



*Sezione Toscana*

«Soluzioni altamente innovative  
per i nodi ferroviari»

## Il Sistema HD ERTMS

**Caronti Daniele**  
**Salvatore Romaniello**

**Firenze, 14 Aprile 2016**

*Direzione Tecnica - Standard Tecnologici e Sperimentali*

# Indice

---

- **Obiettivi RFI**
- **Descrizione dell'architettura**
- **Funzionalità e potenzialità**
- **Conclusioni**

# Portfolio applicazioni ERTMS in RFI

## ERTMS (ETCS+ GSM-R+ETML)

### Upgrading GSM-R

#### Rete Alta Velocità

Level 2  
(Baseline 2)  
senza fallback

#### High Density Nodi Urbani

Level 2 /Level 3  
(Baseline 3)  
Sovrapposto al  
National CCS

#### Freight & Passenger Tent-T Corridors

Level 1/Level 2  
(Baseline 3)  
Overlapped to  
National CCS

#### Linee a scarso traffico

Level 2 /Level 3  
(Baseline 3)  
Satellite & Public  
Bearer

#### Integrazione SST / SSB

IOP Test for  
Safe  
Integration

10 anni **In Servizio**  
(Torino - Salerno) e in  
continua **Evoluzione**  
**2016 Test 390km/h**  
**2016 UpGrading Ro-Na**  
**2016 Milano - Brescia**  
**2018 Roma - Firenze**  
**2020 Brescia - Verona**  
**2025 Milano - Genova**  
**2025 Napoli - Bari**

#### **In realizzazione**

**2018 :**  
HD nei Nodi di Roma,  
Milano e Firenze  
(headway 2'30 s)

**Sezioni Virtuali con  
rilevamento integrità  
treno, ATS**

#### **In realizzazione**

**2015 Pilot Line Corr D**  
(1st BL3 overlapped on  
Light signal)  
**2016:Ranzo - Luino,**  
Domo - Iselle (2015 Pilot  
L1Ls + Radio Infill)  
**2017: Domo - Novara**  
**2018: Milano - Chiasso**  
**2020: Novara - Villa**  
Opicina; Fortezza -  
Verona; Milano - Genova

#### **In realizzazione**

Pilot Line  
in Sardegna  
**2017**  
**ERSAT unione di 2**  
**progetti EU**  
**(Galileo and ERTMS)**  
**Interoperable**  
**Virtual Balise**

ERTMS Regional

#### **In realizzazione**

- Nuove Imprese Ferroviariel
- Nuovi Fornitori
- Upgrading SSB
- Upgrading SST
- Nuove Baseline ETCS
- Mistral Analisi integrata


# Esigenze commerciali e obiettivi aziendali


Lettera di incarico a firma del Direttore Tecnico con nota RFI-DTC\A0011\P\2014\0002882 del 14/10/2014, con i seguenti obiettivi:


- definizione dei criteri per la redazione dei Programmi di Esercizio per l'aumento di capacità nei nodi ferroviari mediante sistema ERTMS;
- definizione delle specifiche funzionali, prestazionali e tecnologiche del sistema ERTMS e dei relativi sistemi di segnalamento di terra per la gestione del traffico ad alta densità nei nodi ferroviari;
- elaborazione di un progetto di massima che consolidi le scelte individuate sulle tratte prioritarie del:
  - Nodo di Roma:  
Roma Casilina - Ciampino  
Roma Tiburtina - Roma Tuscolana - Roma Ostiense
  - Nodo di Milano:  
Milano Garibaldi - Bivio Mirabello - Milano Greco Pirelli  
Milano Garibaldi - Bivio Mirabello - Milano Lambrate

# Documentazione di committenza – Stato dell'arte

- Programma di Esercizio (nodo di Roma)
- Profilo di linea (nodo di Roma)
- Specifiche dei Requisiti Funzionali
- Organismo Tecnico per PHA
- Relazione caratterizzante su nodo di Roma per avvio procedura negoziale (*in corso*)
- Bozza Normativa (*in corso*)

 <b>RFI</b> RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		DIREZIONE COMMERCIALE ED ESERCIZIO RETE		Foglio 1 di 9	
<p><b>PROGRAMMA DI ESERCIZIO TECNOLOGICO</b></p> <p><b>SISTEMA DI DISTANZIAMENTO AD ALTA DENSITA'</b></p> <p><b>NODO DI ROMA</b>          Tratta Roma Casilina - Ciampino</p>					
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
0	27/05/2015	Alta densità Rm Casilina - Ciampino	R. Ioncò	D. Marino	L. Impieri

 <b>RFI</b> RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		<b>SISTEMA HD ERTMS/ETCS LIVELLO 2</b>		
<b>GRUPPO DI LAVORO</b> RFI-DTCA0011/P/2014/0002882		RFI TC.SCC SR ER 31 R01 C		
<p><b>SISTEMA DI COMANDO/CONTROLLO DELLA MARCIA DEI TRENI</b>  <b>ERTMS/ETCS</b></p> <p>Titolo</p> <p>Specifica dei Requisiti Funzionali  <b>SISTEMA HD (HIGH DENSITY) ERTMS/ETCS LIVELLO 2</b></p> <p>Potenziamento tecnologico dei Nodi</p>				
Rev.	Data	Redatto	Verificato	Autorizzato
C	24/05/2015	GRUPPO DI LAVORO RFI-DTCA0011/P/2014/0002882	Silvestri Moro	Carlo
F	26/05/2015	TESTI PER LA VERIFICA RFI-DTCA0011/P/2014/0002882	Senesi	Carlo
A	19/12/2014	GRUPPO DI LAVORO RFI-DTCA0011/P/2014/0002882	Senesi	Senesi

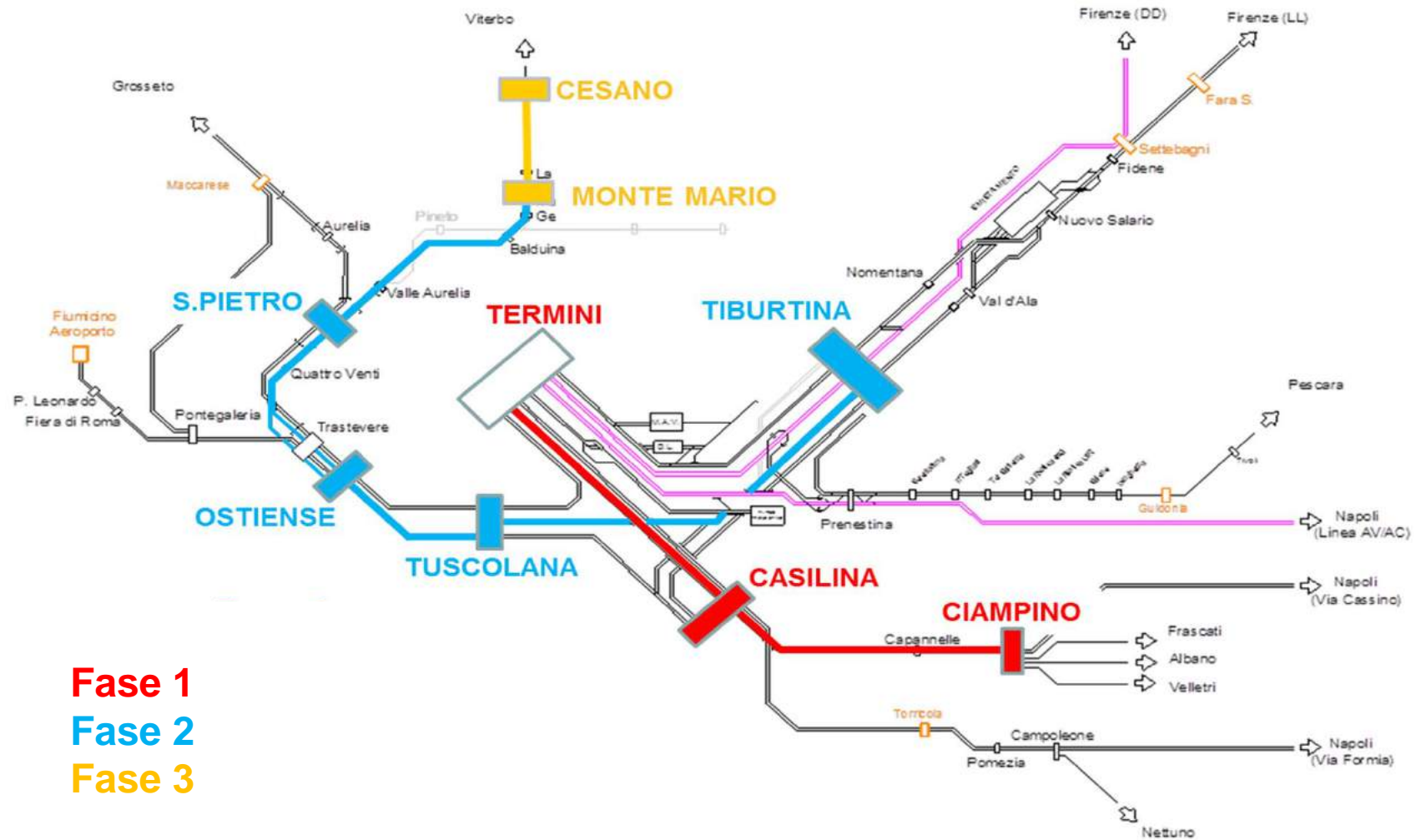
 <b>RFI</b> RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		<b>RELAZIONE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO</b>	
Direzione Tecnica Normativa Circolabilità ed Analisi del Rischio di Sistema		Codice: RFI-DTC-NCRVAD011/P/2015/0001762	
		Pag. 1 di 113	

Ferrovie dello Stato Italiane  
 UA 21/7/2015  
 RFI-DTC-NCRVAD011/P/2015/0001762

**MODIFICHE TECNICHE E NORMATIVE  
 PER L'IMPLEMENTAZIONE  
 DI ERTMS/ETCS L2 CON FUNZIONE DI ADDENSAMENTO TRENI (HD - HIGH DENSITY)  
 SU LINEE ATTREZZATE CON SEGNALI FISSI LUMINOSI**

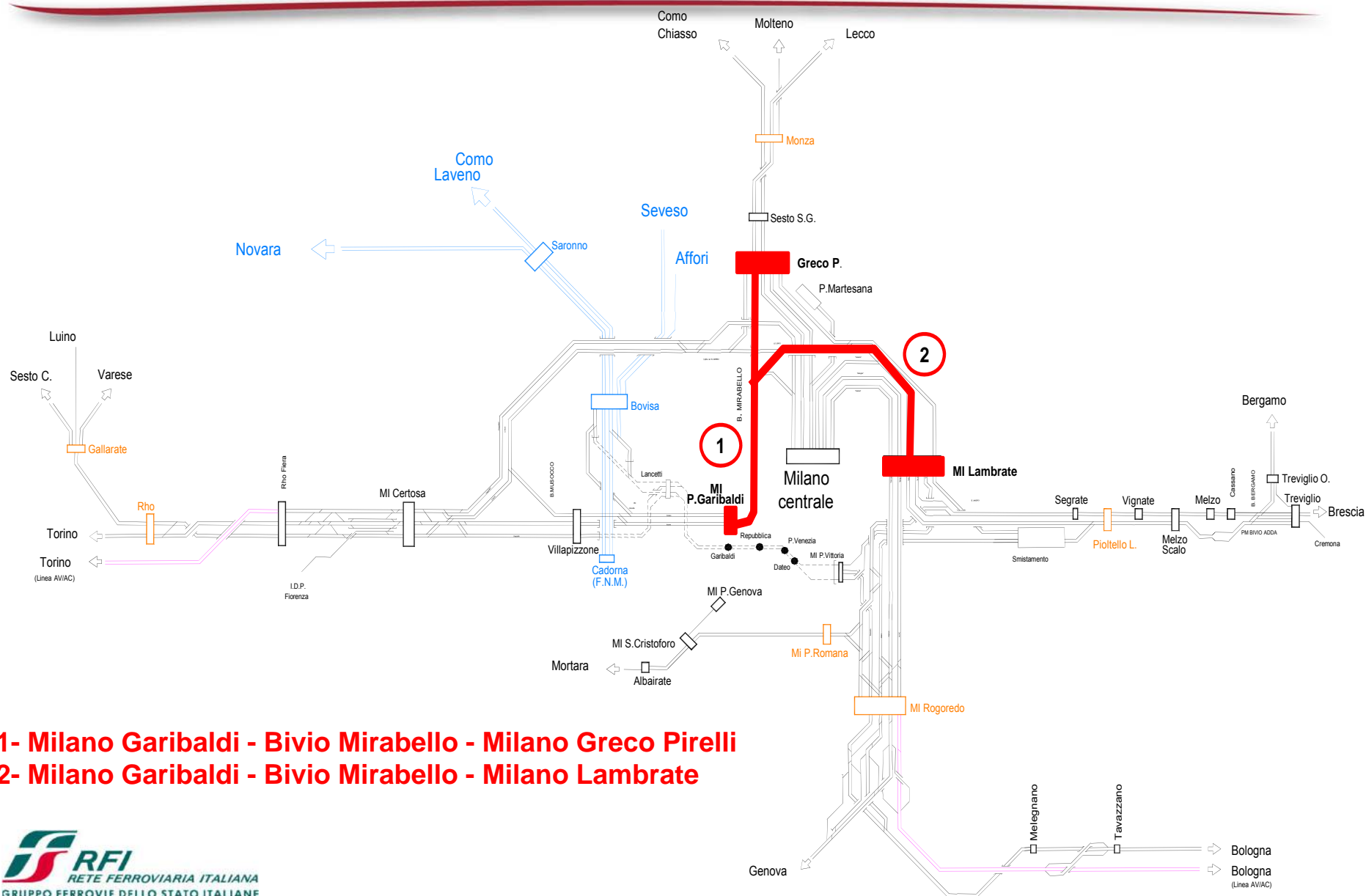
Rev.	Data	Descrizione	Elaborazione	Verifica	Approvazione	Autorizzazione
0	31/07/2015	Prima Emissione	Angeloni Carone Gastaldi Lamberti Oliva Pomposelli Riccioni Romanello Spinozzi Talamasi Iannelli	Melo Rosa Senesi Senesi Senesi Senesi Senesi Senesi Senesi Senesi	Il Referente di Progetto Carlo	Resp. OT Gendvesi

# Individuazione tratte Alta Densità nel Nodo di Roma



**Fase 1**  
**Fase 2**  
**Fase 3**

# Individuazione tratte Alta Densità nel Nodo di Milano



- 1- Milano Garibaldi - Bivio Mirabello - Milano Greco Pirelli
- 2- Milano Garibaldi - Bivio Mirabello - Milano Lambrate

# ERTMS HD: ETCS + GSM-R + ETML

---

Il sistema ERTMS HD (ERTMS High Density) introdotto per l'aumento della capacità nei nodi ferroviari presuppone l'ottimizzazione di tutte le sue componenti:

- ETCS per la parte di comando e controllo dei treni attraverso l'utilizzo di un sistema continuo come il livello 2 opportunamente ottimizzato attraverso la parametrizzazione delle sue variabili e condizioni applicative in linea e stazione e una integrazione dedicata con le logiche di interlocking
- GSM-R per la comunicazione terra-treno opportunamente configurato per massimizzare il Quality of Service e la capacità offerta in termini di canali/treni. Va previsto in una seconda fase la migrazione a comunicazione IP
- Traffic management Layer: Management del traffico attraverso una ottimizzazione dello scheduling del traffico del materiale rotabile specializzato per l'alta densità e dei relativi tempi di generazione degli itinerari.



# HD ERTMS - Principi

Il sistema di distanziamento ERTMS/ETCS Livello 2 per l'Alta Densità e la logica di emitinerario e addensamento di stazione saranno sovrapposti su specifici tratti ed itinerari indicati da specifico Programma di Esercizio al sistema di segnalamento preesistente garantendo su quest'ultimo la sua non intrusività.

La sovrapposizione di tali sistemi sarà principalmente prevista su apparati elettronici sia di linea che di stazione. In casi specifici potrà essere prevista la sovrapposizione del ETCS Livello 2 senza realizzare la funzionalità di Alta Densità al fine di garantire l'omogeneità di guida da parte del personale di macchina.

Deve essere previsto un regime di esercizio ERTMS HD alta densità con batterie di treni consecutivi specializzati che realizzano l'alta densità.

Deve essere comunque mantenuta la possibilità di avere un traffico promiscuo fra treni equipaggiati per l'Alta densità e treni non equipaggiati a tale scopo.

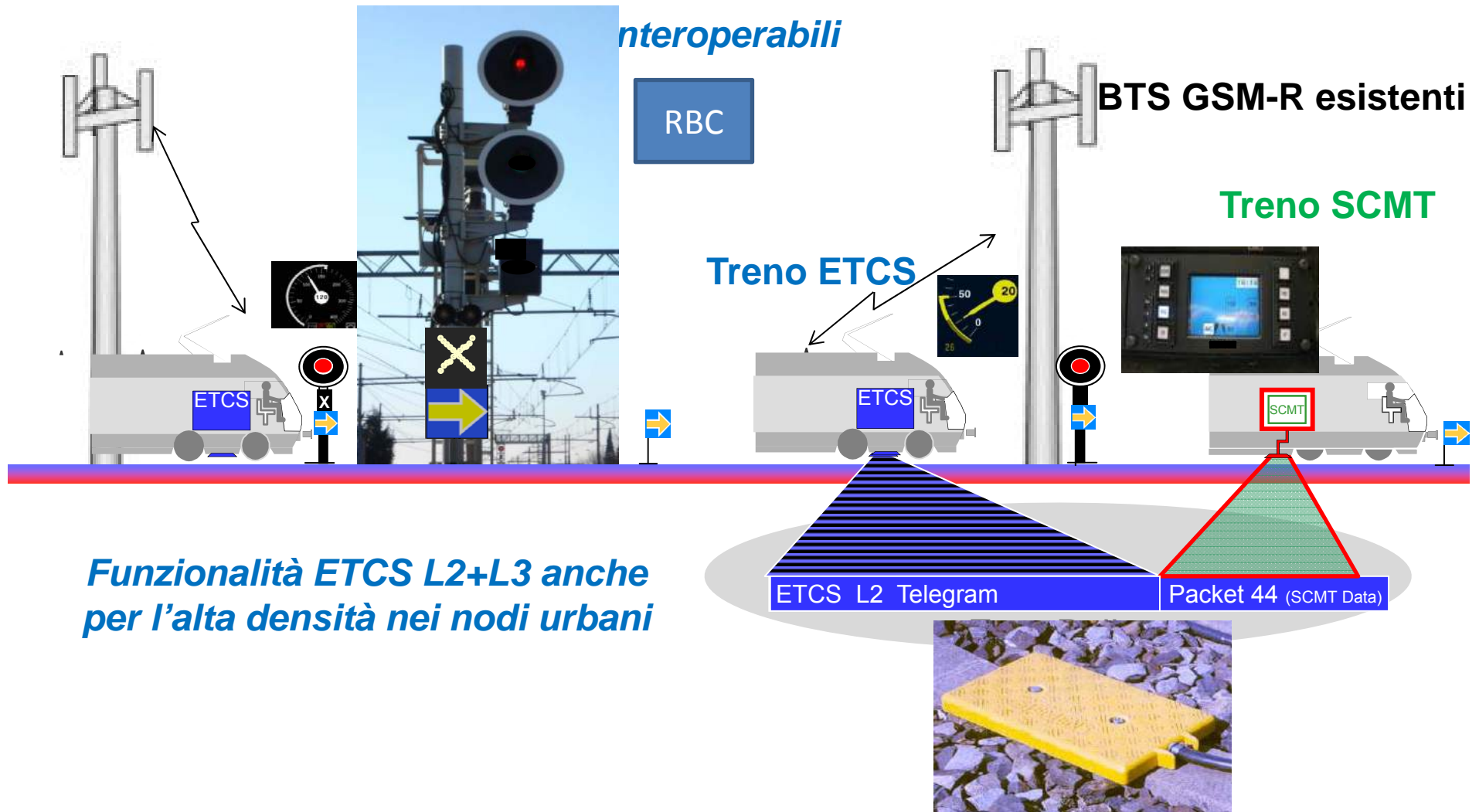
Deve essere prevista la possibilità di entrare ed uscire dal sistema ad alta densità in punti specifici definiti in apposito programma di esercizio attraverso transizioni dinamiche dal sistema ETCS al sistema SCMT e viceversa.

In caso di degrado al sistema ETCS Livello 2 ogni treno specializzato per l'Alta densità deve comunque poter circolare in funzionalità SCMT.

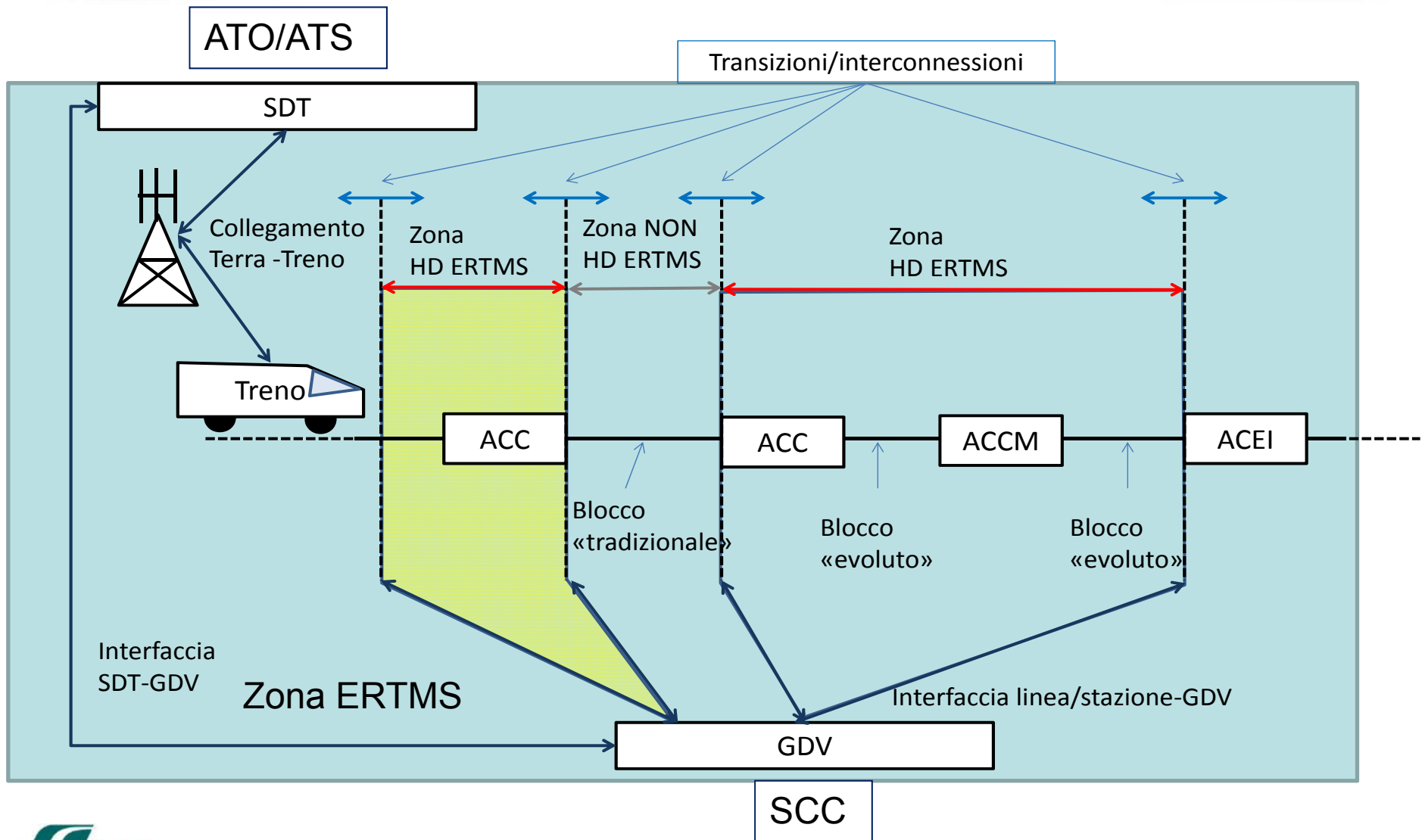
# Nuove Funzionalità per ETCS per alta densità nei nodi

- Curve di frenatura ETCS BL3 treno ottimizzata con parametri inviati da terra.
- Profilo statico v<sub>max</sub> delle deviate gestito in prossimità della punta scambi e non dal segnale.
- Promiscuità treni SCMT (sezioni attuali) ed ETCS (sezioni blocco radio SBR ottimizzate).
- Parametrizzazione timer ACC ed RBC per la ottimizzazione della liberazione del bloccamento in zona di uscita itinerario , massimizzando così la velocità di rilascio calcolata a bordo treno.
- Configurazione velocità di rilascio calcolata a bordo su sezioni di blocco radio: opportuna la gestione di una sezione di ricoprimento (anche virtuale) sulla sezione di Blocco Radio di valle.
- Definizione della lunghezza SBR ottimizzata per linea o stazione per massimizzare la capacità.
- Aspetto segnale luminoso dedicato per utilizzo SBR e relativa logica di annuncio e consenso.
- Definizione delle zone di ingresso/uscita per ETCS L2 massimizzando la flessibilità impiantistica.
- Gestione comandi emitinerari per i soli treni dedicati per l'alta densità.
- Potenziamento della rete GSM-R ed utilizzo del GPRS a terra e a bordo
- Liberazione sezioni con odometria tipo L3.

# Migrazione di ERTMS in sovrapposizione ad SCMT: Soluzione per Corridoi e per Alta Densità nei Nodi urbani



# HD ERTMS sovrapposto ad SCMT: Applicazione



# Gestione della Via: Funzioni innovative per HD ERTMS

---

Le principali innovazioni introdotte per HD ERTMS sono:

- Gestione itinerari HD ERTMS in stazione e le sezioni HD ERTMS in linea
- Gestione del ricoprimento virtuale
- Gestione ottimizzata dei degradi in stazione e linea

*Rimangono invariati i concetti di «zona d'uscita» in stazione e in linea che vengono estesi sui relativi segnali HD ERTMS.*

# Gli itinerari e le sezioni HD ERTMS

## Sezioni HD ERTMS di linea:

- Sono ottenute, senza giunti elettromeccanici, attraverso il posizionamento di Punti Informativi ERTMS e le funzionalità di «train integrity».
- La zona d'uscita e il ricoprimento saranno entrambi «virtuali» e gestiti attraverso i riferimenti odometrici.
- L'applicazione del HD ERTMS in linea riguarderà essenzialmente le sezioni di blocco «innovativo».

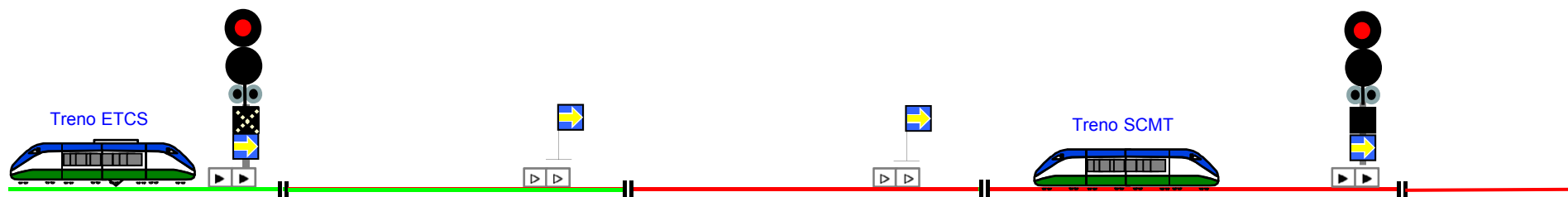
## Itinerari HD ERTMS di stazione:

- Gli itinerari HD ERTMS sono degli itinerari di stazione con un'estesa ridotta rispetto a quelli attuali. Con la formazione di tutti gli itinerari HD ERTMS che compongono un itinerario «tradizionale» si attivano le funzionalità proprie dell'Itinerario stesso.
- Il comando di Itinerario è effettuato su TO ACC/ACCM o da Sistema di Supervisione e Automazione attraverso lo stesso comando di itinerario già disponibile per l'itinerario tradizionale.
- La formazione del primo itinerario HD ERTMS genera la prenotazione del PF dell'itinerario tradizionale comandato, la quale verifica ed impone le incompatibilità.
- Gli itinerari HD ERTMS successivi al primo si attiveranno attraverso autocomando al seguito della formazione del primo itinerario HD ERTMS.
- L'applicazione del HD ERTMS in stazione riguarderà essenzialmente gli apparati con tecnologia a calcolatore

# Gestione dell'addensamento in Linea



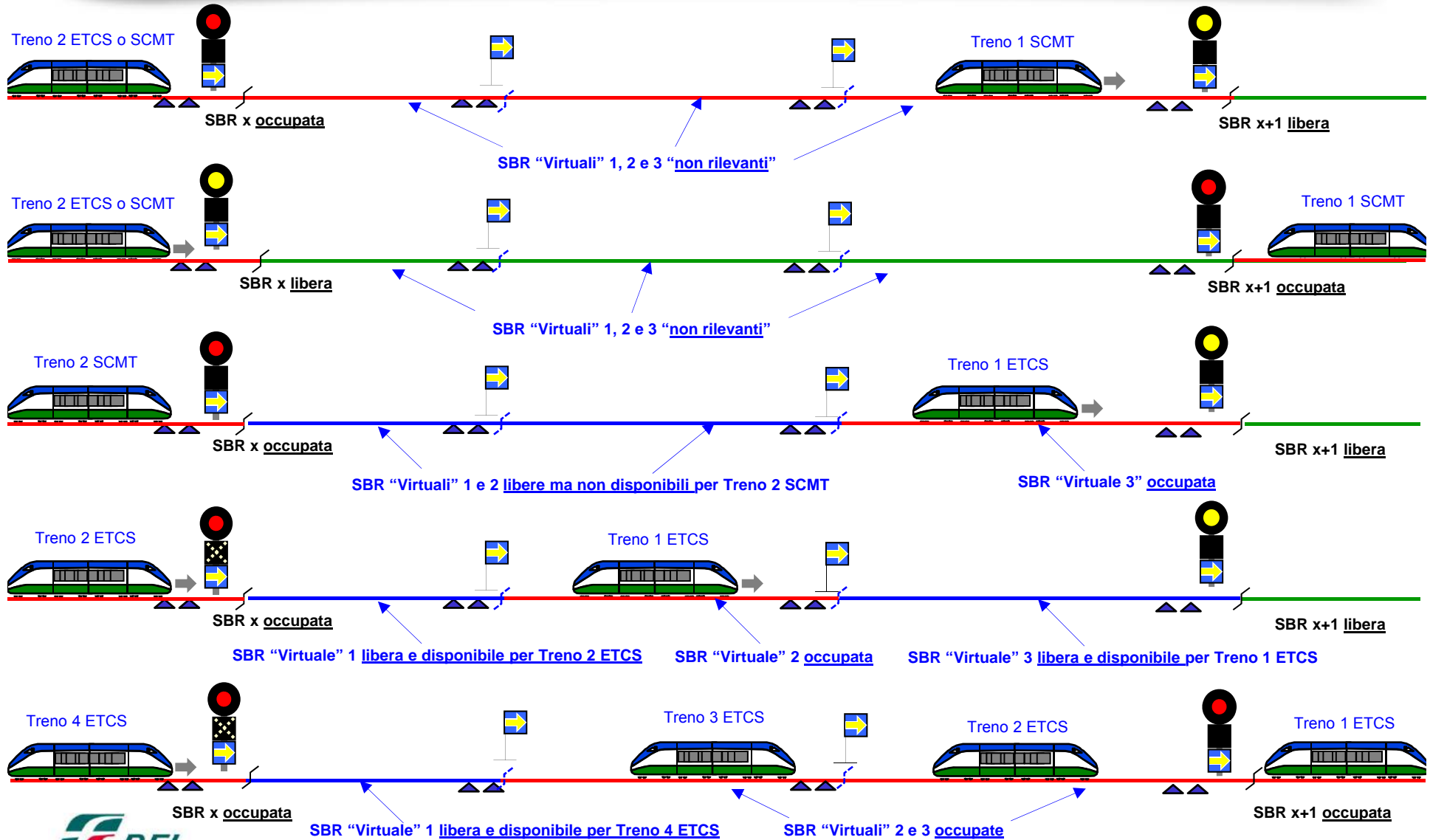
# Gestione dell'addensamento in Stazione



In stazione, la presenza dei circuiti di binario permette ad un treno ETCS di occupare gli itinerari HD ERTMS liberi in presenza di itinerario impegnato da un treno SCMT, ovvero senza funzione di «train integrity»



# Alta Densità: scenari funzionali ferroviari



# Il ricoprimento Virtuale

Per permettere al treno di avvicinare il segnale di itinerario HD ERTMS o fine sezione HD con una velocità di rilascio, sarà configurata a partire dalla EoA, una opportuna estesa (ricoprimento) con funzionalità di overlap. La funzionalità di ricoprimento sarà gestita utilizzando la funzione di coda treno sicura da parte del SSB, quindi non essendo relativo ad un'estesa individuata fisicamente sul binario, il ricoprimento sarà gestito solo come ente logico da RBC, e pertanto è stato definito "virtuale".

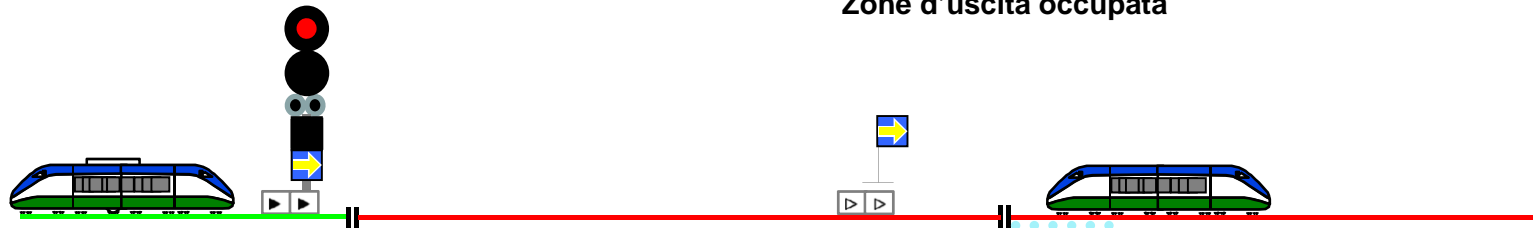
Con l'introduzione del concetto di ricoprimento virtuale, nel sistema HD ERTMS al treno è permesso l'ingresso con le seguenti regole:

- con una velocità di rilascio pari a 0 o adeguata alla zona di uscita nel caso la zona ricoprimento virtuale risulti occupata ma sia libera un'estesa minima di 20 m. (in linea) o 50 m. (in stazione), in armonia con quanto definito «Regolamento per la Circolazione Ferroviaria»;
- con velocità di rilascio diversa da 0 qualora risulti libera anche la zona di ricoprimento virtuale.

# Zone d'uscita e ricoprimento virtuale



Zone d'uscita occupata



Zone d'uscita  
Libera (50m)

Ricoprimento  
occupato

Velocità di rilascio  
pari a zero



Zone d'uscita  
Libera (50m)

Ricoprimento  
libero

Velocità di rilascio attiva

# Gestione dei degradi

---

## Stazione

È prevista una nuova funzione di soccorso per la gestione ottimizzata dell'occupazione indebita di un circuito di binario tradizionale in presenza di treni attrezzati HD ERTMS.

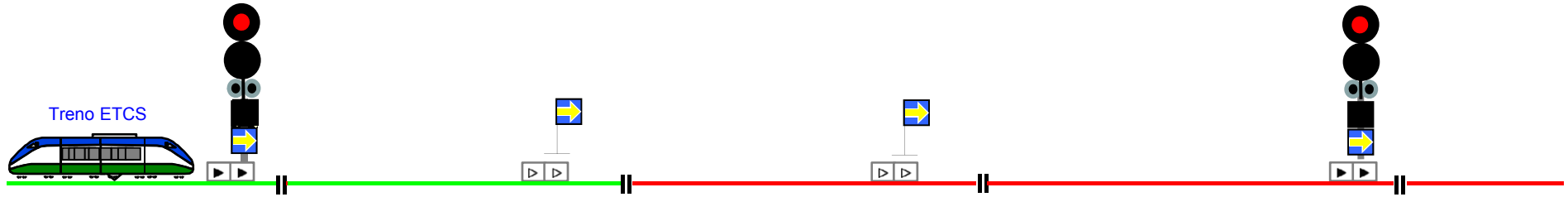
L'azionamento di tale soccorso non ha effetto sui treni tradizionali. Il segnale di avvio/avanzamento luminoso rimarrà spento.

## Linea

Attraverso nuove funzionalità da parte del RBC, che verificherà la corretta sequenza di avanzamento dell'ultimo treno transitato, sarà possibile l'assegnazione di una MA in On Sight su sezioni di blocco indebitamente occupate, senza l'intervento dell'operatore.

# Gestione dei degradi

## Stazione



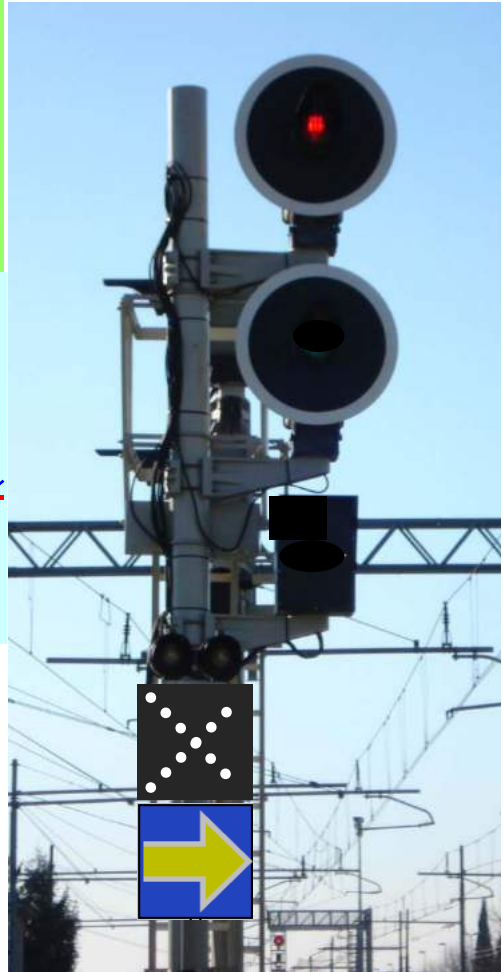
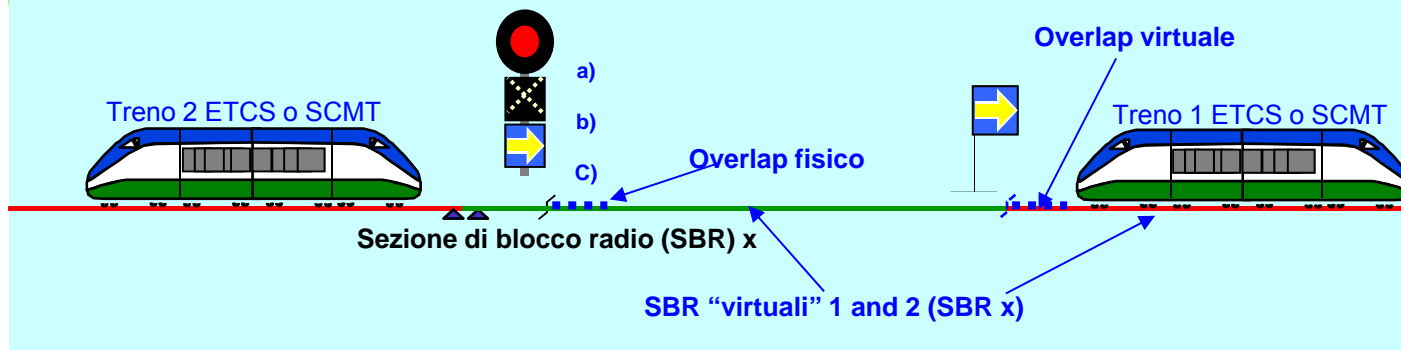
## Linea







# Sistema HD ERTMS – elementi di innovazione

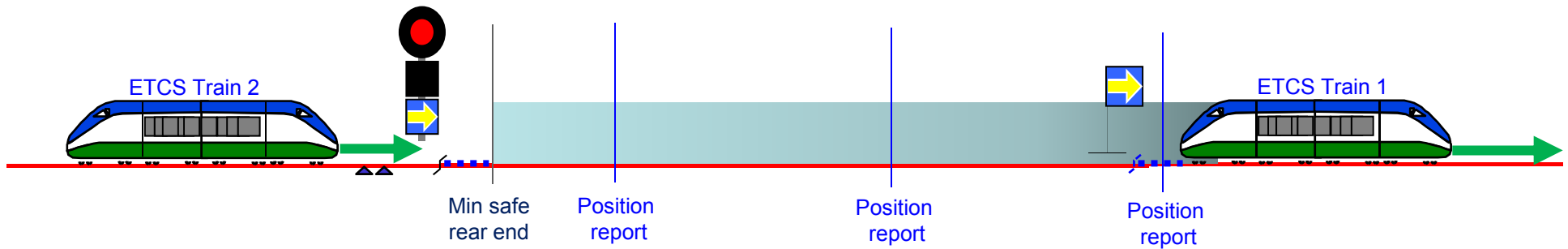
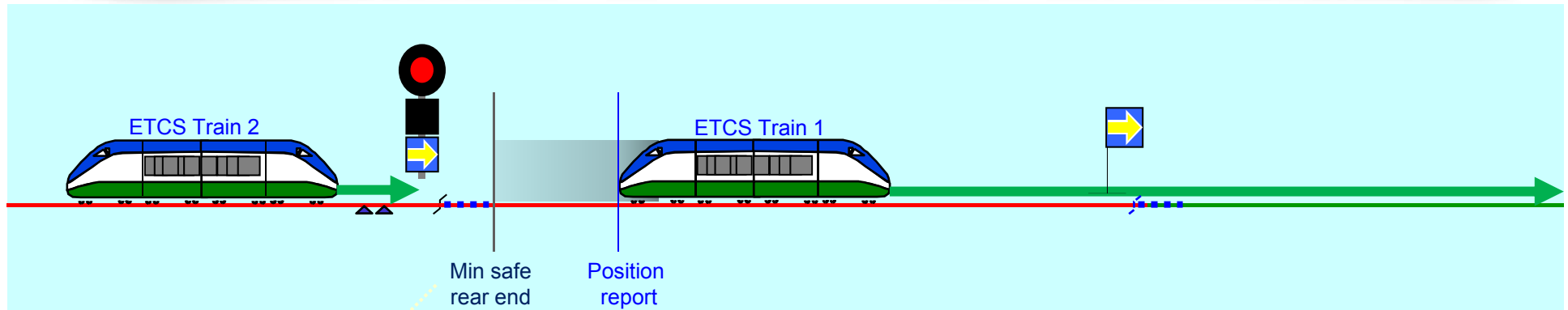
## Precondizioni per la funzionalità di addensamento treni:

- ERTMS L2 Baseline 3
- Treno 1 ETCS connesso con RBC e con controllo “coda sicura” a bordo attivo
- PR valido su SBR “virtuale” inclusa conferma check su Train Integrity di bordo
- Treno 2 ETCS connesso con RBC
- Accensione della lettera luminosa (simbolo “X”) sotto la lampada di rosso



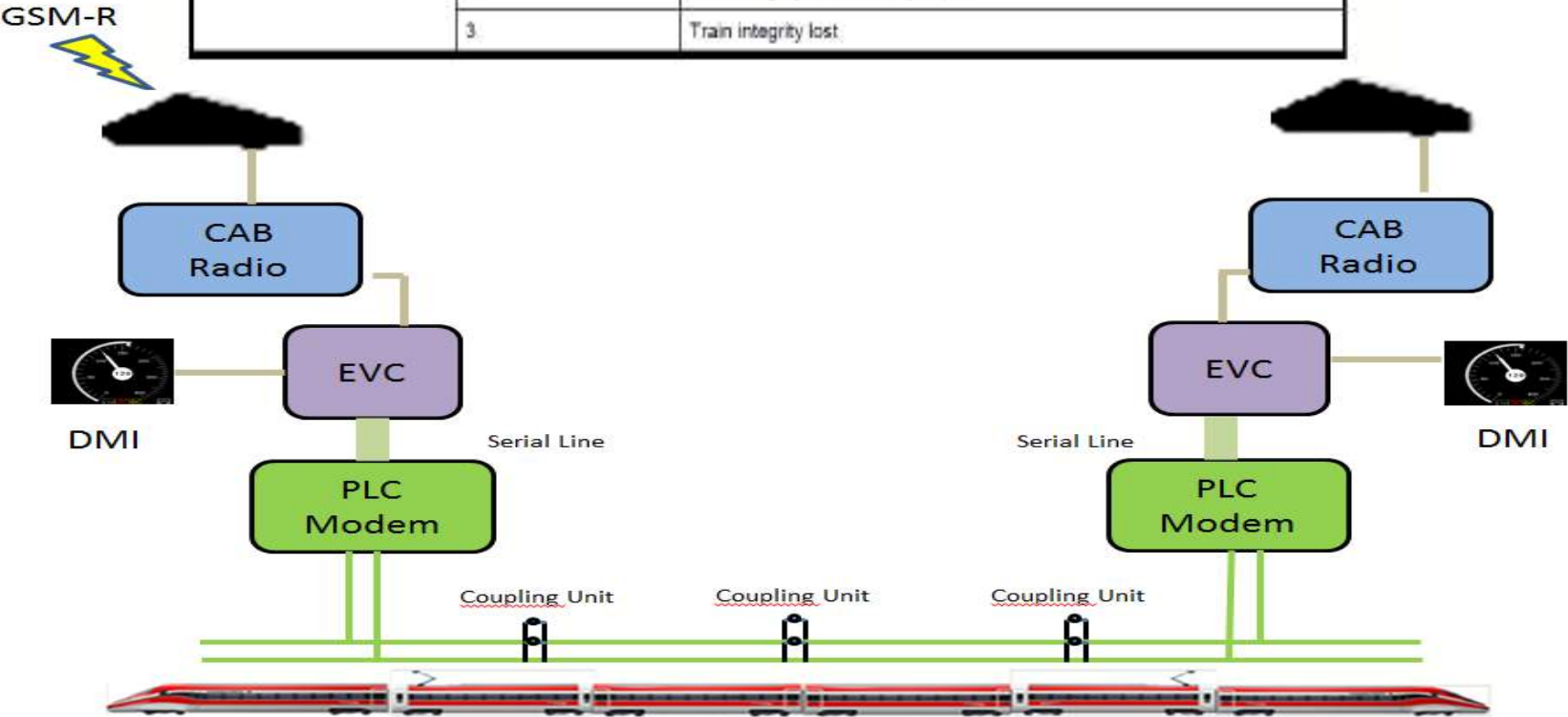
- a)  Sezione di blocco radio X occupata
- b)  Davanti al segnale a V.I. si annuncia un treno ETCS con la possibilità di aver assegnata una MA di ingresso nella SBR virtuale. PdC segue info su DMI ETCS.
- or 
- 1) Davanti al segnale a V.I. c'è un treno non ERTMS. Non è disponibile nessuna MA. PdC segue le indicazioni dei segnali luminosi
  - 2) Davanti al segnale a V.I. si annuncia un treno ETCS ma non è disponibile nessuna MA di ingresso nella SBR virtuale 1 o perchè il treno 1 SCMT sta ancora occupando la sezione X o perchè il treno 1 ETCS non ha confermato il check di Train Integrity
- c)  Segnale ETCS di stop “Stop Marker” sovrapposti al sistema di segnalamento luminoso tradizionale

# Train Integrity (Funzionalità del SSB ETCS)



# Gestione della «coda sicura» treno. Una possibile soluzione

Name	Qualifier for train integrity status		
Description	Qualifier, identifying the train integrity information available. The related safe train length information is given by L_TRAININT		
Length of variable	Minimum Value	Maximum Value	Resolution/formula
2 bits			
Special/Reserved Values	0	No train integrity information available	
	1	Train integrity confirmed by integrity monitoring device	
	2	Train integrity confirmed by driver	
	3	Train integrity lost	



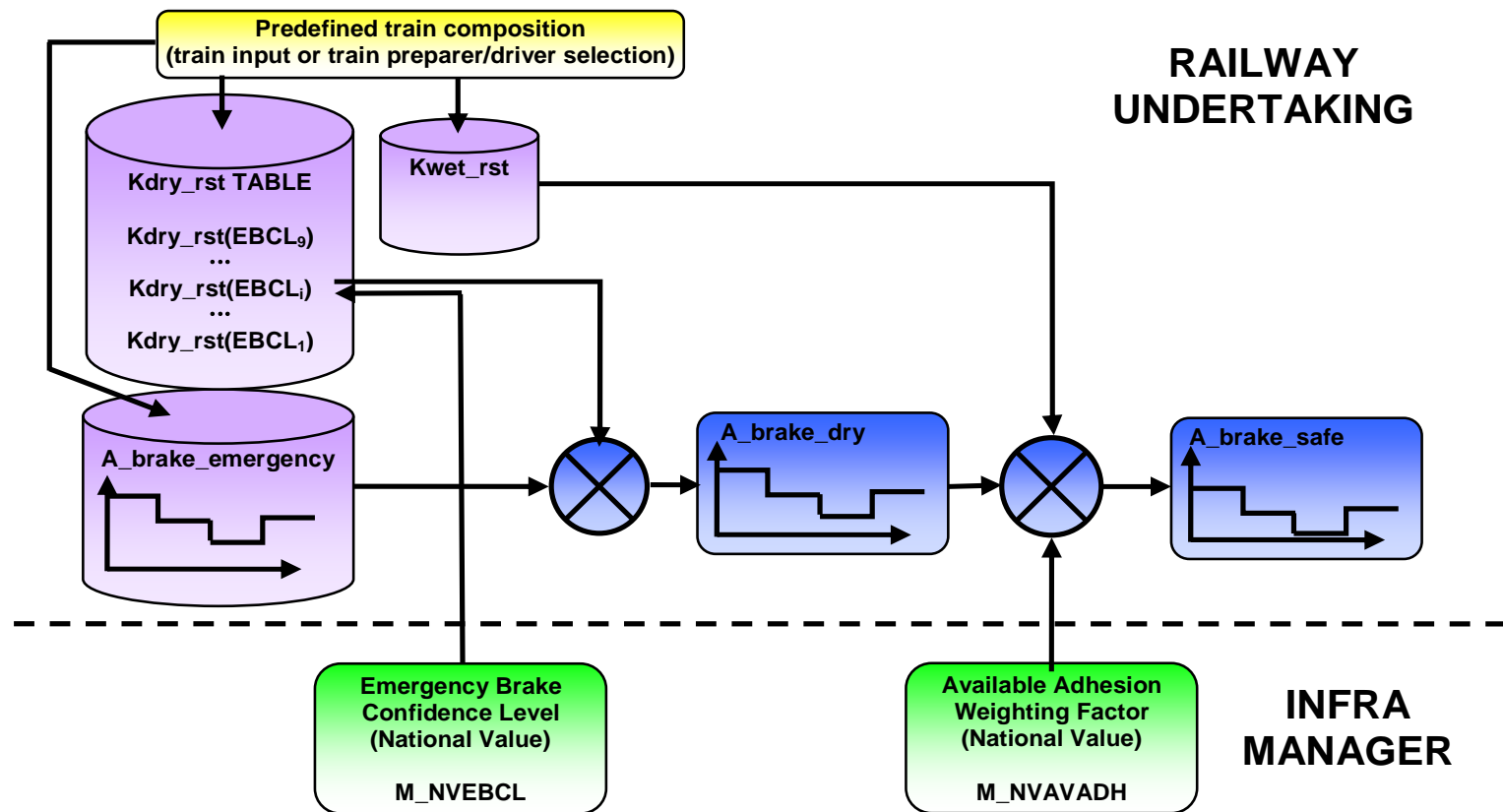
Legenda  
 EVC = European Vital Computer  
 DMI = Driver Machine Interface



# Il Progettista del SST ottimizza le curve di frenatura del treno

## Gamma trains

Treni a composizione bloccata le cui caratteristiche frenanti sono specificate in termini prestazioni e margini di sicurezza specifiche per il dato rotabile



# Requisiti del sistema HD ERTMS verso i SSB ERTMS/ETCS

Il sistema HD ERTMS deve garantire il soddisfacimento dei requisiti di cadenzamento per i soli treni aventi le seguenti caratteristiche (valori di prima ipotesi):

- lunghezza fino a 200 m;
  - tempo di ritardo del sistema frenante non superiore a 4,5 s .;
  - 140% in termini di PMF;
  - decelerazione media attesa per la frenatura di emergenza nell'intervallo di velocità 0-100 km/h, pari a  $1,0 \text{ m/s}^2$ ;
  - Il valore del parametro “rolling stock correction factors”, deve essere pari a 0,9
- La velocità di rilascio deve essere calcolata a bordo;
  - Gestione del Position Report (parametro Q\_lenght) verso RBC per la verifica della integrità della “coda sicura” del treno ETCS;
  - Gestione della funzionalità “sleeping” da realizzare evitando la frenatura da parte del SSB di coda in caso di eventuale degrado al SSB o al sistema di intercomunicazione del treno;
  - L'uso della frenatura di servizio (SBI) nel controllo della velocità obiettivo deve essere disabilitata;
  - I SSB ammessi a circolare con il sistema HD ERTMS devono essere dotati di Mobile Terminal con opportuni filtri per il di reiezione alle interferenze radio.

# HD ETCS BL3 - Modello di frenatura

## CARATTERISTICHE DELLA SIMULAZIONE

- Freno «sicuro» pneumatico
- Gradiente nullo (linea pianeggiante)
- No aderenza ridotta (binario asciutto)
- Controllo obiettivo senza SBI
- Compensazione dell'errore odometrico sullo spazio secondo specifiche
- Sezioni lunghe 350 m
- Distanza EoA – SL pari a 50 o 100 m
- Vril calcolata a bordo
- Caratteristiche del treno
  - Treno passeggeri materiale leggero a composizione bloccata caratterizzato come «gamma train»
  - Taglio trazione interfacciato
  - Lunghezza fino a 200 m (tempo equivalente 3,5 s circa)
  - Prestazioni frenanti paragonabili ad un valore PPF pari o superiore a 140
- Fattore di protezione di bordo  $K_{rst} = 0,9$  (\*)
- Altri fattori di protezione neutralizzati

(\*) Il valore assegnato è una ragionevole ipotesi di lavoro, ma il valore viene definito dal fornitore del freno in base al livello di confidenza circa la sicurezza della curva EBI richiesto dal gestore dell'infrastruttura.

# Aumento velocità media: Emitinerario e Ricoprimento virtuale

Numero di sezioni	Movement Authority	Distanza EoA – SL	Velocità nominale
1	350 m	≥ 50 m	30 km/h
		≥ 100 m	40 km/h
2	700 m	≥ 50 m	85 km/h
		≥ 100 m	90 km/h
3	1050 m	≥ 50 m	120 km/h

Le immagini di queste pagine sono composte da foto scattate nel centro di Seattle da OnRequest Images e raccolte in un poster di International Sustainable Solutions



without cars



on bikes

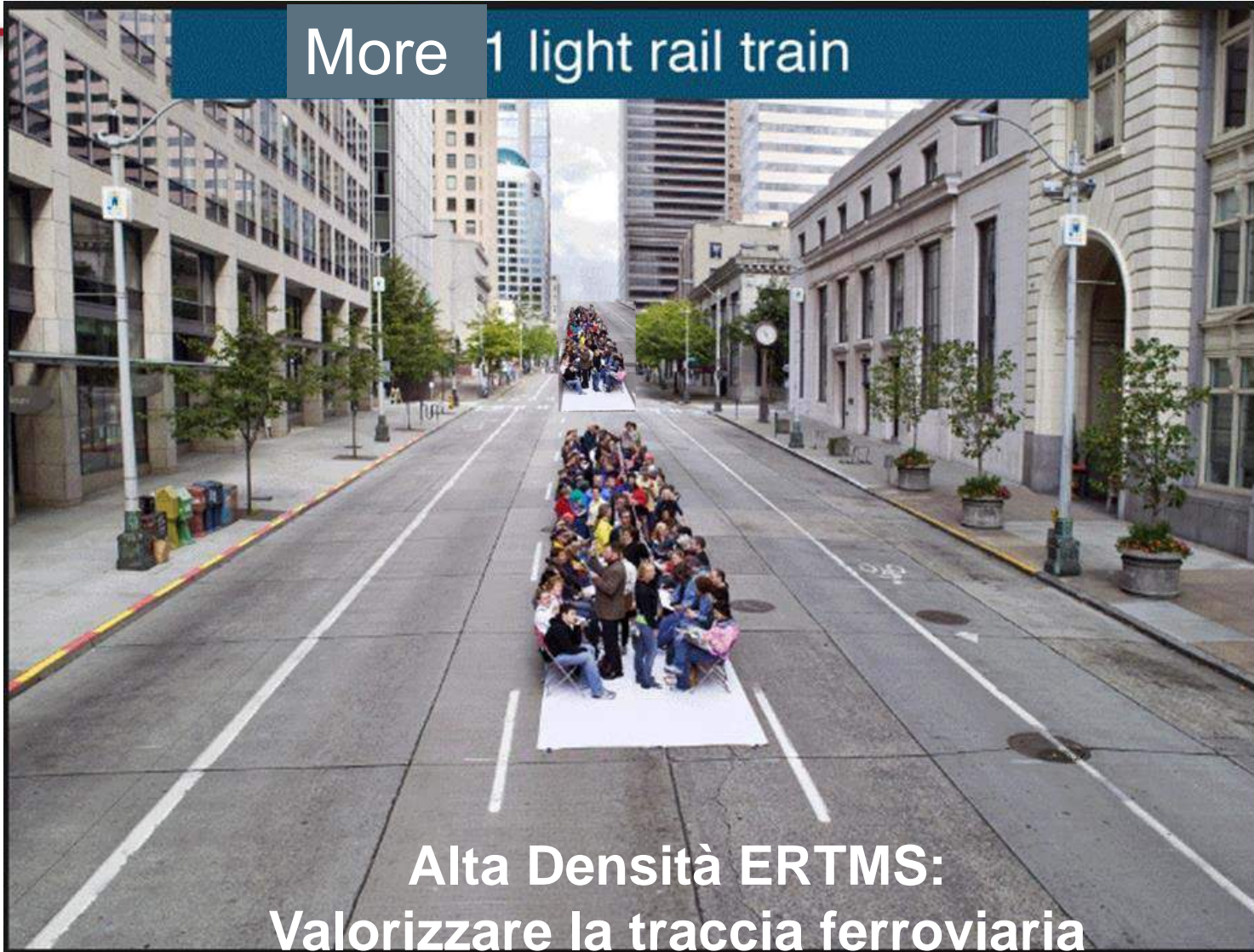
Images of downtown  
Seattle's 2nd Avenue  
From the International  
Sustainability Institute's  
Commuter Toolkit poster

on 3 buses





More 1 light rail train



Alta Densità ERTMS:  
Valorizzare la traccia ferroviaria