strumenti di calcolo e di rappresentazione visiva. Questo consente agli ingegneri del traffico di fare il migliore uso della grande quantità di dati raccolti dal sistema. Il sistema deve utilizzare una strategia fully adaptive e una strategia a selezione di piano. Nella strategia fully adaptive vengono applicati concetti dinamici di ottimizzazione per ridurre il più possibile i tempi persi sia del trasporto pubblico sia del trasporto privato. L'ottimizzazione è basata su un continuo monitoraggio della rete. L'intera rete è suddivisa in incroci coordinati mediante unità di controllo che comunicano continuamente con il sistema centrale. La seconda strategia è la selezione di Piano, che prevede l'attivazione di piani

semaforici a seconda delle condizioni di traffico presenti, secondo criteri specifici. I piani possono attivati dall'operatore, selezionati attraverso il riconoscimento dinamico degli scenari di traffico e in base all'orario.



L'interazione con il sistema ai fini strategici di gestione e coordinamento, deve consentire **3** livelli di approccio:

**Coordinatore Esperto:** ha la possibilità di inserire ogni parametro di impostazione, di decidere l'importanza relativa di ciascun flusso di traffico. Per ogni intersezione può impostare ogni parametro per ottimizzare le prestazioni della rete. Poi, in caso di congestione, il coordinatore esperto può decidere quali corsie siano prioritarie e quali sono le grandezze da privilegiare: l'inquinamento, mezzi di trasporto pubblici o altro.

**Coordinatore Avanzato:** inserisce i parametri di configurazione e si ferma al livello di coordinamento netto, senza entrare nei dettagli delle singole giunzioni. Il coordinatore avanzato ha la possibilità di spostare la congestione agli svincoli secondari al fine di mantenere libere le principali aree urbane, fino a quando la domanda scende al di sotto della capacità.

**Coordinatore Standard:** può interagire con il sistema di gestione che definisce le possibili situazioni che si possono verificare e di conseguenza scegliere un piano temporaneo di rete per essere trasferiti a ciascun controllore del traffico. Il coordinatore standard ha la possibilità di operare scelte del Sistema, secondo la localizzazione e intensità dei flussi di traffico. Per l'ingegnere del traffico abituato a lavorare con altri sistemi di gestione del traffico, il sistema deve permettere di esportare i dati in formato tabellare, salvare e stampare i grafici direttamente dalla Piattaforma.



### **3.4.2 Sistema per la gestione e l'analisi dei dati di traffico**

Questo sistema elabora e gestisce i dati traffico ottenuti dalle unità di rilevamento posizionate su strada per l'analisi real-time lo studio dell'andamento del traffico. Il sistema deve consentire di visualizzare:

Il sistema deve consentire di visualizzare il monitoraggio real-time e i dati storici.

Il **Monitoraggio real-time** rende disponibili i seguenti dati:

- l'andamento del flusso veicolare giornaliero suddiviso per rilevatore (corsia) e totale;
- TGM [veh/g] traffico giornaliero medio;
- Numero veicoli;
- Velocità media [km/h];
- 15° percentile [km/h];
- 85° percentile [km/h];
- Flusso medio [veh/h];
- Densità media [veh/km].

L'**Analisi degli storici** permette di fare ricerche su più corsie o su più stazioni di traffico contemporaneamente e di visualizzare i seguenti dati storici per ciascun rilevatore (corsia) e totali:

- Lo split direzionale delle corsie e il totale;
- Velocità media [km/h];
- 15° percentile [km/h];
- 85° percentile [km/h];
- Velocità minima, velocità massima [km/h];
- Numero totale dei veicoli;
- TGM [veh/g].

Il sistema deve consentire di visualizzare i grafici relativi all'andamento temporale suddivisi per rilevatore (corsia) e in totale secondo lo schema di classificazione prescelto:

- Andamento temporale dei veicoli distinti per tipologia;
- Andamento temporale del flusso veicolare;
- Andamento temporale della velocità;
- Andamento temporale della densità;
- Distribuzione dei veicoli suddivisi per tipologia in percentuale;
- Distribuzione della frequenza di velocità;
- Grafico delle prime 200 ore;
- Andamento tipico giornaliero suddiviso per corsia e sul totale;
- Andamento tipico settimanale suddiviso per corsia e sul totale;
- Grafici Flusso - Densità, Velocità - Densità, Velocità - Densità suddivise per corsia e su tutte le corsie;
- Velocità Libera [km/h];
- Velocità critica [km/h];
- Densità critica [veh/km].

Schemi disponibili di classificazione dei veicoli devono essere:

- Schema 3+1
- Schema 4+1
- Schema 5+1
- Schema 8+1
- Schema LpSig9
- Personalizzabile

Studiare gli aspetti quantitativi e qualitativi della domanda di traffico è un elemento fondamentale per la corretta ed ottimale pianificazione di qualsiasi intervento o per la valutazione degli effetti. I rilievi di traffico concorrono alla definizione del quadro analitico della mobilità e, grazie ad un continuo e costante aggiornamento, sono un elemento estremamente importante per lo sviluppo e il miglioramento della gestione del territorio: questi dati, opportunamente messi in correlazione con quelli desumibili da altre basi informative divengono essenziali per le attività di programmazione e pianificazione.

Allo stesso modo, i dati di traffico possono essere utilizzati per:

- analisi specifiche sulla sicurezza stradale in quanto concorrono alla definizione dell'indice di incidentalità di assi ed intersezioni;
- analisi di tipo ambientale in quanto permettono di valutare le ripercussioni del traffico sull'ambiente;
- programmazione degli interventi sulla rete stradale (manutenzione stradale, segnaletica, etc.);
- gestione di eventi.



### **3.4.3 Sistema previsionale del traffico**

Tale sistema produce una previsione delle condizioni del traffico attraverso la raccolta di informazioni sui tempi di percorrenza. Deve essere integrato con il modulo di gestione ed analisi del traffico e deve permettere di utilizzare modelli di gestione di previsione del traffico in modo da anticipare la domanda futura.

Il sistema si basa su dati raccolti in tempo reale dai sensori, i dati che vengono confrontati con le medie storiche, al fine di selezionare il migliore scenario. Il confronto continuo tra traffico previsto e misurato consente di valutare l'attendibilità della previsione e ne riparametrizza la previsione.

Le principali funzioni di cui è dotato il sistema sono:

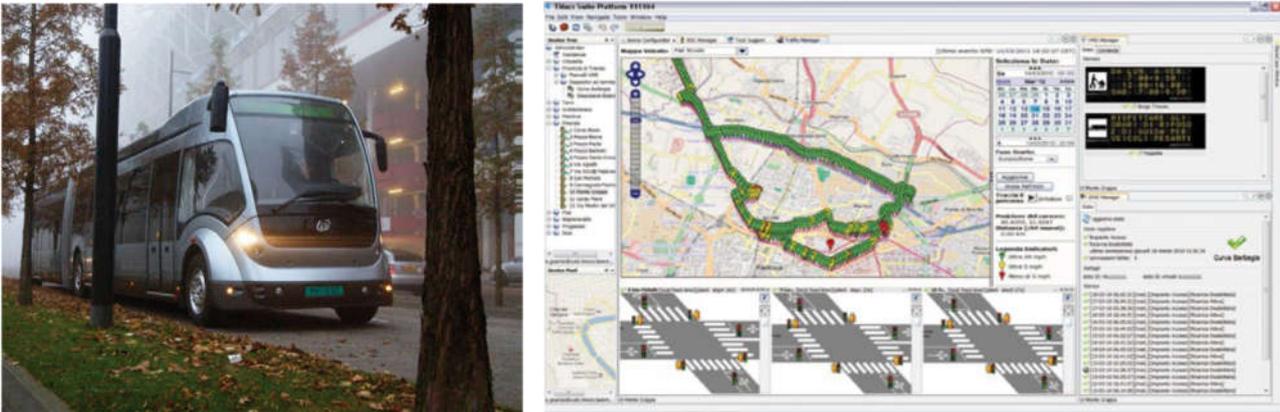
- diagramma planimetrico dei volumi di traffico: rappresentazione grafica dei volumi di traffico di una rete stradale o di una determinata area di manovra;
- planimetria isocrona: rappresentazione planimetrica di una zona determinata sulla quale sono tracciate le congiungenti delle località raggiungibili con lo stesso tempo di percorrenza da un punto dato, con riferimento a determinate caratteristiche di traffico;
- previsione sul traffico: determinazione della composizione quantitativa o qualitativa del traffico futuro sulla base dei dati attuali e di criteri presuntivi;
- traffico in arrivo: traffico in entrata in una determinata zona nella quale si trova il punto di destinazione;
- traffico in partenza: traffico in uscita da una zona determinata nella quale si trova il punto di origine;
- traffico in transito: traffico che entra ed esce in un'area determinata senza avere né origine né destinazione entro di essa.

#### **3.4.4 Sistema di rilievo e gestione della priorità**

Questo sistema è il fulcro della gestione del Metrobus poiché deve consentire di applicare un metodo di gestione che permette di **gestire la priorità per il mezzo pubblico** e di interagire con le intersezioni regolate da impianto semaforico, dando la priorità al passaggio per migliorare il servizio.

Il sistema deve poter funzionare in modo completamente autonomo tramite la propria AVL (Automatic Vehicle Location), con l'installazione di un dispositivo di localizzazione GPS sui veicoli. Questi dispositivi inviano la posizione di ciascun veicolo in tempo reale al sistema che la elabora e gestisce.

Il sistema deve poter essere integrato con un sistema preesistente AVL, da cui ricevere le informazioni sulla posizione dei veicoli.



Le caratteristiche principali del sistema permettono:

- completa integrazione nella piattaforma generale.
- GPS Tracking della posizione del veicolo e il percorso.
- guadagno in termini di velocità commerciale.
- gestione del tempo di guida.
- maggiore capacità di trasporto.
- regolarità del servizio, l'allineamento con orari nominali.
- riduzione dell'inquinamento.
- ad alta efficienza energetica.
- esatto posizionamento del veicolo

Il sistema **Automatic Vehicle Location (AVL)** fornisce informazioni costantemente aggiornate sulla posizione per molti tipi di veicoli, furgoni, camion merci, veicoli di servizio, veicoli di emergenza, ecc

Il sistema AVL è composto da un ricevitore GPS sul veicolo, un collegamento di comunicazione tra il veicolo e il dispatcher, e il software di monitoraggio. Il sistema di comunicazione è di solito una rete GPRS.

I principali più importanti benefici sono:

- controllare la posizione della flotta in tempo reale su una mappa
- controllare i percorsi, KM, tempi di guida, e di arresto;
- controllare il traffico, con localizzatore GPS;
- individuare il veicolo più vicino al punto di richiesta;
- raccogliere timbrature inizio / fine lavoro;
- analizzare le attività di durata con tempi di registrazione;
- monitorare tutte le attività quotidiane.

Il modulo comunica attraverso il sistema con il regolatore semaforico e quindi gestisce la sequenza dei semafori per assistere il transito del veicolo in modo prioritario.

Ciò può essere conseguito aumentando una fase di verde, saltando una fase o accorciando la fase verde per correnti antagoniste in modo da **anticipare al bus il segnale verde**.

### 3.4.5 Sistema per la gestione di Pannelli a Messaggio Variabile

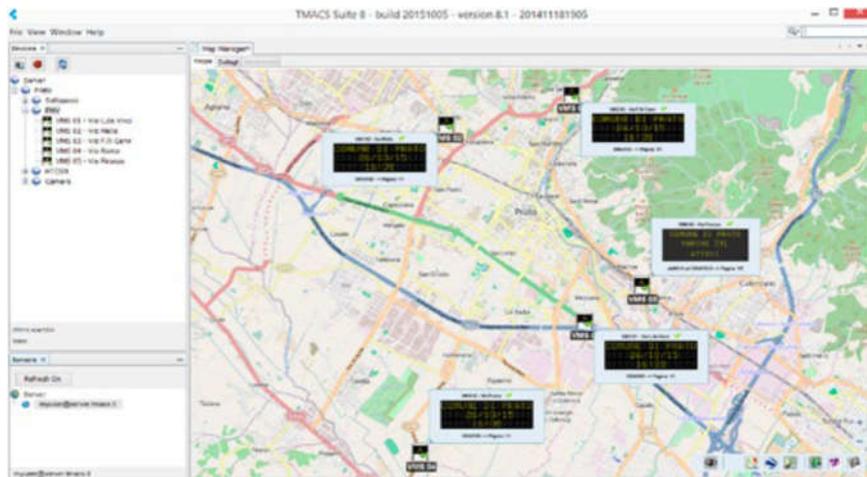
I **Pannelli a Messaggio Variabile (PMV)** sono finalizzati alla visualizzazione di messaggi su strada che possono essere creati, cambiati, attivati o disattivati dall'utente. Il modulo del sistema dedicato alla gestione dei PMV è il software che permette di gestire, controllare e visualizzare le funzioni dei pannelli a messaggio variabile. Il modulo deve essere semplice, intuitivo e sicuro e deve fornire all'utente tutti gli strumenti necessari per la creazione e l'invio di messaggi sui PMV in completa autonomia.

Tale modulo deve permettere di:

- visualizzare l'anteprima del messaggio attivo su strada;
- inviare messaggi sul pannello PMV;
- creare la schedulazione dei messaggi da inviare al pannello PMV;
- richiedere lo stato di ogni componente hardware del pannello PMV e lo stato dei LED (solo dove disponibile, in presenza di sensori specifici);
- impostare la data/ora sul pannello;
- inviare notifiche alle persone competenti in caso di avarie del pannello;
- avere informazioni sullo stato della connessione.

Il sistema di gestione delle informazioni deve permettere un'ampia visibilità immediata. L'obiettivo è quello di offrire ai residenti e ai visitatori con up-to-date informazioni sul traffico.

Il sistema raccoglie i dati da molte fonti diverse: dati sul traffico, sui parcheggi, dati meteo, informazioni sugli ingorghi stradali e invia i messaggi ai PMV.

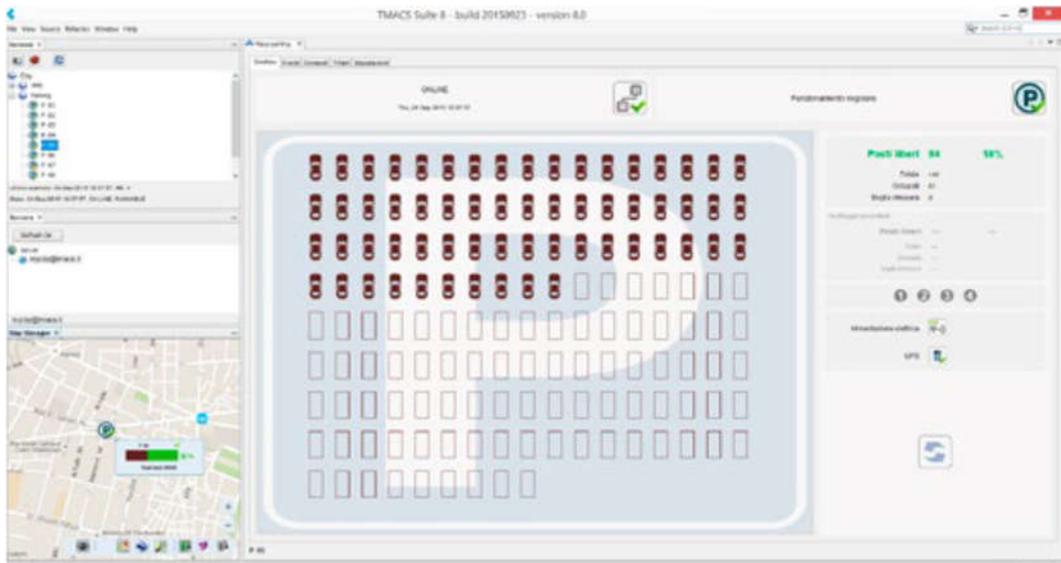


Gli operatori possono monitorare i messaggi di testo visualizzati sui pannelli e, a seconda dello stato corrente al verificarsi di eventi particolari, scegliere di modificarli o mantenerli. Il sistema deve consentire di visualizzare in dettaglio lo stato di qualsiasi dispositivo controllato: lo stato di diagnostica in tempo reale con andamento nel tempo del messaggio visualizzato.

Il sistema inoltre deve mostrare in tempo reale lo stato di ogni sensore collegato o altro dispositivo collegato ai PMV. Nel caso di sensori di coda collegati al dispositivo, che fornisce informazioni sul traffico di quella sezione, permette di inserire in real time il messaggio nei pannelli, con la stessa libertà di un'operazione in loco. Se l'utente deve dare informazioni sul traffico o qualsiasi altra informazione di interesse pubblico, il sistema deve raccoglierle nel modo più efficiente e versatile. Esso deve essere basato interamente su Internet, fornire un servizio istantaneo, semplice, intuitivo, sicuro e inattaccabile. La sezione diagnostica deve permettere di visualizzare lo stato di funzionamento di tutti i LED del pannello ed eventuali criticità prima della rottura. Per motivi di sicurezza, tutte le informazioni devono essere memorizzate in un database SQL e richiedere gli eventi sul funzionamento dell'impianto distinti per tipologia Info, Warning, Alarm.

### 3.4.6 Sistema di controllo, gestione e guida parcheggi

Per risolvere problemi di congestione del traffico della città e fornire strumenti adeguati per trasmettere informazioni corrette utile al pubblico, il sistema deve essere integrato e indirizzare gli utenti al parcheggio auto a disposizione. Le informazioni sulle limitazioni di traffico, la qualità dell'aria e spazi liberi nei parcheggi vengono trasmesse attraverso questo sistema, in modo semplice e in tempo reale.



Il sistema deve incorporare tecnologie software e hardware che sfruttino standard di mercato, nel senso che possono essere facilmente integrati in altri sistemi e attuati in fasi.

### 3.4.7 Sistema di monitoraggio Zone a Traffico Limitato

Un altro modulo del sistema deve consentire di gestire i varchi delle Zone a Traffico Limitato, utilizzati soprattutto nei centri città per limitare in alcuni orari il traffico ai veicoli.

Il modulo deve:

- essere totalmente integrato e interagente con ogni modulo della Piattaforma.
- essere utilizzato con il modulo per la visualizzazione di messaggi nei pannelli a messaggio variabile.
- consentire il miglioramento della gestione stradale.
- prevedere l'ottimizzazione delle risorse per la Manutenzione delle strade.
- avere una interfaccia utente semplice e chiara.



Il Sistema deve essere gestito completamente da remoto e consentire di cambiare i giorni, le fasce orarie di apertura e chiusura dei varchi per offrire un Sistema efficiente e sicuro. Il Software registra tutti gli eventi con le modifiche della programmazione da parte degli utenti utilizzatori della piattaforma per garantire sicurezza e tracciabilità.

### 3.4.8 Sistema di monitoraggio meteo

Il modulo di monitoraggio meteo deve consentire di monitorare e archiviare ogni informazione meteo. Il sistema deve consentire di rilevare ed archiviare ogni informazione per finalità statistiche o per fruire delle informazioni meteo in tempo reale per ogni esigenza di mobilità: dalla gestione dei mezzi sparisale, alla riduzione di limiti di velocità attraverso pannelli a messaggio variabile, dalla scelta delle strategie di traffico da applicare alla semplice segnalazione del possibile pericolo all'utenza in movimento o in procinto di mettersi in viaggio.

Tale modulo deve essere totalmente integrato e interagente con ogni modulo della piattaforma generale e deve gestire:

- dettaglio storico di ogni condizione meteo;
- analisi statistiche approfondite;
- disponibilità del dato per Enti terzi;
- riduzione dei tempi di intervento da parte dei gestori della rete stradale;
- miglioramento della sicurezza stradale;
- ottimizzazione delle risorse per la Manutenzione delle strade;
- efficienza energetica.

Esso presenta i seguenti benefici, in quanto la disponibilità di dati meteorologici grezzi, o elaborati è di fondamentale importanza in tantissime circostanze:

- I dati storici permettono elaborazioni e analisi statistiche;
- I dati real-time consentono di ottenere e diramare preallarmi, di programmare e controllare attività lavorative, di programmare interventi straordinari.

Tutto ciò trova applicazione in svariati settori, tra i quali:

- monitoraggio reti stradali;
- industria;
- smaltimento dei rifiuti;
- edilizia;
- agricoltura.

Le condizioni meteorologiche, inoltre, influenzano pesantemente il traffico nonché l'evolversi di fenomeni di impatto ambientale soprattutto se gravi, quali incendi, alluvioni o incidenti con emissioni tossiche. Per questo le stazioni meteo vengono spesso integrate nei sistemi di telecontrollo del traffico e dell'ambiente.



### 3.4.9 Sistema di allerta meteo

Il modulo di allerta meteo è uno dei moduli della piattaforma generale che permette di gestire gli allarmi in caso di allerta meteo alla Protezione Civile, alle forze dell'ordine, ecc.

Il Sistema di Allerta Meteo si propone di assicurare un corretto e un costante flusso di informazioni. In questo modulo è possibile inviare gli allarmi alla cittadinanza, da unico Portale web, in maniera tempestiva, con un semplice click.

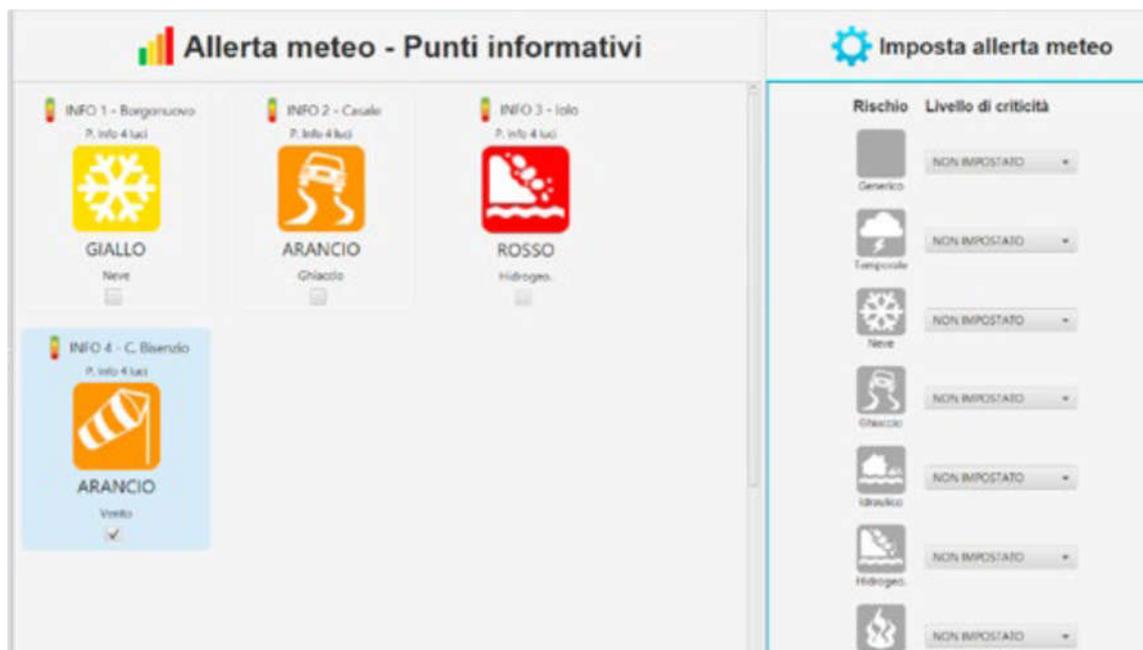
La comunicazione d'allerta è indirizzata ai cittadini, in modo da prestare attenzione per i possibili rischi connessi ai fenomeni meteo e affinché possano essere adottati comportamenti corretti durante gli eventi di pericolo.

Per ciascun dispositivo è possibile impostare la tipologia di rischio e associarla con 4 codici di criticità mediante 4 colori identificativi:

- VERDE: nessuno stato di allerta;
- GIALLO: occasionale pericolo, fenomeni ed effetti locali;
- ARANCIONE: pericolo con fenomeni ed effetti diffusi;
- ROSSO: grave pericolo con fenomeni ed effetti ingenti ed estesi

Il modulo deve essere totalmente integrato e interagente con ogni modulo della piattaforma generale, deve consentire la Gestione Allarmi in caso di allerta meteo in modalità user-friendly, gestibile da diverse tipologie di dispositivi elettronici e deve consentire, inoltre, l'invio di allerta per multi-device

Il modulo non deve porre limiti territoriali d'azione d'invio, con un semplice click deve essere possibile rendere visibili il grado di allerta su tutti i dispositivi connessi alla piattaforma generale: Pannelli a Messaggio Variabile, Display luminosi di allerta 3 luci, Totem di allerta 4 luci con la possibilità di invio a mailing list, sms list e ai canali social.



#### 3.4.10 Sistema di monitoraggio allagamento dei sottopassi

Il modulo di monitoraggio allagamento dei sottopassi deve essere una soluzione basata su piattaforma web per il monitoraggio e controllo dei sottopassi allagati. Indipendentemente dalla posizione dell'operatore, grazie alle potenzialità della piattaforma, interamente web based, si deve poter monitorare lo stato dei sottopassi e dei dispositivi a questi connessi.

Tramite il modulo si può emettere un avviso mediante mail oppure sms in caso di preallarme o di warning causato da un allagamento al sottopasso e decidere in real-time le strategie di intervento da eseguire.

Il modulo deve essere una soluzione scalabile, rapida da integrare e funzionale per rendere la rete viaria cittadina sicura all'insorgere degli eventi emergenziali.

Le principali funzioni devono essere:

- centralizzazione di sottopassi stradali, ferroviari e pedonali;
- monitoraggio in tempo reale dei parametri delle vasche di raccolta acque;
- archiviazione dati statistici di allagamento;
- informazione in real time attraverso VMS, Web, Smartphone e tablet all'insorgere delle anomalie.

Gli allarmi, attivati da sensori di livello, appositamente inseriti nelle vasche di raccolta delle acque reflue, e da uno/due sensori di presenza acqua sulla sede stradale attiveranno segnalazioni visive di arresto per i veicoli (lanterne semaforiche a luce rossa) opportunamente posizionate e saranno trasmessi agli opportuni destinatari. Tutti gli allarmi saranno centralizzati e visualizzati mediante i più moderni sistemi informatici.



### **3.4.11 Sistema di monitoraggio dell'aria**

Il modulo di monitoraggio dell'aria è il modulo della piattaforma che si occupa dello studio e del monitoraggio della qualità dell'aria.

Nello specifico, deve essere possibile individuare le quantità di sostanza inquinanti che purtroppo sono presenti nell'aria come: CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, VOC, CO<sub>2</sub>.

Tale modulo è uno strumento fondamentale per valutare e monitorare la qualità dell'aria: un tema importante alla luce degli obiettivi mondiali per il protocollo di Kyoto per il 2020.

Il modulo deve essere totalmente integrato e interagente con ogni modulo della piattaforma generale e avere una interfaccia user-friendly.

Il sistema deve essere gestito completamente da remoto e consentire di avere dati sulle quantità di sostanze inquinanti che insieme ai dati traffico riescono a dare una visione d'insieme sulle condizioni delle strade.

In una logica di sviluppo sostenibile, rivolta all'ambiente e al miglioramento della gestione del traffico, tale modulo è importante per contrastare il riscaldamento climatico, fenomeno di cui è assolutamente chiara e comprovata la responsabilità umana.

Le analisi effettuate dal modulo di monitoraggio dell'aria possono aiutare gli Enti a programmare eventi di mitigazione delle emissioni inquinanti, all'interno della città ed, integrato con altri moduli della piattaforma, è lo strumento che permette di studiare e adottare strategie per ridurre il traffico e limitare l'impatto sulla nostra salute e sull'ambiente.

### 3.4.12 Sistema di avviso automatico sullo stato degli impianti

Il sistema di avviso automatico sullo stato degli impianti è la soluzione per informare gli utilizzatori della piattaforma o i manutentori attraverso notifiche automatiche in tempo reale via SMS e via e-mail in caso anomalia dei dispositivi.

Tale modulo deve essere totalmente integrato e interagente con ogni modulo della piattaforma generale.

Gli eventi di cui è previsto l'invio di notifiche ai vari utenti che gestiscono e controllano gli impianti sono suddivisi per gravità e livello, ovvero:

- Info: informazioni sulle condizioni dell'impianto;
- Warning: anomalie dell'impianto;
- Allarmi: eventi che necessitano di pronto intervento;
- Report: possibilità di ricevere report settimanalmente o mensilmente sugli eventi che si verificati.

Il modulo deve permettere di inviare una informazione in modo assolutamente personalizzato grazie alla possibilità di creare più liste di utenti, associando ad esse ciascun problema dell'impianto, suddividendo gli operatori per tipologia (ad esempio manutentori, supervisori, installatori, ecc.) in modo che le notifiche vengano inviate alle persone realmente interessate al problema.

Il modulo può essere gestito dall'amministratore del software o dall'Ente responsabile dei propri impianti.



### **3.4.13 Sistema di condivisione (social) sullo stato degli impianti**

Tale strumento permette l'integrazione dei moduli della piattaforma generale con i canali social, fondamentale nella gestione delle Smart Cities perché rende disponibile sul proprio device le informazioni rilevate su strada e i messaggi gestiti dagli Enti in real-time.

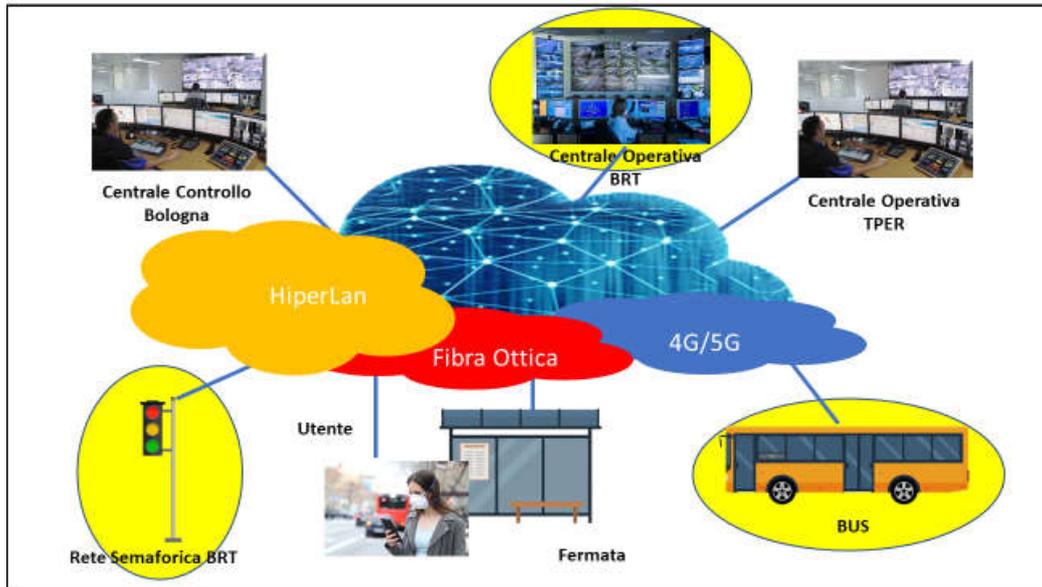
Esso deve essere totalmente integrato e interagente con ogni modulo della piattaforma generale ed in particolare con il modulo di infomobilità, per la condivisione delle informazioni.

Tale modulo permette di informare la comunità da remoto, condividendo le informazioni rilevate dagli impianti della piattaforma generale come la presenza di incidenti, lo stato dei varchi ZTL, la presenza di sottopassi allagati, la presenza di lavori in corso, i messaggi attivi nei pannelli a messaggio varia-bile, ecc. per cercare di informare la comunità social.

### 3.5 Rete di trasmissione dati e di interconnessione

La rete di trasmissione dati è l'elemento abilitante alla comunicazione e allo scambio dati tra i dispositivi di campo (semafori, bus, totem informativi, telecamere, sistemi di pagamento, etc..) con le centrali di monitoraggio e controllo.

Lo schema architetturale della infrastruttura è quello riportato in figura seguente.



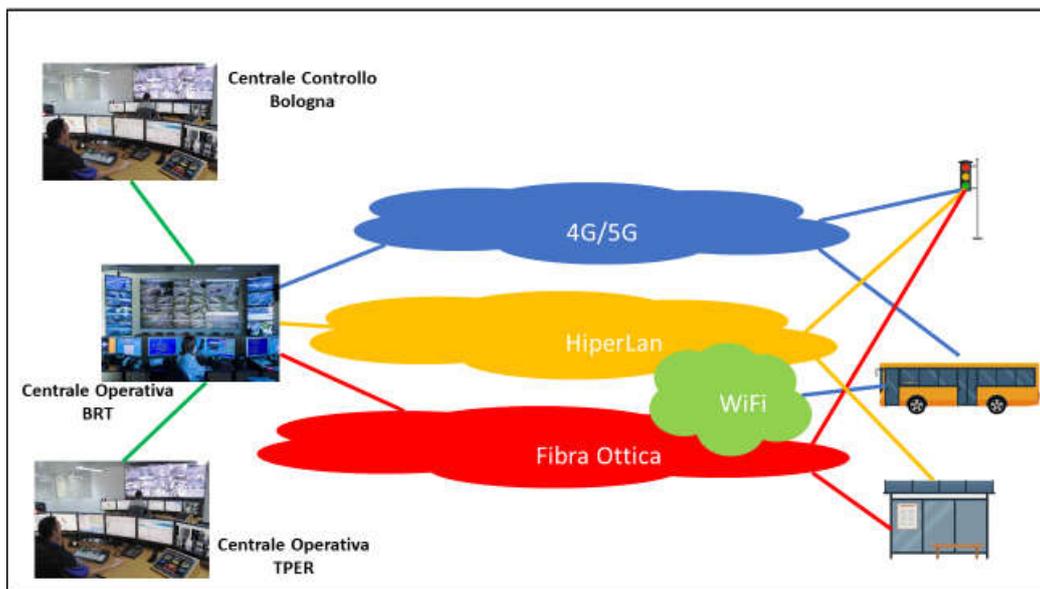
Data la vastità del territorio coperto, si prevede la realizzazione di una rete standard su protocollo IP ma con diverse modalità di trasporto del segnale, in particolare:

- Rete in fibra ottica per la realizzazione di una dorsale ad alta velocità che consenta la interconnessione per il trasferimento massivo dei dati tra le postazioni periferiche, in particolare le pensiline di attracco, con la centrale operativa;
- Rete in tecnologia radio Hiperlan, per la realizzazione di tratte di trasferimento ad alta capacità tra postazioni in visibilità ottica, alleggerendo i costi degli scavi connessi alla realizzazione di una rete in fibra ottica;
- Rete in tecnologia 4G/5G per le postazioni mobili (bus) e quelle non raggiungibili a costi compatibili dalle due tecnologie sopra citate.

Lo schema generale di rete prevede:

- Una **dorsale in fibra ottica/hiperlan** tra i due capolinea (lato Bologna e lato Medicina) che assicura una "autostrada ad alta velocità" per il trasferimento dei dati.
- Delle derivazioni locali che consentono di interconnettere alla dorsale le postazioni sul territorio, in particolare:
  - Pensiline di attracco del bus (Fermate)
  - Isole semaforiche per intersezione stradale
  - Isole semaforiche per attraversamento pedonale
  - Isole semaforiche a gestione della fermata
  - Pannelli a messaggio variabile
  - Sistemi di videosorveglianza e videocontrollo.

L'utilizzo di reti su diversa tecnologia consente di creare su scala geografica una rete ridondante e resiliente che apra più canali di comunicazione tra la generica periferica (fermata, isola semaforica, bus, pannelli a messaggio variabile). Al fine di comprendere meglio tale architettura si faccia riferimento alla figura seguente.

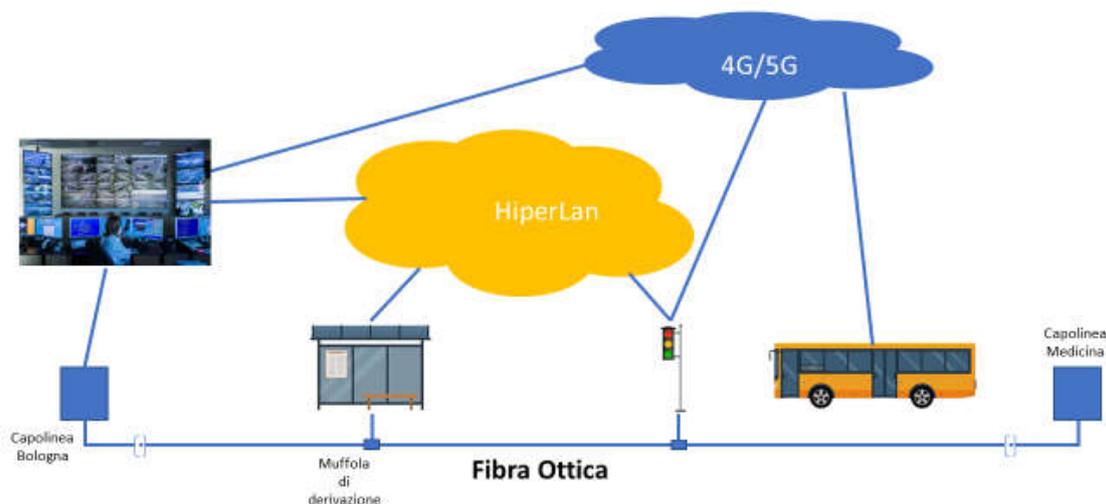


Dallo schema si evince che tra la centrale ed il componente periferico c'è sempre almeno un doppio canale di comunicazione, quindi in caso di fault di un canale rimane la possibilità di comunicazione, pur se degradata, in grado di trasferire i parametri vitali per il funzionamento del sistema.

Anche in merito al bus, si avrà una doppia tecnologia a bordo, ovvero:

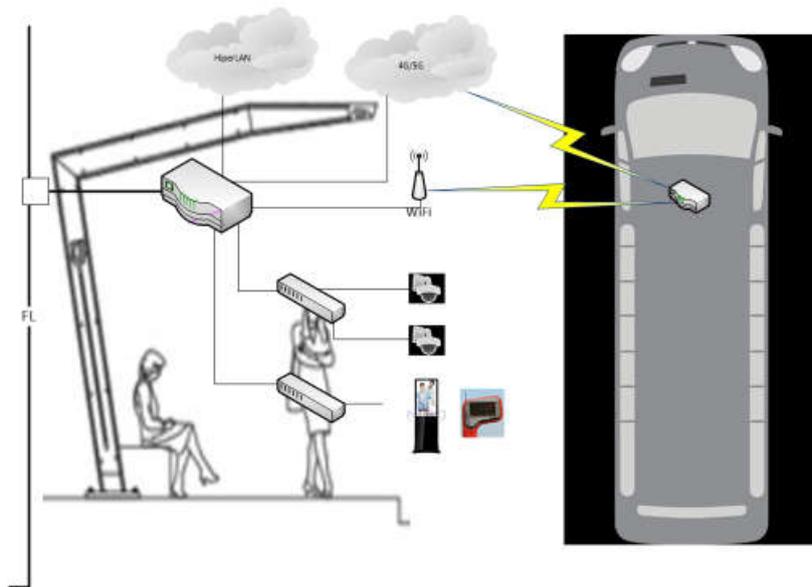
- un router 4G per il trasferimento della posizione in tempo reale e di eventuali segnali di allarme critici;
- un router WiFi che si aggancia alla rete principale in prossimità delle fermate o nei capolinea di stazionamento.

Lo schema generale della rete è quindi quello riportato in figura seguente.



Il bus, durante il tragitto, comunicherà con la centrale operativa tramite una rete in mobilità su tecnologia 4G/5G mentre in prossimità della fermata avrà la possibilità di connettersi ad alta velocità tramite una connessione WiFi dedicata.

Lo schema generale della fermata è quello riportato nella figura seguente:



La fermata, quindi, prevede un gateway di collegamento alla rete principale di trasporto che abilita all'accesso alla rete su tecnologia in fibra ottica, alla rete su tecnologia radio Hiperlan ed alla rete in tecnologia 4G/5G. Come si è ampiamente descritto all'inizio del paragrafo, la messa in campo di più tecnologie offre un elemento di resilienza e di ridondanza del sistema nel suo complesso.

Al gateway, che risulta a sua volta ridondato, sono collegati i sistemi di pensilina, ovvero:

- **Access Point WiFi** che consente l'accesso alla rete informativa da parte dell'utenza mobile presente alla fermata e consente la connessione dei sistemi di bordo del bus, in particolare per il trasferimento ad alta velocità delle informazioni con contenuto grafico e video alla centrale operativa;
- **Sistema di videosorveglianza e video controllo** evoluto, così come descritto nel paragrafo relativo ai sistemi tecnologici di fermata;
- **Sistema di infotainment** evoluto, così come descritto nel paragrafo relativo ai sistemi tecnologici di fermata.

### 3.6 Centrale Operativa

La Centrale Operativa è il luogo dove si concentrano e si elaborano tutte le informazioni provenienti dal campo e si danno le direttive di funzionamento ai dispositivi attivi, come PMV e Isole Semaforiche.

I principali interventi necessari sono relativi all'allestimento della Centrale Operativa di Monitoraggio e Controllo da posizionarsi presumibilmente presso la sede del gestore del servizio di TPL, in affiancamento alla centrale operativa esistente, che dispone di ambienti adeguati a svolgere le funzioni in commento, pertanto si prevede il solo adeguamento impiantistico dei locali allo scopo individuati e l'installazione delle apparecchiature necessarie.

Presso il CED (Centro Elaborazione Dati), verrà installato un opportuno rack che ospiterà tutte le Virtual Machine necessarie per il corretto funzionamento dell'intera infrastruttura; tale datacenter sarà costituito da un cluster composto da 2 nodi ed una SAN (Storage Area Network) che immagazzinerà i dati provenienti dal campo.

Presso la Centrale Operativa sono previste 2 workstation per la gestione e consultazione del sistema nonché il VideoWall necessario alla visualizzazione live delle schermate del sistema e delle immagini.

Per garantire il collegamento degli apparati, si dovrà realizzare una infrastruttura switching (rete dati) ed il Centro Stella avrà il compito di collegare i vari switch di Area con le apparecchiature residenti presso la sala di Monitoraggio.

Si riportano di seguito le principali caratteristiche minime delle apparecchiature e dei sistemi costituenti l'impianto.

#### 3.6.1 Data Center

Il Datacenter ospiterà l'hardware ed il software necessari al funzionamento dell'intera infrastruttura.

Ciascuno dei due server che compongono il cluster, del tipo failover (attivo/attivo), dovrà essere rispondente alle seguenti caratteristiche minime:

- CPU Installate: N. 2 CPU Intel con almeno 12 core, 2.6 GHz e 19.25 MB di cache L3
- RAM: 128 GB di RAM
- N.1 Scheda Host Bus Adapter Dual Port 8/16 Gbs
- Alimentazione: N. 2 Alimentatori da almeno 500 W
- N.1 microSD Flash Memory Card da 8 GB
- Dimensioni: 2 Unità Rack
- Possibilità di gestione tramite interfaccia dedicata ILO
- Massima memoria supportata: 3TB con memoria da 128 GB
- 24 slot DIMM disponibili
- Schede di rete: 4 porte 1Gb/sec
- Espansione: 8 slot di Espansione
- Standard Supportati: Energy Star, Triple Data Encryption Standard (3DES), SMBIOS3.1, SNMP v3, UEFI 2.6, TLS 1.2, Redfish API, DMTF Systems Management Architecture for Server Hardware Command Line Protocol (SMASH CLP), IPMI 2.0, Active Directory v1.0, Secure Digital 2.0, ASHRAE A3/A4, Advanced Encryption Standard (AES)
- Sistemi operativi e software virtuali supportati: Windows Server 2019, Windows Server 2012 R2, Windows Server 2016, VMware ESXi 6.0 U3, VMware ESXi 6.5 and U1, CentOS Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 6.9 e 7.3, SUSE Linux Enterprise Server (SLES) 11 SP4 e 12 SP2, Ubuntu, ClearOS.

I server dovranno essere forniti completi di assistenza NBD per 5 anni e completi di licenze Microsoft in numero tale da poter creare 4 VM su ogni server e di licenze VMware per creare e gestire il cluster; tutte le necessarie licenze dovranno avere durata minima quinquennale.

Lo Storage dovrà essere rispondente alle seguenti caratteristiche minime:

- Unità disco: 12 unità LFF SAS/SSD SAS/MDL
- Interfaccia Host: 4 porte Fibre Channel da 16 Gb/8 Gb per controller, completi di moduli ottici da 16 Gb/s
- Controller: n.2 controller
- Dimensioni: 2 Unità Rack
- Capacità: Massima capacità raw LFF 1152 TB
- Dischi Forniti: (PET.008.01) n. 14 dischi da 12TB SAS a 7.2 Krpm + n. 04 dischi da 800GB SSD (PET.008.02) + n. 07 dischi da 12TB SAS a 7.2 Krpm + n. 02 dischi da 800GB SSD
- Opzione di espansione tramite Enclosure: si
- Sistemi Operativi supportati: Microsoft Windows Server 2019, Microsoft Windows Server 2016, Microsoft Windows Server 2012, Microsoft Windows Server 2012 R2, Microsoft Windows Hyper-V, Red Hat Linux, SUSE Linux, VMware ESXi.

Il Sistema di Tunneling necessario e sufficiente ad interconnettere la centrale operativa con le centrali del gestore del servizio di TPLe con la centrale del Traffico del Comune di Bologna.

Esso dovrà prevedere l'installazione di un idoneo Firewall capace di gestire i citati tunnel VPN, mentre per tutti gli endpoint si dovrà prevedere un'adeguata appliance per la terminazione delle VPN.

### **3.6.2 Postazione Operatore**

Presso la Centrale Operativa è prevista l'installazione di due Postazioni Operatore che permetteranno la visualizzazione dei flussi video delle telecamere sia live che registrate e i grafici e sinottici relativi al funzionamento del sistema.

La Sala Controllo dovrà ospitare:

- Nr. 2 Postazioni Operatore, complete di monitor 27";
- Nr.1 VideoWall costituito da 6 monitor 55" e completo di idonea struttura di fissaggio a parete e/o a pavimento.

Dalle postazioni operatore, tramite le opportune credenziali, è possibile la configurazione di tutto il sistema.

Il sistema di visualizzazione dei flussi video (VideoWall) dovrà essere costituito da almeno nr. 6 monitor da 55" dotati di una retroilluminazione a LED a luce diretta con luminosità uniforme e senza ombra di confine, idonei per un utilizzo 24/7 e rispondente alle seguenti minime caratteristiche:

- Risoluzione 1080p;
- Retroilluminazione a luce diretta con luminosità uniforme e nessuna ombra di contorno;
- Larghezza della cornice da 3,5 mm.;
- Schermo LCD DID con grandangolo 178°;
- Durata della visualizzazione superiore fino a 60.000 ore rispetto a quella delle unità domestiche comuni.

### **3.6.3 Caratteristiche tecniche della piattaforma ITS**

I server sopra descritti ospiteranno la piattaforma ITS, le cui funzionalità sono state descritte nei paragrafi precedenti. Di seguito si riportano le caratteristiche generali.

La piattaforma software dovrà essere di tipo "open" ovvero aperta non solo dal punto di vista di copertura delle diverse tecnologie di campo, ma anche sotto l'aspetto applicativo aprendo all'integrazione di prodotti software verticali quali ad esempio le soluzioni di video-analisi evoluta per funzionalità avanzate. Inoltre, cosa da non sottovalutare, una delle principali caratteristiche tecniche, tra le altre, riguarda la possibilità di integrazione dei sistemi di controllo accessi e varchi.

Relativamente agli standard del settore, la piattaforma DVMS dovrà essere conforme ad ONVIF e PSIA, garantendo la massima interoperabilità con tutti i sistemi e potendo offrire anche un'interfaccia standard ONVIF per integrazioni con sistemi terze parti, che possono essere integrati su un livello superiore (Supervisore) o inferiore (campo). L'interfaccia standard ONVIF (G) può facilmente rendere disponibili le immagini live e registrate ed il controllo delle PTZ a sistemi terze parti quali ad esempio quelli delle forze dell'ordine senza la necessità di dover installare o sviluppare moduli specifici.

Altro punto di rilevante importanza è la disponibilità ad interfacciarsi con i motori di autenticazione di dominio dell'Amministrazione (Microsoft Active Directory), in quanto trattasi di integrazione nativa e trasparente che consente l'implementazione di funzionalità del tipo "single-sign-on".

La piattaforma dovrà essere particolarmente efficace anche sul tema dell'esportazione delle informazioni, per le specifiche esigenze, evidenziando sia la capacità di "encryption" del dato che la funzionalità di firma digitale dei dati esportati (funzioni fondamentali per l'attività forense).

La piattaforma, aperta, dovrà permettere il supporto e l'integrazione di sistemi di supervisione di livello più alto, mettendo a servizio sempre grazie ai propri SDK tutte le informazioni necessarie per la correlazione con sistemi più complessi, dove il video può essere di supporto insieme ai metadati presenti nel database interno.

L'architettura software dovrà supportare le configurazioni multi sito, multi server, livelli multipli di registrazione, configurazioni federate e/o interconnesse e multi-vendor, con registrazioni in locale, in remoto/cloud o a bordo camera.

A livello funzionale la piattaforma dovrà coprire le seguenti macro-aree:

- **Alta Affidabilità**
  - Server di registrazione con standby a caldo: offre funzionalità di registrazione e visualizzazione dei video con interruzioni e perdite video ridotte al minimo in caso di problemi di rete, guasti al server, blackout o altri problemi di sistema
  - Windows Clustering, Virtualizzazione su VmWare e Microsoft Hyper-V

- Edge Storage con recupero flessibile delle registrazioni: opzione di ridondanza per una registrazione video continua. Possibilità di recuperare le registrazioni dall'archivio delle telecamere in base a orari ed eventi
- Monitoraggio dell'archivio video: semplificazione del rilevamento delle violazioni delle policy di archiviazione in caso di sovrascrittura del video a causa della mancanza di spazio di archiviazione
- **Scalabilità e flessibilità**
  - Scalabilità di sistema illimitata: supporta un numero illimitato di telecamere, utenti e siti, utenti mobili con possibilità di effettuare Push Video (invio immagini dal proprio client mobile secondo gli stessi criteri di una telecamera in campo)
  - Singola interfaccia di gestione centralizzata: amministrazione di sistema efficiente di tutte le telecamere collegate, indipendentemente dalle dimensioni del sistema di distribuzione
  - Interfaccia utente personalizzabile: ottimizzazione dell'interfaccia di gestione del sistema per diversi ruoli e livelli di utenti amministrativi
  - Gestione dei diritti avanzata: supporto dei diritti utente ereditati e possibilità di assegnare diritti di gestione parziali
  - Supporto Architettura Federata già inclusa, per una gestione multi-utenza delle proprie installazioni
- **Controllo in tempo reale**
  - Mappe a più livelli e geo-referenziazione: completa panoramica di telecamere e layout di un impianto di sorveglianza per il rilevamento rapido delle aree problematiche anche con mappe geo-referenziate, formati GIS e CAD
  - Alarm Manager: panoramica consolidata degli allarmi di sistema e di sicurezza per una verifica visiva immediata
  - Motore avanzato di regole, manuale o automatico
- **Sicurezza**
  - Server di registrazione a elevate prestazioni: archiviazione video a più livelli con funzionalità di grooming per un'efficiente archiviazione a lungo termine con video in linea
  - Protezione registrazioni: disponibilità delle registrazioni per le indagini, che consente all'utente di estendere manualmente il tempo di conservazione delle registrazioni, ignorando le policy di pulizia e archiviazione video
  - Firma digitale e crittografia del database video: verifica che i video esportati non siano stati modificati o manomessi durante la riproduzione da parte di forze dell'ordine e autorità pubbliche
  - Rigidi diritti utente: tutela dell'integrità del video live e registrato attraverso la limitazione dei permessi di specifiche telecamere, funzioni e periodi di tempo oppure il controllo accessi dei singoli utenti. Supporto della Doppia Autenticazione per sistemi ad alta criticità e dell'accesso con single -sign-on
  - Logging sicuro di tutte le operazioni effettuate
  - Framework dei metadati: framework generico per la gestione e la memorizzazione dei metadati legati al video, già conforme ONVIF.

Di seguito vengono riportate alcune delle principali caratteristiche tecniche che la piattaforma richiesta dovrà supportare:

- Funzionalità avanzate. Tutte le funzionalità principali di Failover (Hot and Cold Stand -By), Federazione, Clustering, Edge Storage, Registrazione Edge Storage con Qualità Video Scalabile (SVQR), Gestione Videowall, Evidence Lock ed altro sono già incluse nel software;
- Funzionalità Video Push, con la quale è possibile inviare in centrale il video dal client mobile, con gli stessi criteri di una normale telecamera;
- Licensing semplice e trasparente: 1 licenza a device, con tutte le funzionalità del device supportate. Per le telecamere analogiche un fattore differenziante importante: 1 licenza ad encoder (ip fisico) con grande risparmio nel passaggio tecnologico da analogico ad IP. La licenza del device gestisce anche il multi - streaming e la registrazione dello stesso stream video su più server di registrazione o anche sullo stesso server per il backup senza costi aggiuntivi;
- Standard e normative:
  - conformità ONVIF e PSIA, documentata e certificata dagli Enti di riferimento
  - Supporto Gateway Onvif, Framework Onvif per i metadati (fondamentali per le analisi post evento)
  - conformità alle normative vigenti del Garante sulla Privacy
  - rispetto delle direttive del Ministero dell'Interno, conformità alla CEI EN EN 50132-1 (CEI 79-70) Sistemi di videosorveglianza per applicazioni di sicurezza - Parte 1: Prescrizioni di sistema.
- Migliore utilizzo delle risorse hardware. Grazie al proprio motore video ottimizzato ad eccezionale Throughput, il software utilizza sensibilmente meno risorse hardware sfruttando la decodifica hardware delle GPU, anche per la VMD, supporto schede video NVidia;
- Oltre 7000 devices supportati;

- Piattaforma Sicura:
  - Certificazione GDPR sull'intera piattaforma rilasciata da ente esterno. Vista la relativa novità delle normative inerenti al GDPR, si accetta evidenza di processo di certificazione in corso da almeno 6 mesi che si concluderà con attestato da ente terzo
  - Encryption delle registrazioni
  - esportazioni con firma digitale
  - supporto HTTPS
  - autenticazione con Kerberos su Active Directory
  - autorizzazione con doppia password
  - single-sign-on
  - logging di ogni singola operazione
  - system monitoring.
- Ambiente IP ed IT nativo, supporto di tutti i protocolli standard del settore, algoritmi di compressione H.265, H.264, MJPEG, MPEG -4 ASP, MxPEG, Zipstream;
- Supporto 4K e UHD;
- Supporto DLNA;
- Supporto dei protocolli di comunicazione Multicast, Unicast, SNMP, support IPV6;
- Architettura Client/Server sicura e protetta. Il client è sempre collegato al Server e mai direttamente alle telecamere per garantire i massimi livelli di sicurezza ed affidabilità. In caso di aggiornamento delle telecamere non necessità dell'aggiornamento dei client;
- Supporto ad un numero illimitato di monitor e matrici;
- Possibilità di mostrare fino a 100 contenuti per monitor;
- Supporto ad un numero illimitato di flussi contemporanei:
  - Il software non deve porre limiti al numero di dispositivi gestiti da ciascun server di registrazione
  - Il software non deve porre limiti al massimo numero di utenti
  - Il sistema deve essere compatibile con piattaforma Windows
  - Il sistema deve essere compatibile con versione Windows 7 o superiore (Vista escluso)
  - Il sistema deve essere compatibile con architettura a 64 bit
  - Il sistema deve supportare connessioni via HTTPS a dispositivi compatibili
  - Possibilità di aggiornare periodicamente il set di dispositivi supportati senza dover disinstallare e reinstallare tutto il sistema.

#### **4 Interfacciamento con i sistemi esistenti**

Il sistema descritto sarà progettato in fase esecutiva per l'interfacciamento con il sistema di gestione in uso presso il gestore del servizio di TPL. I paradigmi utilizzati saranno sempre quelli dei DATEX e degli open data. Si svilupperanno, se necessario, interfacce di interconnessione software su tecnologia WS (Web Services) per il trasferimento bidirezionale delle informazioni e per la interazione integrata dei sistemi.

## 5 Interfacciamento con sistema superiore di Supervisione e Controllo

Il sistema progettato presenta una elevata integrabilità con altri sistemi di Gestione e Controllo presenti a governo di aree più estese, in cui il Metrobus, oggetto del presente progetto, si integra.

Il Comune di Bologna, **come si rileva dal PUMS attualmente in vigore**, nell'ultimo decennio ha sviluppato un proprio sistema integrato che può essere considerato all'avanguardia a livello europeo e che permette importanti margini di sviluppo e perfezionamento. In quest'ottica l'impegno nei prossimi anni sarà quello di proseguire nell'evoluzione tecnologica del sistema, rendendo il sistema sempre più efficiente e capace di dialogare verso l'esterno attraverso gli standard di interoperabilità dei dati (DATEX).

Ne consegue che una delle strategie specifiche di questo nuovo PGTU sia costituita proprio dall'estensione dei sistemi già realizzati e dall'ideazione di nuove applicazioni gestionali, finalizzate anche all'innovazione dei metodi di applicazione delle regole di circolazione.

Dal punto di vista attuativo, data l'impossibilità generale delle amministrazioni di sviluppare e mantenere in proprio applicativi e piattaforme per la smart mobility, verranno concentrati gli sforzi nell'estensione e aggiornamento delle banche dati accessibili a terzi (**open data**).

Gli open data consentono infatti di ottenere diversi benefici per l'amministrazione:

- trasparenza verso i cittadini;
- innovazione e contributo nella creazione di ecosistemi informativi;
- possibilità lavorare con applicativi sempre evoluti ed aggiornati.

L'ecosistema delle applicazioni sviluppate da terzi, grazie l'utilizzo degli open data messi a disposizione dal sistema, riguarda vari ambiti della mobilità: dal pagamento della sosta nelle aree tariffate alla pianificazione degli spostamenti door to door, fino alle informazioni in tempo reale.

Le applicazioni per la mobilità avranno sempre di più un ruolo fondamentale nella gestione della mobilità delle persone.

Come indicato nel PUMS, la MaaS (Mobility as a Service) sarà la rivoluzione che abbraccerà nel medio periodo la mobilità delle persone, innovando in maniera decisiva l'esperienza e l'approccio nei confronti delle esigenze di mobilità.

Tramite le applicazioni di MaaS infatti sarà possibile gestire in maniera diretta l'intero ecosistema dalla mobilità della città, ovvero:

- pianificare percorsi/itinerari multimodali;
- acquistare biglietti, o pagare corse;
- prenotare e pagare servizi di sharing mobility;
- pagare la sosta.

Tutto questo tramite un'unica applicazione che funzioni da interfaccia tra i diversi attori che concorrono all'erogazione e gestione di servizi di mobilità.

Nel breve periodo, l'amministrazione attraverso specifici tavoli di lavoro, si impegnerà nel favorire l'incontro tra i diversi attori/operatori garantendo la piena fruibilità dei dati che riguardano la mobilità del comune di Bologna e la pari opportunità di ciascun attore di sviluppare liberamente l'attività. I dati di mobilità che queste applicazioni genereranno dovranno essere messi a disposizione delle amministrazioni e degli altri Enti interessati attraverso report periodici, utili ad avere un quadro aggiornato ed utile al monitoraggio delle azioni di pianificazione.

Un altro ambito di intervento riguarda l'ampliamento del sistema di controllo semaforico e del preferenziamento delle linee portanti del trasporto pubblico locale. Per poter realizzare gli obiettivi sopra descritti è necessario potenziare il più possibile le fonti informative del sistema e contestualmente equipaggiare i sistemi di controllo su strada con dispositivi atti a migliorare la qualità del servizio offerto all'utenza.

Poiché le funzionalità di supervisione della mobilità e di miglioramento della qualità del servizio di trasporto pubblico risultano tanto più efficaci quanto più è estesa e capillare la rete degli impianti semaforici centralizzati (sorgenti primarie di dati in tempo reale sul traffico, sistemi di attuazione delle politiche di controllo coordinato della mobilità, nonché strumenti ottimali per il miglioramento del servizio di TPL attraverso la procedura di preferenziamento semaforico), le azioni saranno mirate a :

- prevedere la centralizzazione di tutti gli impianti semaforici di Bologna attualmente a funzionamento locale entro il periodo di validità del PUMS, sviluppando anche nuove tecnologie al fine di superare, laddove economicamente conveniente, il sistema di spire semaforiche attualmente in uso;
- completare la messa in sicurezza delle intersezioni per gli utenti ipovedenti attrezzandole con dispositivi acustici e pavimentazione tattile tipo Loges;
- dotare le intersezioni che presentano particolari criticità in termini di sicurezza o di frequentazione da parte di utenza sensibile, di dispositivi di “countdown” dei tempi di fase semaforica, partendo dai fondi già stanziati e prevedendo ulteriori finanziamenti negli anni a seguire per la tutela degli utenti “deboli” della strada;
- sulla scorta dei positivi risultati ottenuti negli ultimi anni, incrementare il numero di intersezioni controllate (enforcement), attraverso l’acquisizione, l’installazione e la messa in funzione di nuove stazioni di controllo delle infrazioni semaforiche, sulle intersezioni stradali caratterizzati da maggiore incidentalità e sulle corsie preferenziali.

## 6 Dimensionamento del sistema

Dal punto di vista quantitativo, gli interventi relativi agli impianti di regolazione del traffico e telecomunicazione per la realizzazione del sistema Metrobus sulla direttrice San Vitale consisteranno in:

- attrezzaggio dei 18 mezzi impiegati per l'effettuazione del servizio Metrobus (che verranno acquistati già con le dotazioni necessarie)
- attrezzaggio di 22 pensiline di fermata
- l'interfacciamento per interconnessione alla rete IP di tutte le pensiline
- la realizzazione di una dorsale in fibra ottica lungo l'intero tracciato
- l'allestimento di una Centrale Operativa

Per quanto riguarda gli impianti semaforici, complessivamente gli interventi in:

- realizzazione di 3 nuove isole semaforiche per la semaforizzazione di intersezioni stradali<sup>2</sup>
- realizzazione di 29 nuove isole semaforiche per la semaforizzazione di attraversamenti pedonali (esistenti non semaforizzati o di progetto)
- implementazione del sistema ITS per la gestione e l'asservimento degli impianti semaforici lungo la direttrice (software, hardware e rete di interconnessione)
- integrazione nel sistema di gestione di 17 isole semaforiche di intersezioni semaforizzate esistenti
- integrazione nel sistema di gestione di 8 isole semaforiche di attraversamenti pedonali semaforizzati esistenti

Le seguenti figure riportano la localizzazione degli impianti semaforici oggetto di intervento.

---

<sup>2</sup> Una delle nuove isole semaforiche gestirà le manovre dei mezzi all'interno del Centro di Mobilità di Medicina.



Figura 6-1. Interventi agli impianti semaforici in Comune di Medicina



Figura 6-2: Interventi agli impianti semaforici in Comune di Budrio

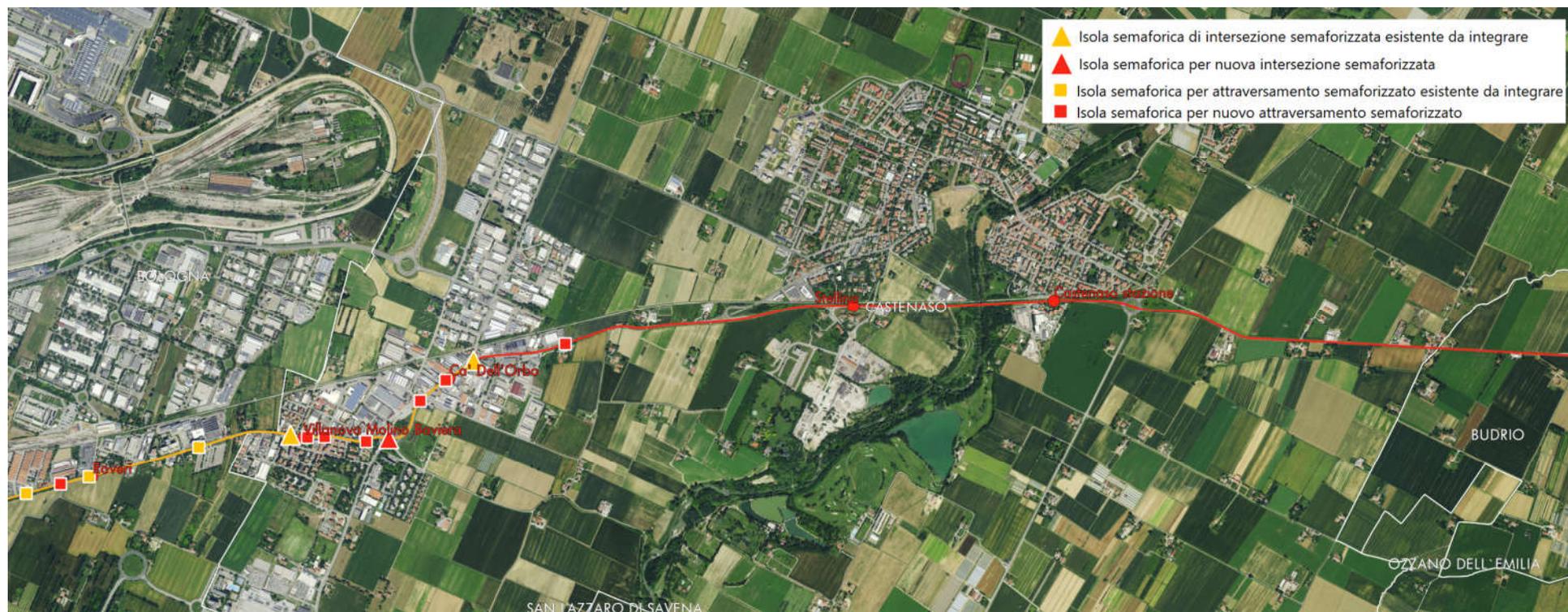


Figura 6-3: Interventi agli impianti semaforici in Comune di Castenaso

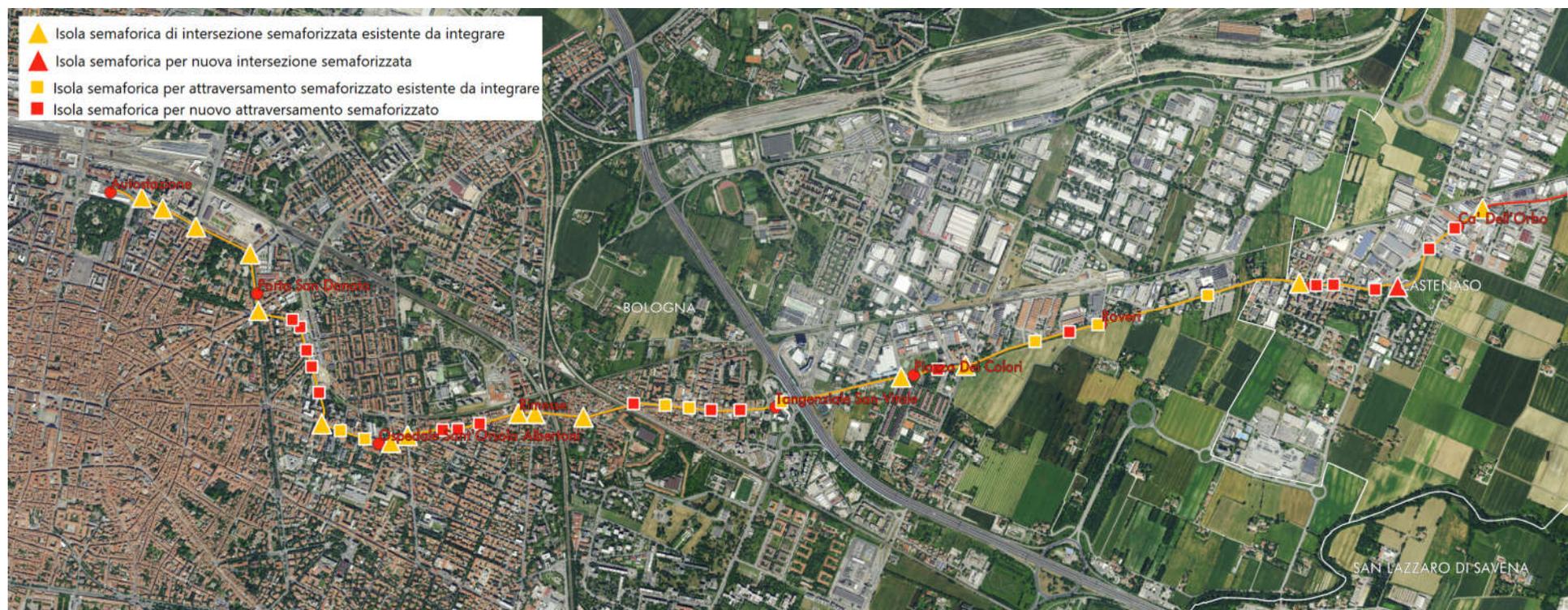


Figura 6-4: Interventi agli impianti semaforici in Comune di Bologna