



**ERTMS per  
la sicurezza  
e  
l'esercizio  
ferroviario**

Facoltà  
di Ingegneria  
Università  
La Sapienza  
Roma

7 novembre  
2024

**Michele Mario ELIA – Eugenio MILIZIA**



**wikiRAIL.it**



Michele Mario ELIA  
Eugenio MILIZIA

# 1 - Il sistema ERTMS perchè

Facoltà  
di Ingegneria  
Università  
La Sapienza  
Roma

7 novembre 2024





... perché l'Europa ha concepito un unico sistema ferroviario europeo, come se fosse una UNICA RETE ferroviaria (INTEROPERABILITA' nell'area UE), con un unico standard tecnologico e normativo.

Per tale scopo è stato definito, a iniziare dagli anni '90, l'ERTMS:

## <<I'European Rail Traffic Management System>

Le prime attivazioni ERTMS sono:

- nella linea AV/AC Roma-Napoli, con attivazione nel 2005
- nella linea AV/AC Torino.Milano-Bologna-Firenze, con attivazione nel 2009
- nelle linea DD.ma Firenze-Roma, con attivazione nel dicembre 2024



L'Agenzia Ferroviaria Europea (ERA) ha definito la

## Single European Railway Area (SERA)

con i seguenti 3 principali obiettivi:



- ❑ **Safe.** La massima Sicurezza della circolazione, grazie alle moderne tecnologie evolute, per cui il sistema ha la massima sicurezza possibile, con il fattore di «System Integrity Level» pari a 4 (SIL 4)
- ❑ **Connected.** Interoperabilità tecnologica e Operativa in tutta la SERA
- ❑ **Affordable.** L'ottimizzazione dei fattori del trasporto: servizi resi agli utenti, la sostenibilità del sistema e la sua convenienza economica



Il sistema ERTMS è uno standard ferroviario di Bordo e di Terra oramai consolidato...

per cui la Commissione europea ne ha stabilito l'applicazione nella Trans-European Net-work of Transport (TEN-T) di circa 200.000 km.



REGULATION (EU) No 1316/2013 - O.J. L348 - 20/12/2013 **TEN**tec



È stato stabilito che in Italia il sistema ERTMS sia installato, oltre nei citati Corridoi TEN-T, anche nel resto della Rete, sia di FSI che delle Regioni, per un totale di circa 20.000 km





Lo standard ERTMS, di Terra e di Bordo, trova applicazione con le installazioni e le programmazioni oltre che nei 27 Paesi UE, anche in ulteriori 70 Paesi extra-UE.



Quindi, lo standard ERTMS Terra-Bordo interessa a circa 100 Paesi del Mondo, sui 150 Paesi ferroviari esistenti, con oltre 1,5 Milioni di km di potenziali installazioni, per un valore di almeno 1.200 Miliardi di €



Michele Mario ELIA  
Eugenio MILIZIA

## 2 - Il sistema ERTMS/ETCS, che cos'è, come è fatto?

Facoltà  
di Ingegneria  
Università  
La Sapienza  
Roma

7 novembre 2024



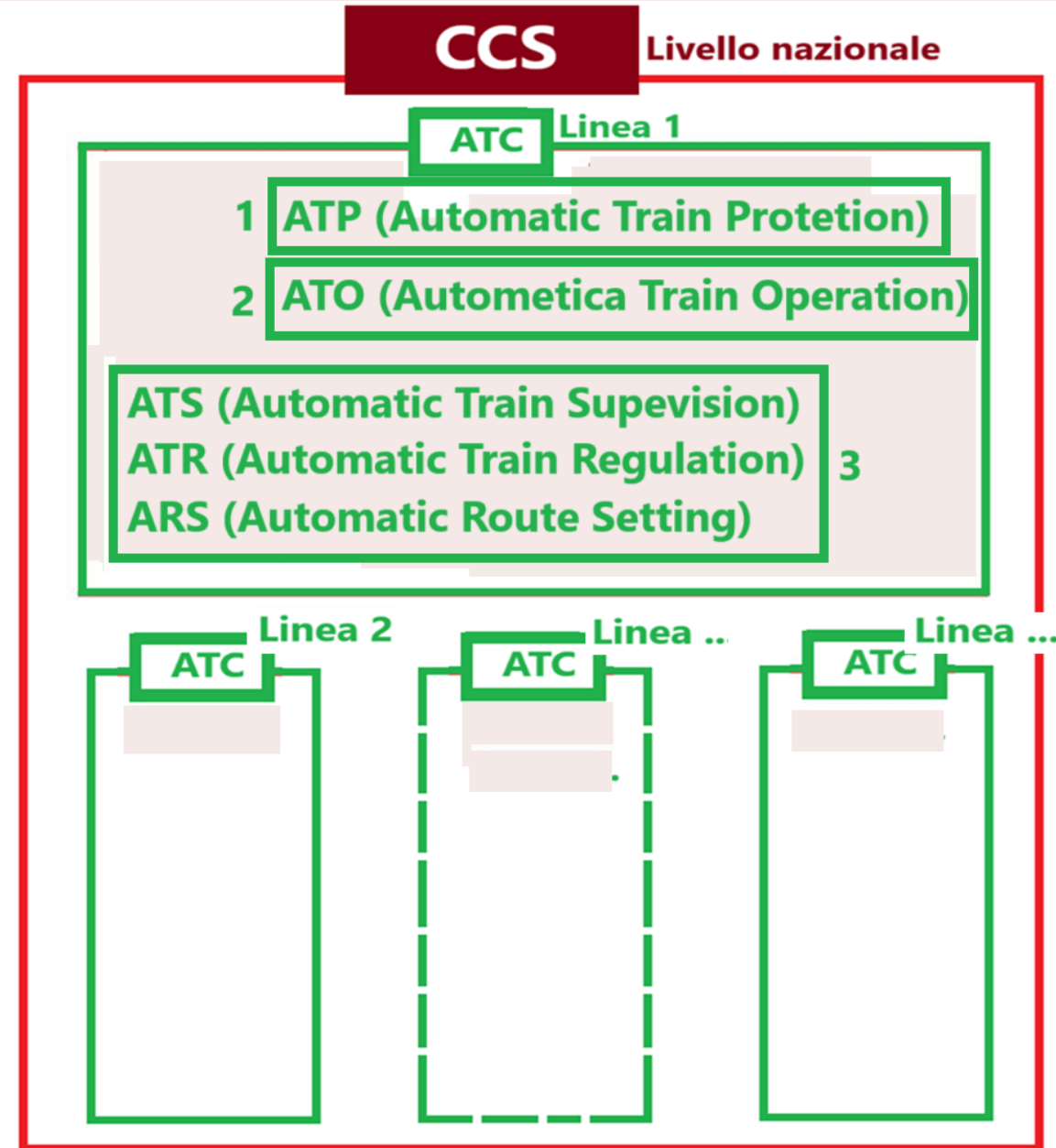




In ogni Paese ha un proprio sistema per la gestione della circolazione dei treni, denominato genericamente: Apparecchi/sistemi di Controllo-Comando per vari usi & sistemi per il Segnalamento (CCS)

Ogni CCS nazionale comprende vari sistemi per l'automazione della gestione dei treni (ATC, Automatic Train Control)

Ogni ATC comprende 3 livelli funzionali (ATP, ATO e ATS/ATRARS)



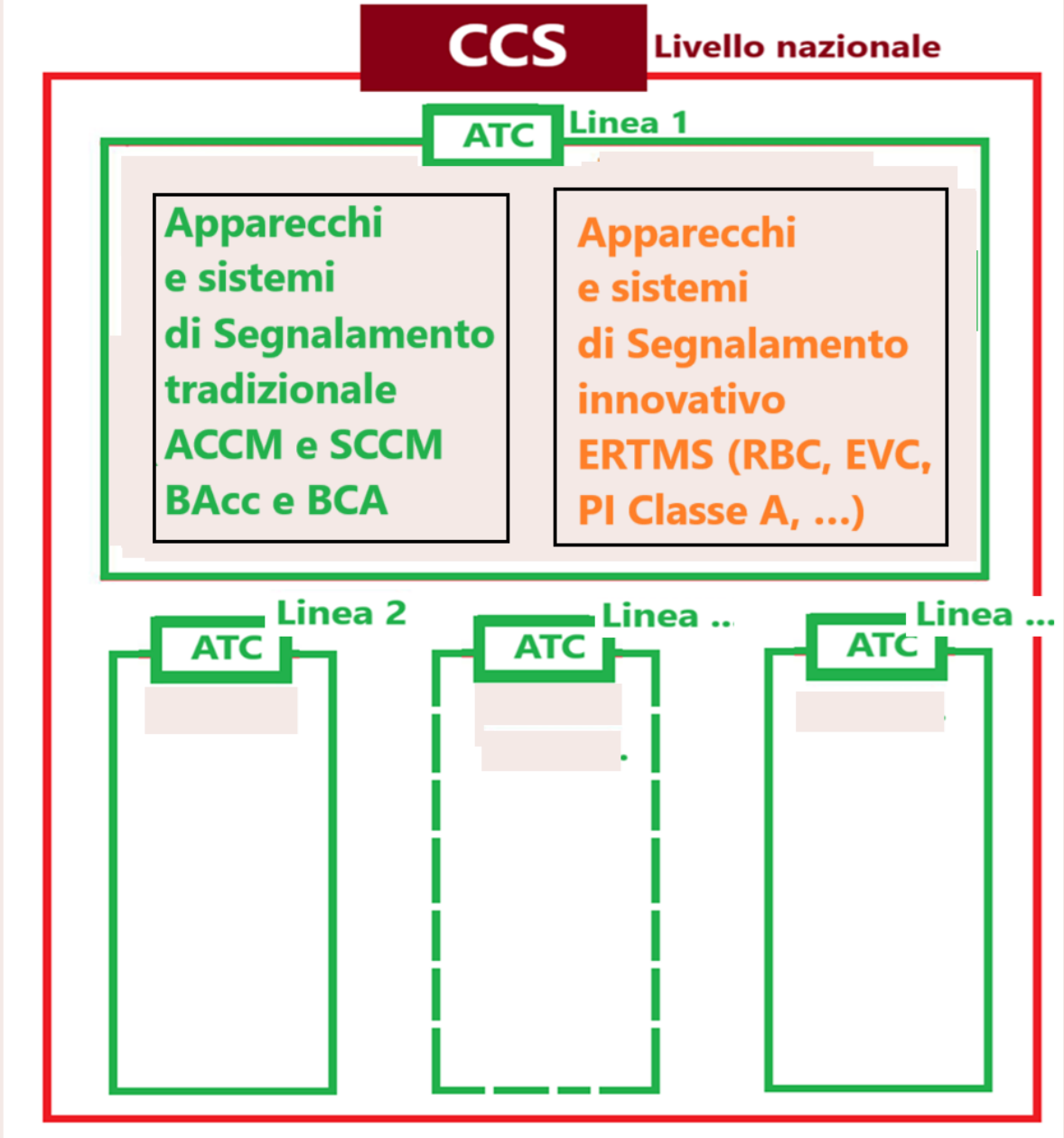


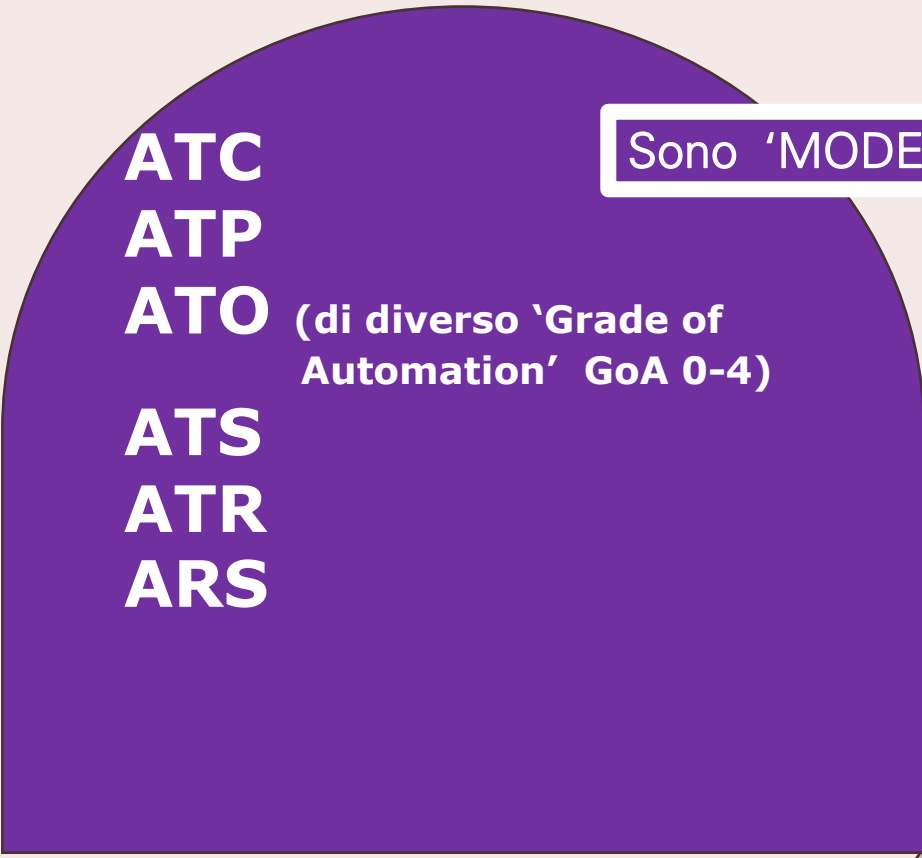
L'ATC comprende

- ❑ il Segnalamento tradizionale (ACCM e SCCM)

e il

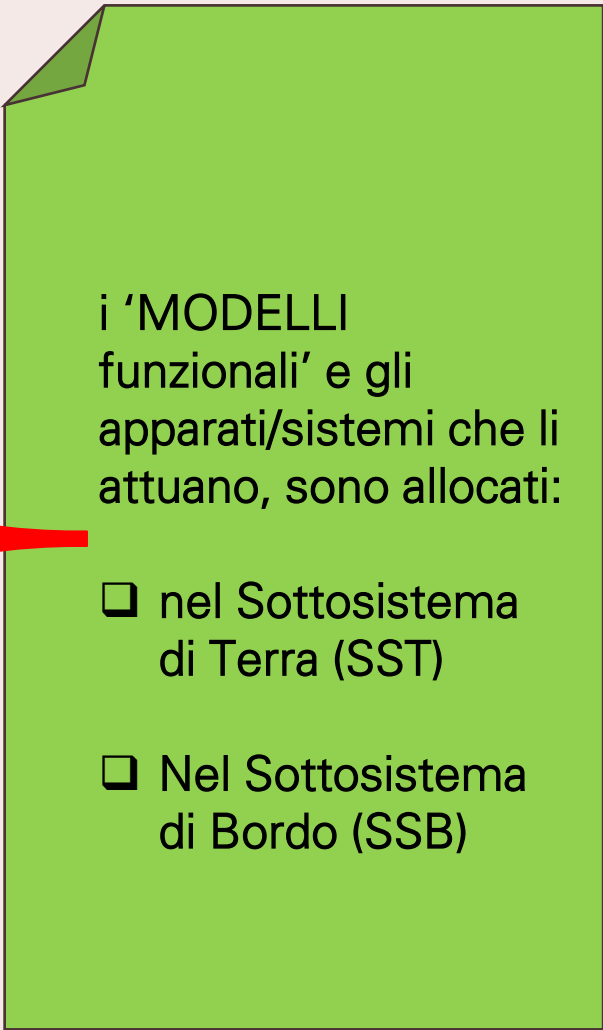
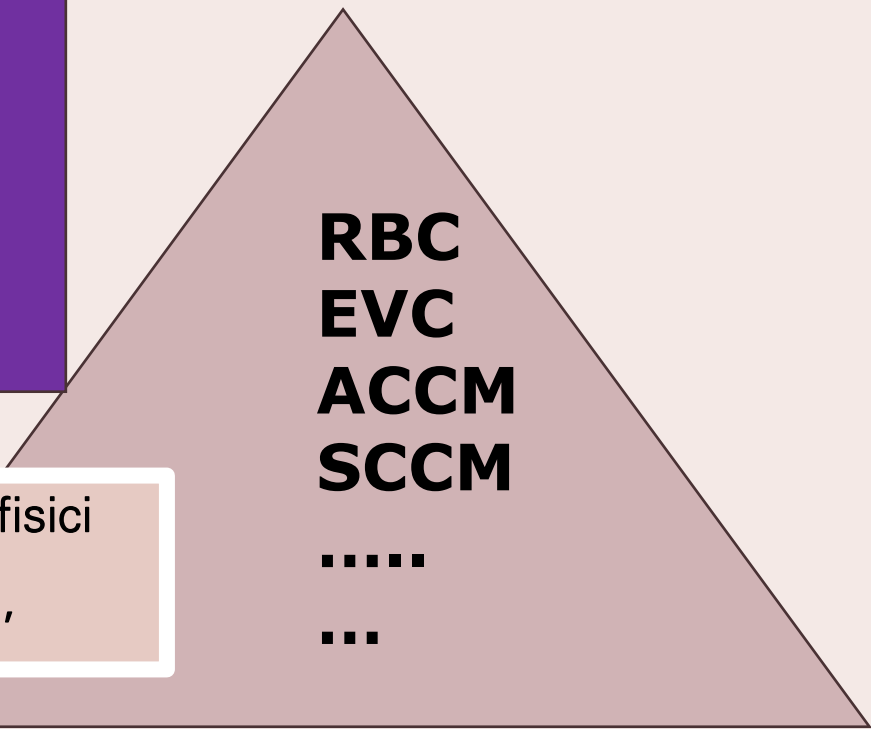
- ❑ Segnalamento innovativo ERTMS





Sono 'MODELLI funzionali'

Sono apparati/sistemi fisici per realizzare-attuare i 'MODELLI funzionali'

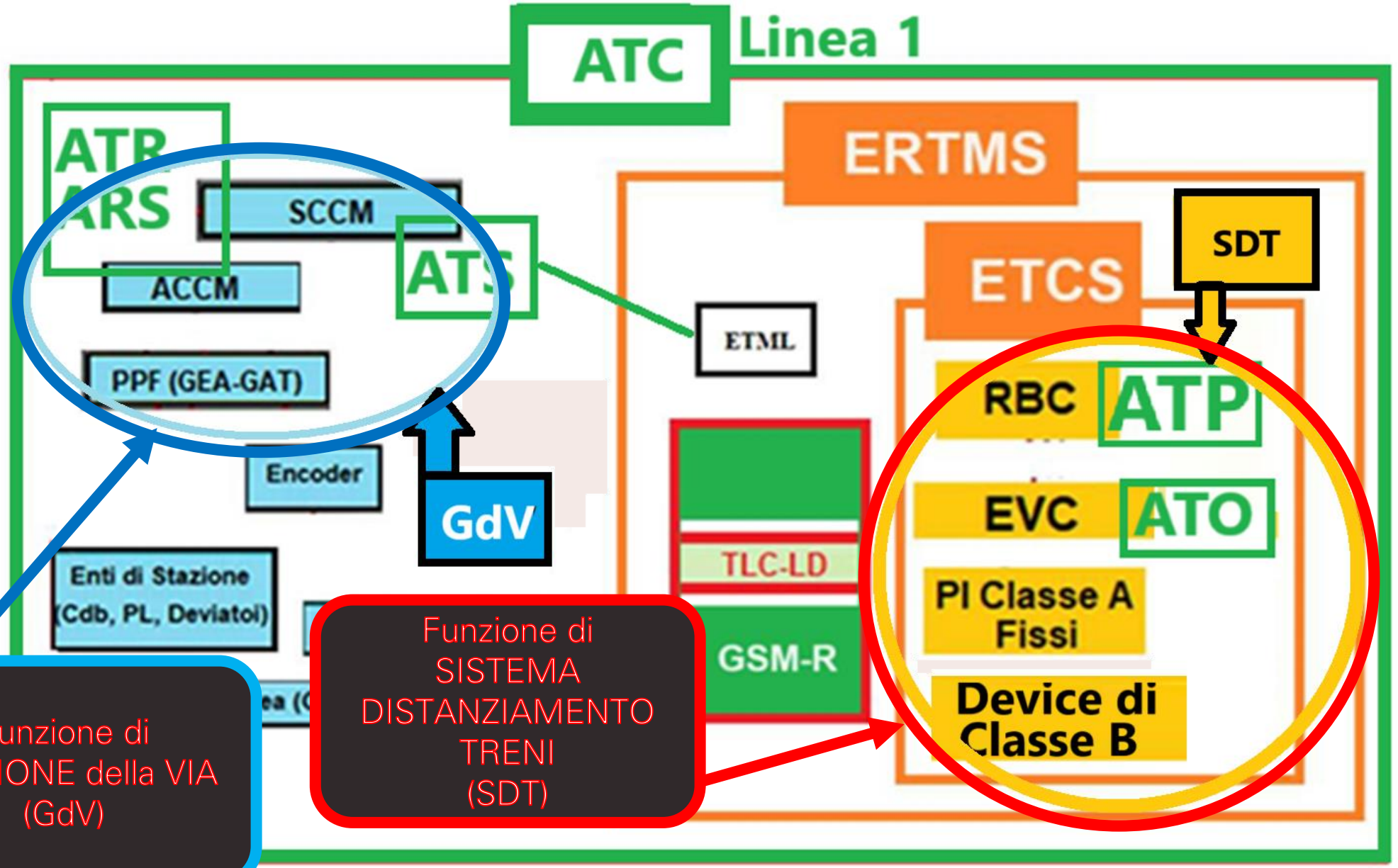




L'ATC comprende il Segnalamento tradizionale (ACCM e SCCM) che realizza la GdV e il Segnalamento innovativo ERTMS che Realizza l'SDT

Funzione di GESTIONE della VIA (GdV)

Funzione di SISTEMA DISTANZIAMENTO TRENI (SDT)

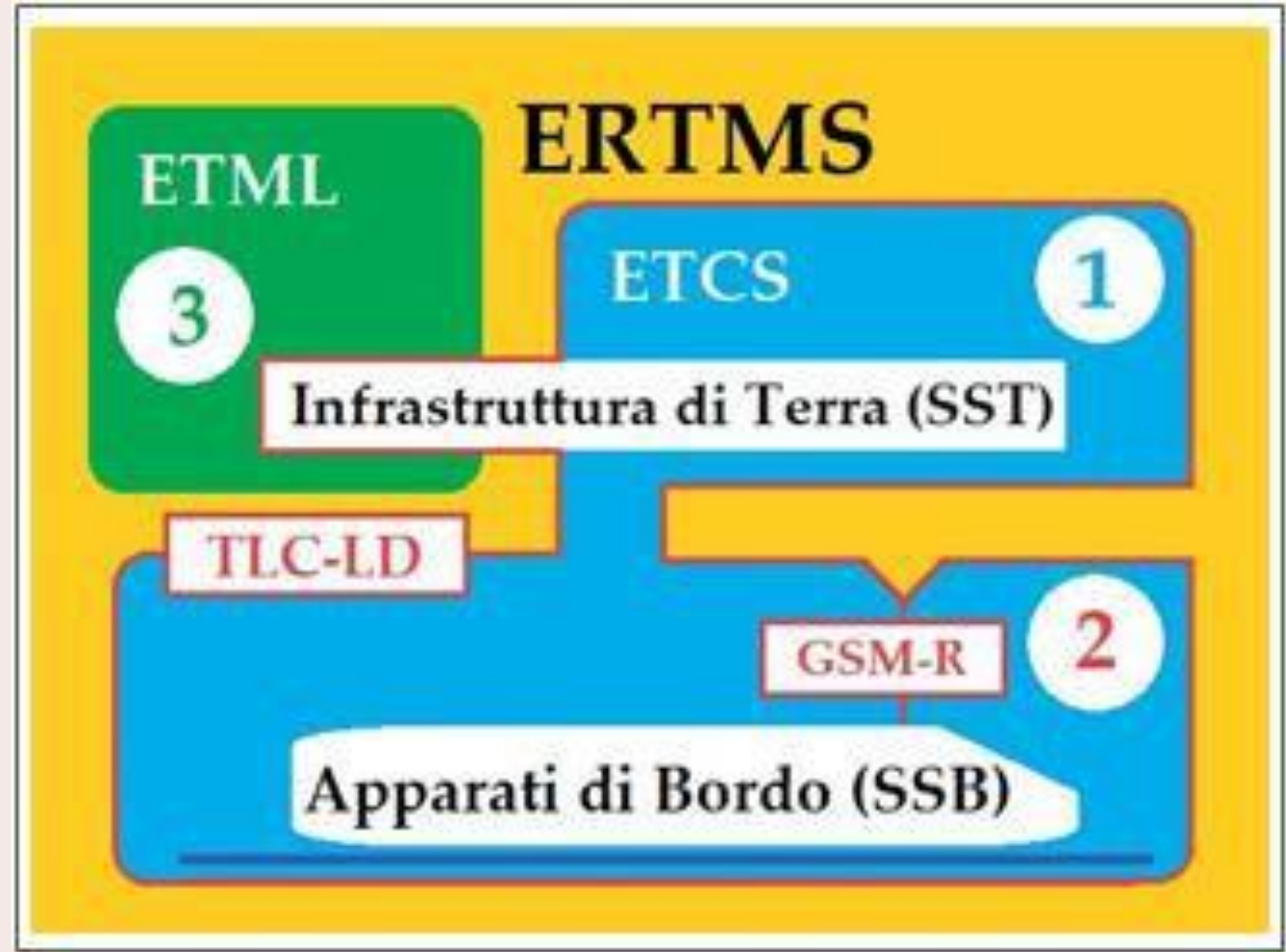




# ERTMS

è composto da 3 parti essenziali:

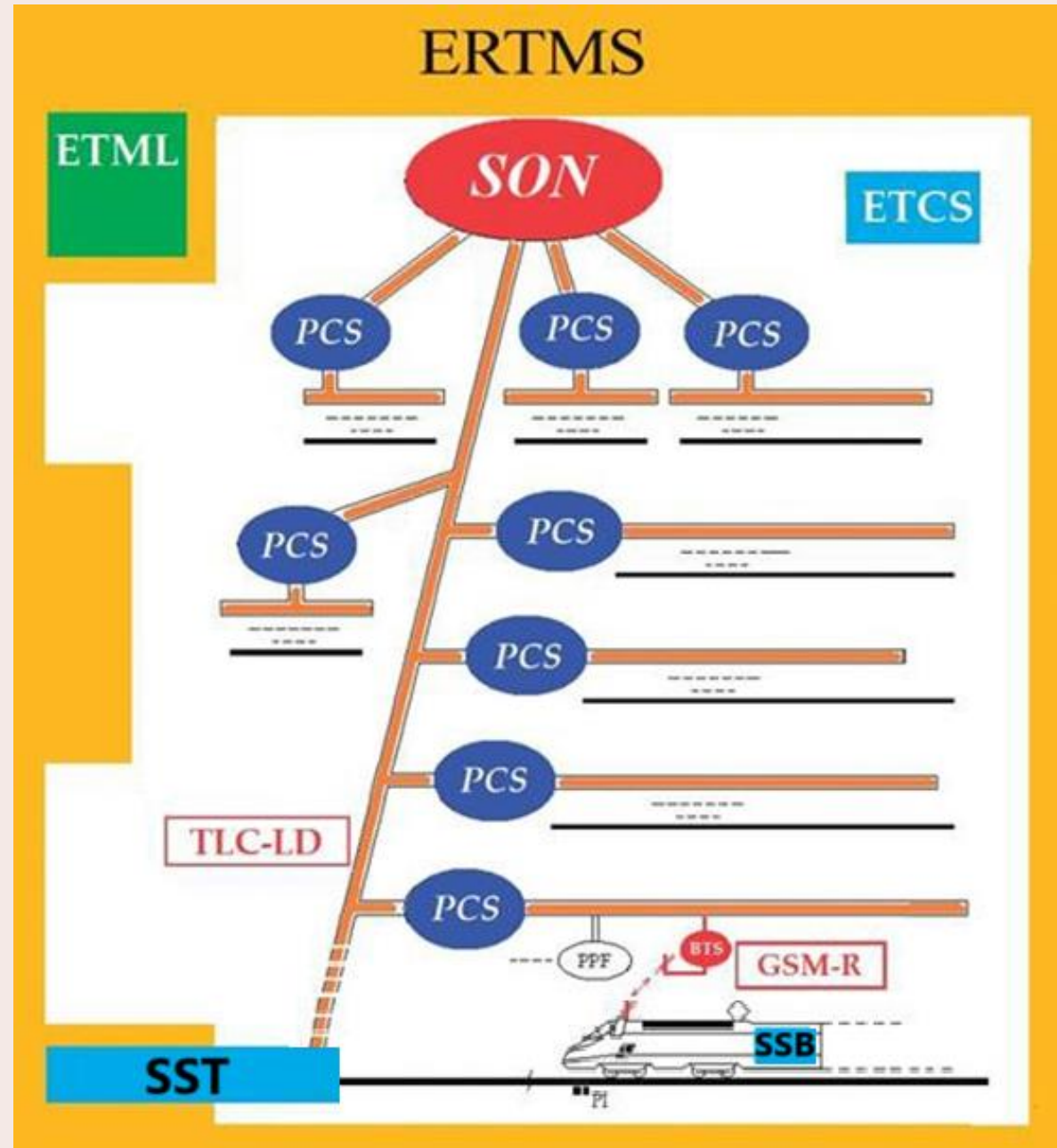
1. ETCS. Parte fisica che realizza il distanziamento treni, mediante RBC ed EVC e altre parti ausiliarie;
2. TLC-LD con GSM-R. Parte fisica che realizza le Radiotelecomunicazioni;
3. ETML. European Traffic Management Layer. Che monitorizza, regola e ottimizza il movimento treni.





ERTMS prevede:

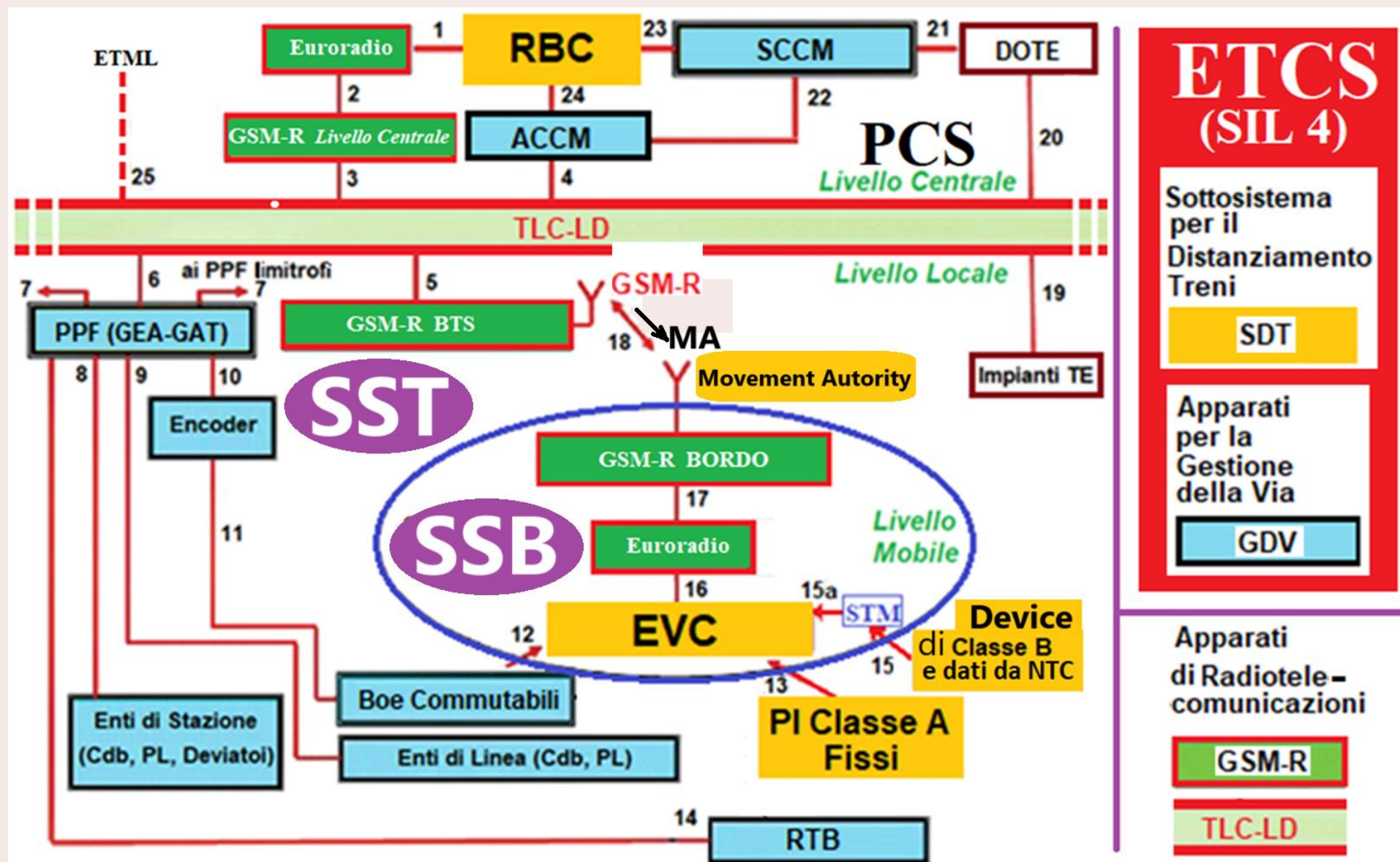
1. SON. Sala Operativa Nazionale, in cui viene fatto il monitoraggio della circolazione nazionale, per eventuali regolazioni a lungo raggio;
2. PCS. Posti Centrali Satelliti della SON, per la gestione delle singole linee;
3. ETML. European Traffic Management Layer. Che monitorizza, regola e ottimizza il movimento treni.





ERTMS, mediante le parti proprie parti fisiche (RBC di ETCS), determina la MA da inviare ai treni, ricevendo in via preliminare:

- L'informazione di gestione della Via (GdV) da ACCM
- Altri dati di stazione e di linea da ACCM
- La posizione/velocità del treno dal treno

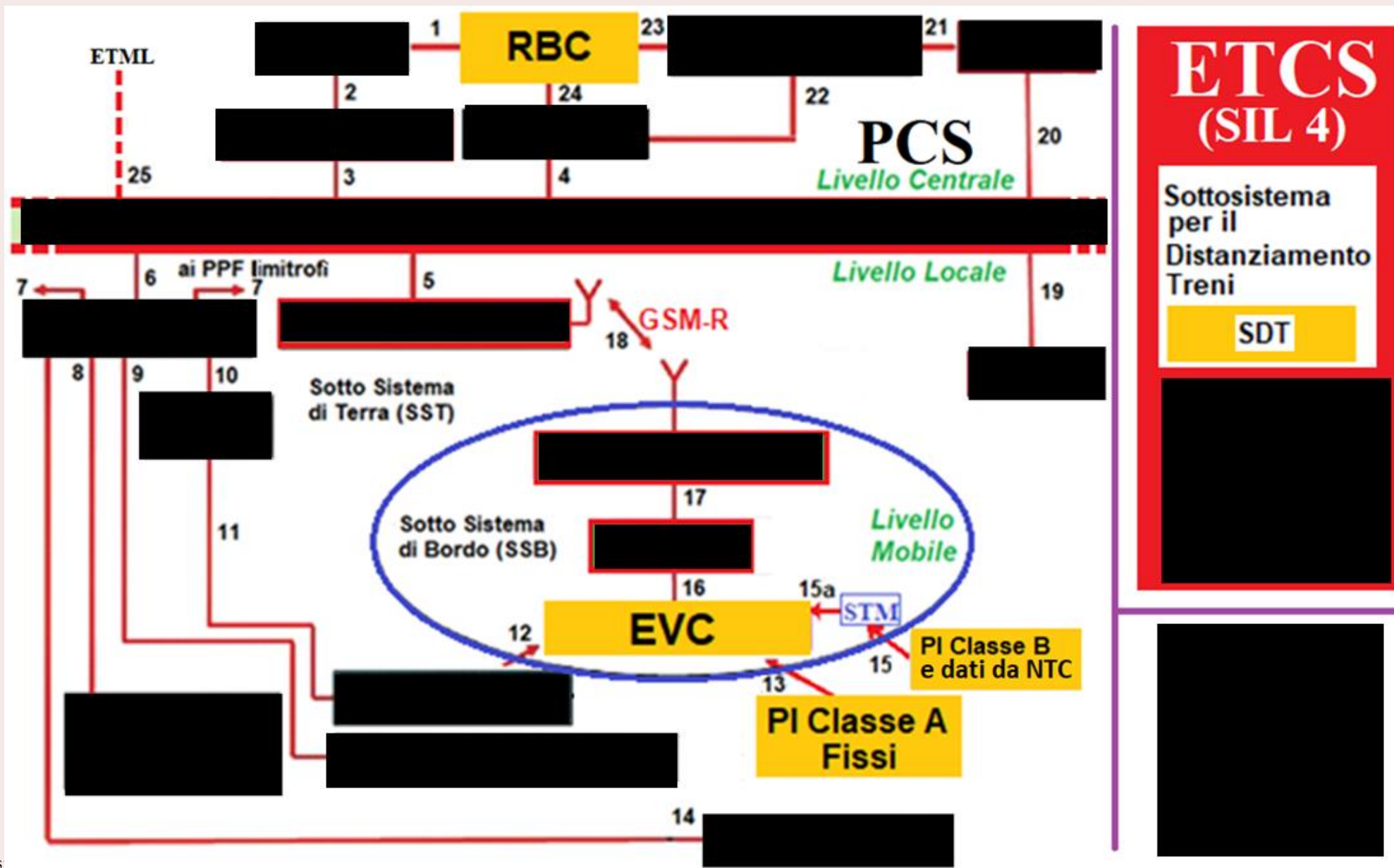




In OCRA vi sono le parti fisiche (RBC e EVC di ETCS) che determinano la MA da inviare ai treni, quindi realizzano il Sistema Distanziamento Treni (SDT).

RBC, in via preliminare riceve :

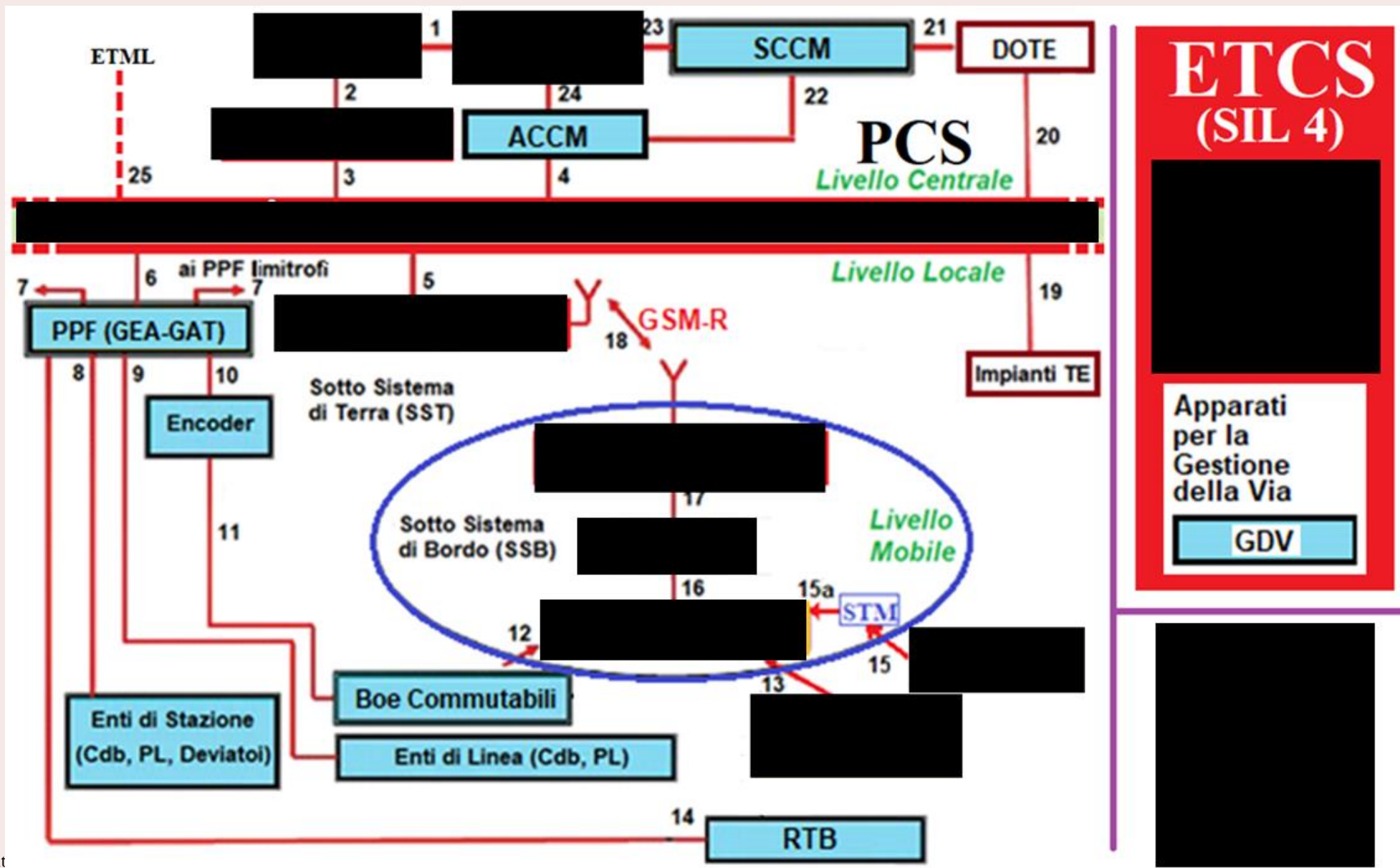
- L'informazione di gestione della Via (GdV) da ACCM
- Altri dati di stazione e di linea da ACCM
- La posizione/velocità del treno dal treno







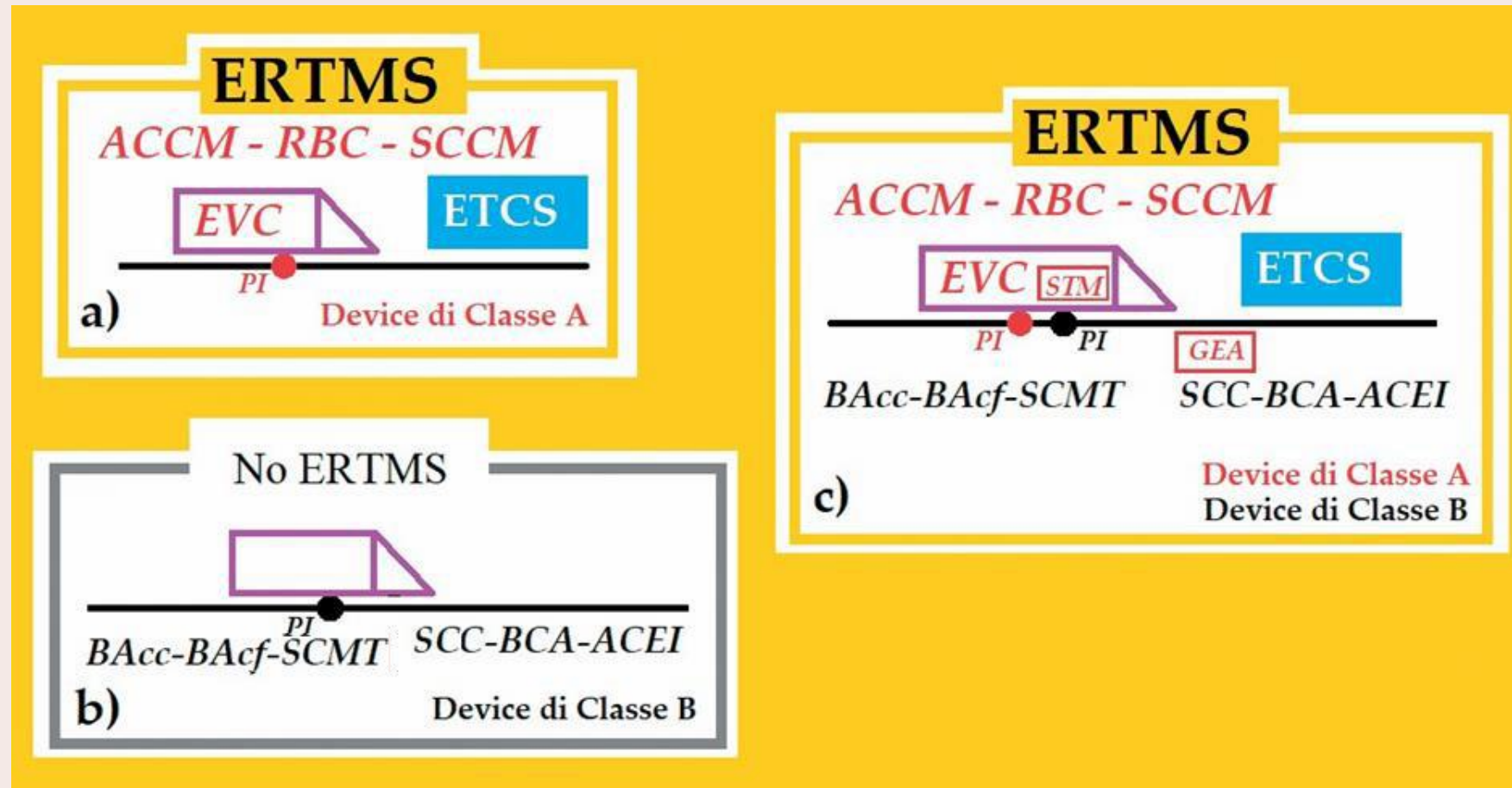
In CELESTE vi sono le parti fisiche (ACCM e SCCM) del Segnalamento tradizionale che generano l'itinerario in Stazione, la cui informazione, assieme ad altri dati ausiliari di linea e di stazione, viene inviata a RBC. Questo al fine di concorrere alla generazione della MA da parte di RBC, da inviare al treno.







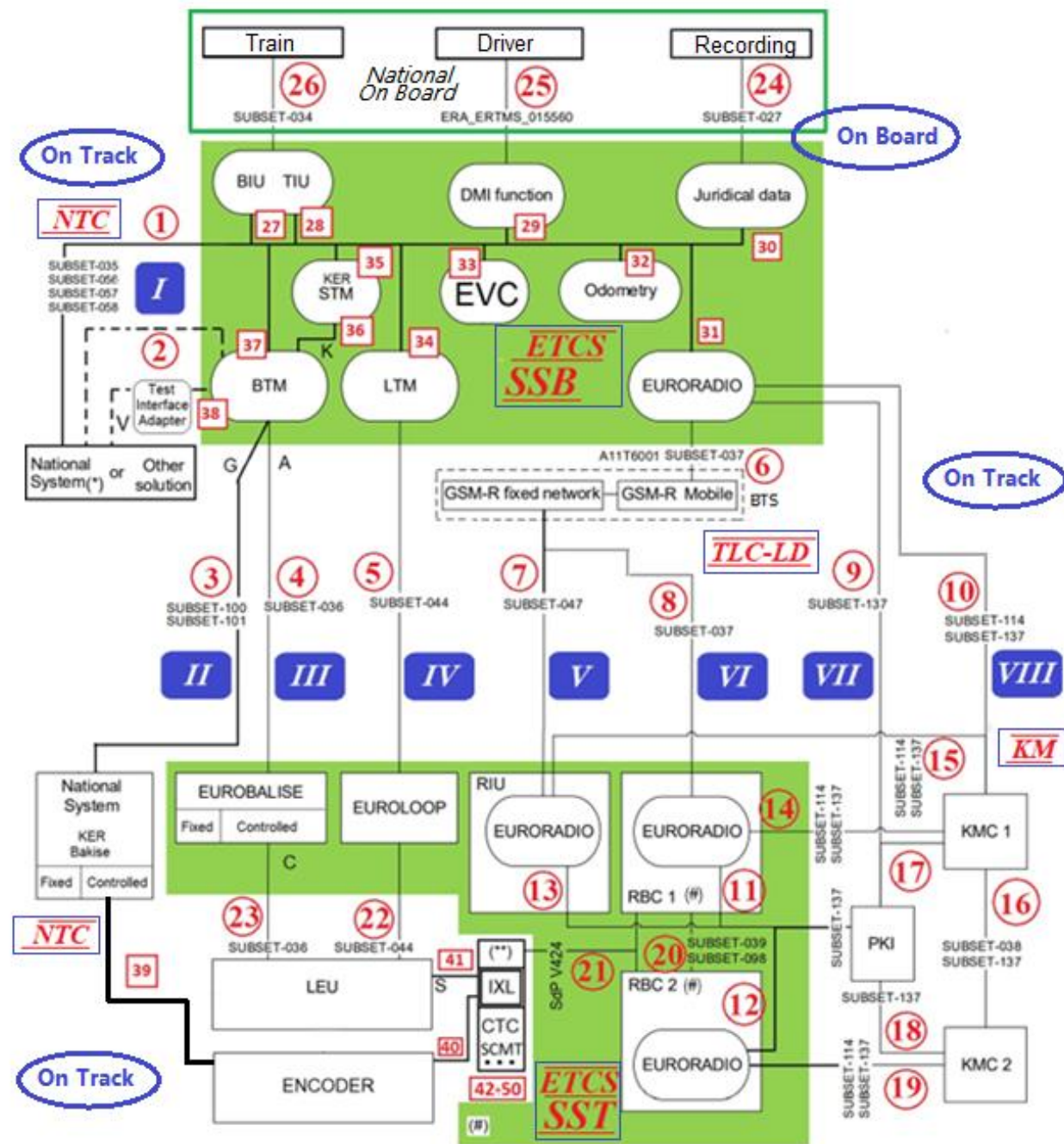
- a. Device di Classe A (post 2000) compliance con ETS
- b. Device di Classe B (ante 2000) componenti il Segnalamento tradizionale, non compliance con ETCS.
- c. Device di Classe B con interfaccia adatta per essere compliance con ETCS



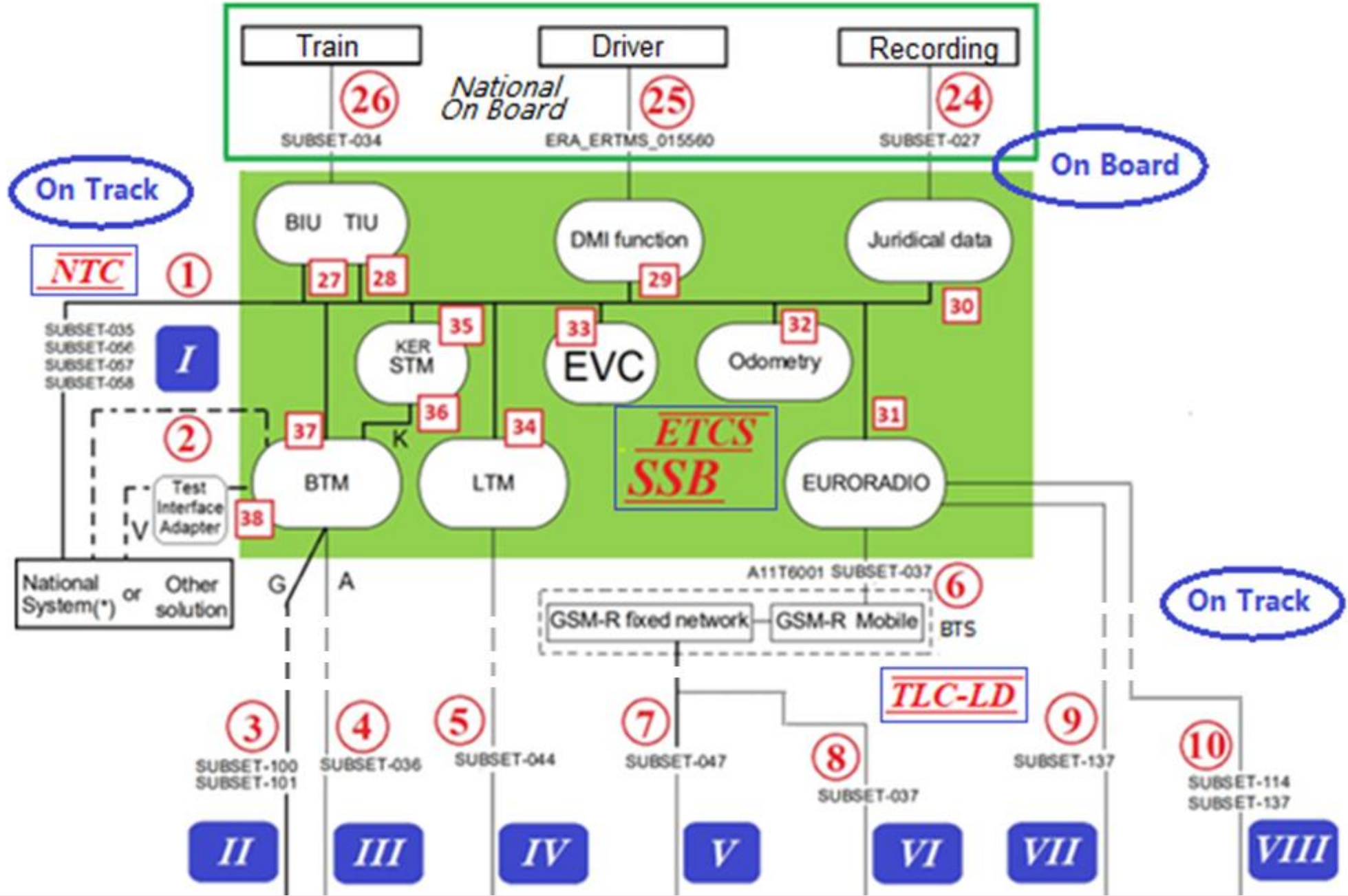
Layout di dettaglio di ERTMS/ETCS con le singole parti costituenti e con l'indicazione dei documenti **Subset** (ed altri) di interfacciamento fra le singole parti:

- a. Parte superiore: SSB.
- b. Parte inferiore: SST

Si possono notare circa 40 diversi tipi di interfacciamento, secondo n. 8 (I-VIII) tipologie di collegamenti principali fra SST e SSB.



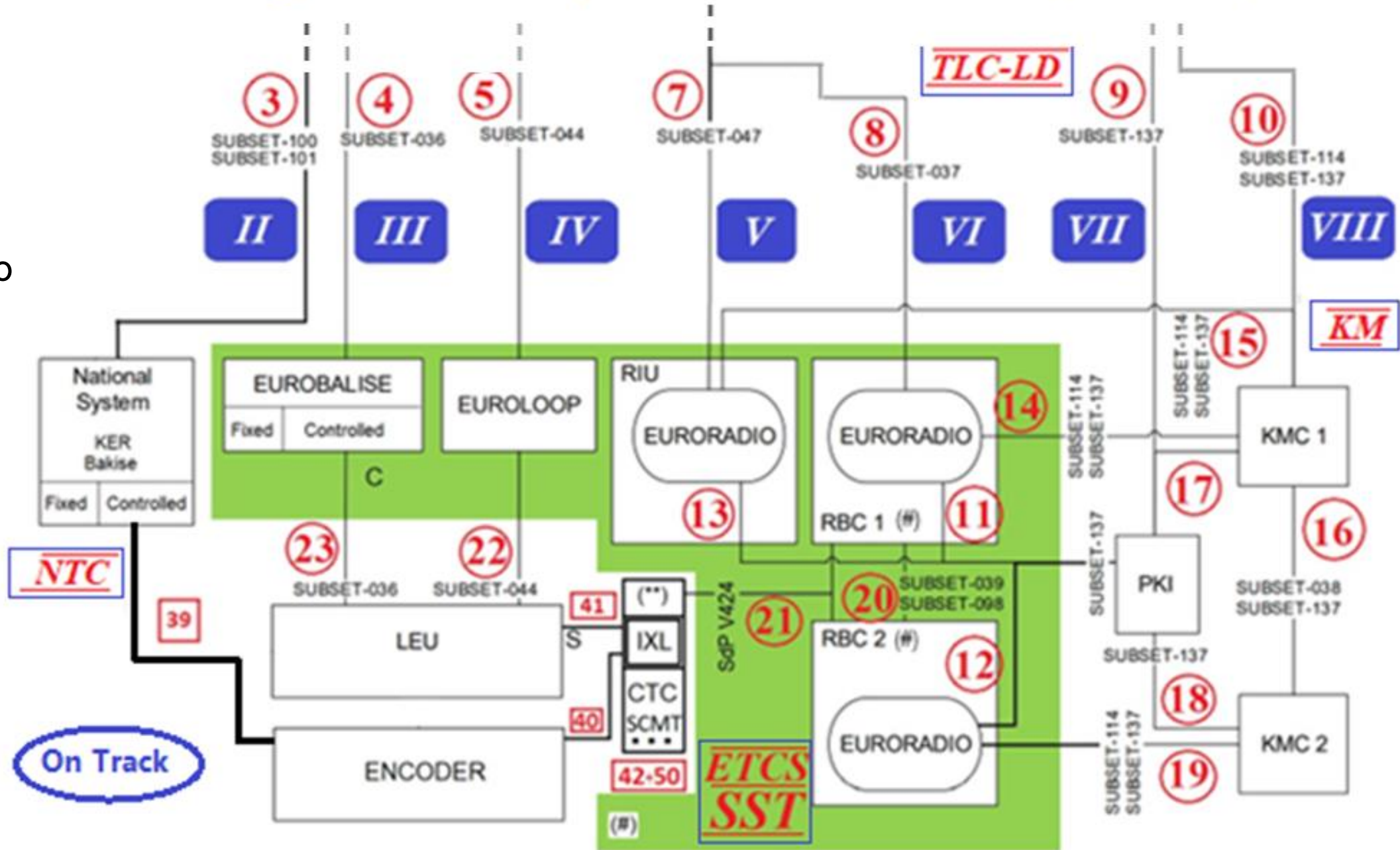
# Layout ERTMS/ETCS & Device interfaces (SUBSET -026)



SSB, con interfacciamento verso SST.

# Layout ERTMS/ETCS & Device interfaces (SUBSET -026)

SST, con interfacciamento verso SSB.



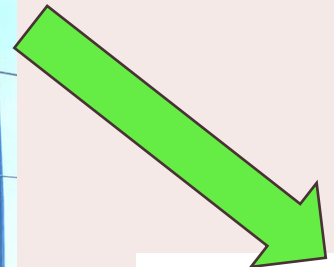
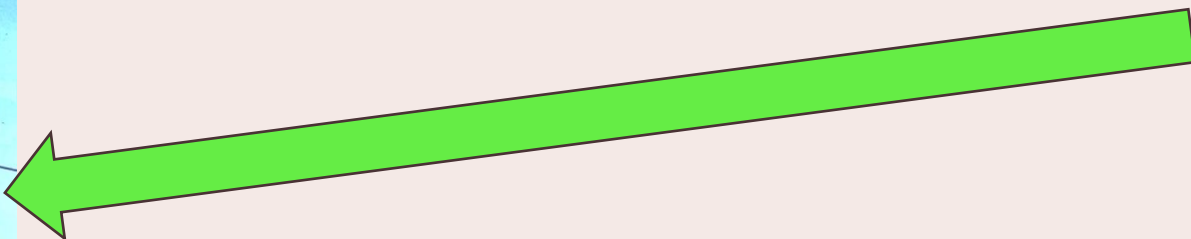


Layer Funzionale  
«Concessione MA»  
  
Con interfaccia descritta  
dallo schema di principio  
V4242

# ACCM-SCCM

V424 Interface

# RBC



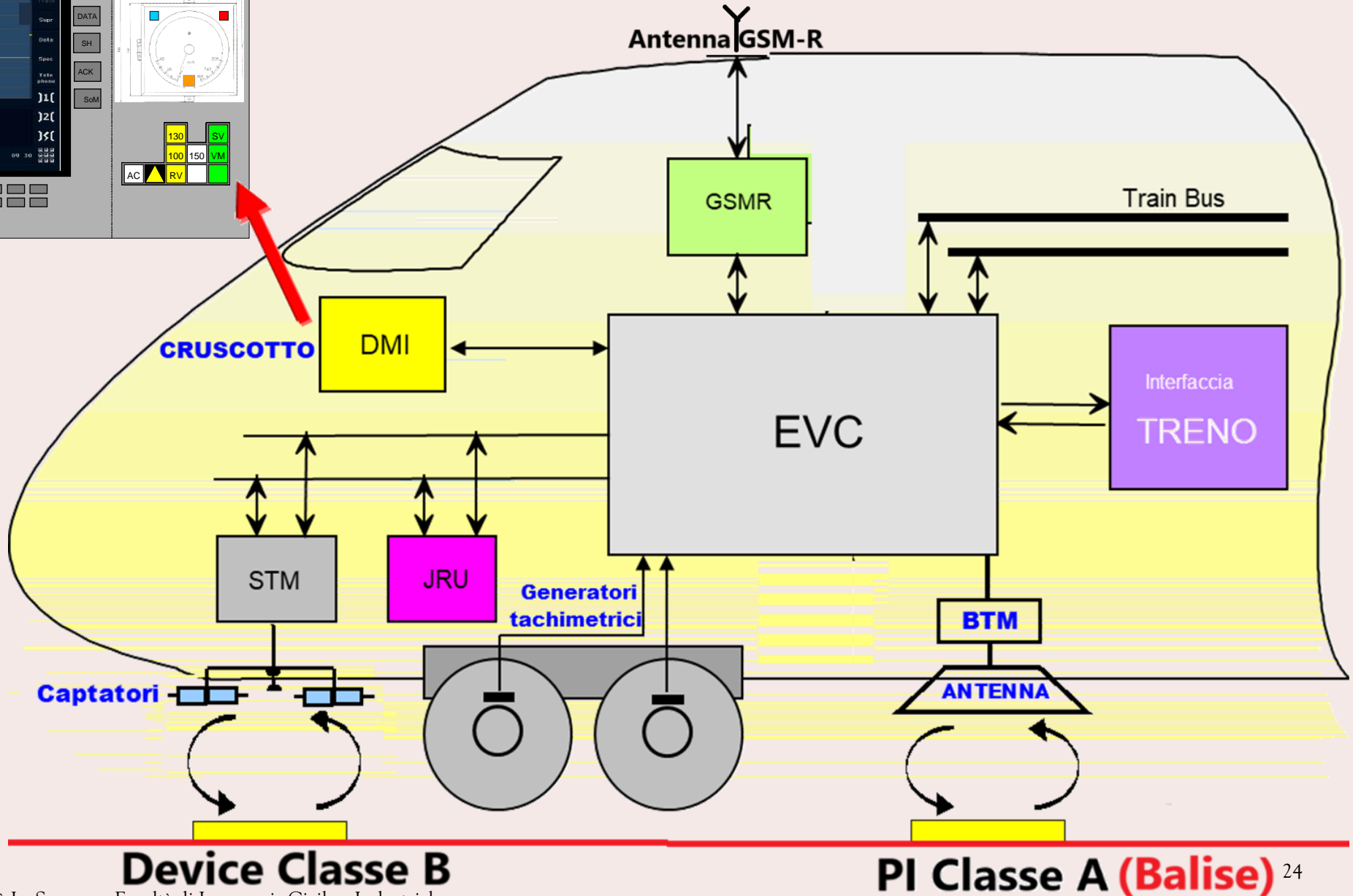
MA





STB con STM separato

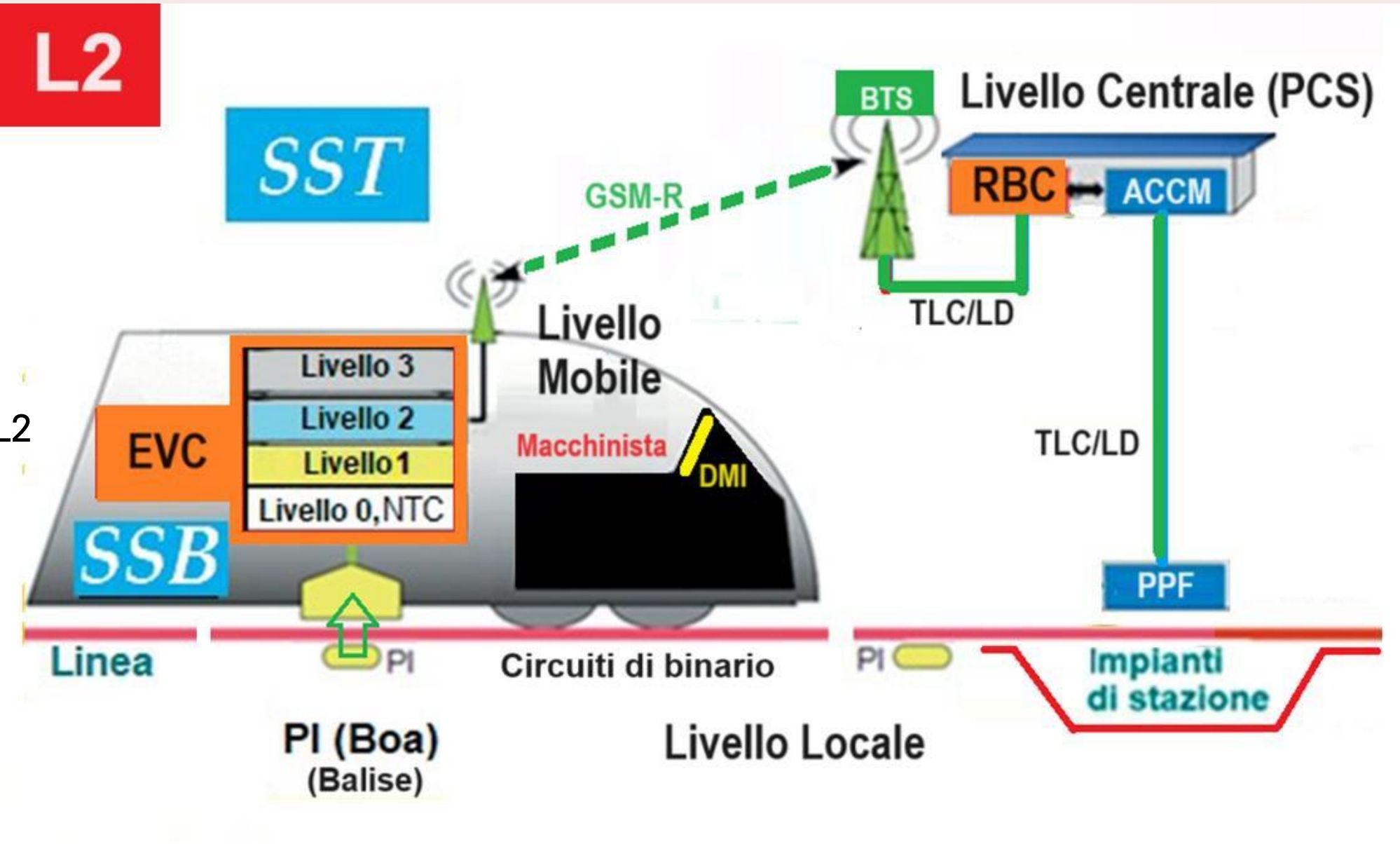
SSB,  
con  
interfacciamento  
verso SST.



**Device Classe B**

**PI Classe A (Balise)** 24





Livello funzionale L2 attualmente impiegato nelle Linee AV/AC

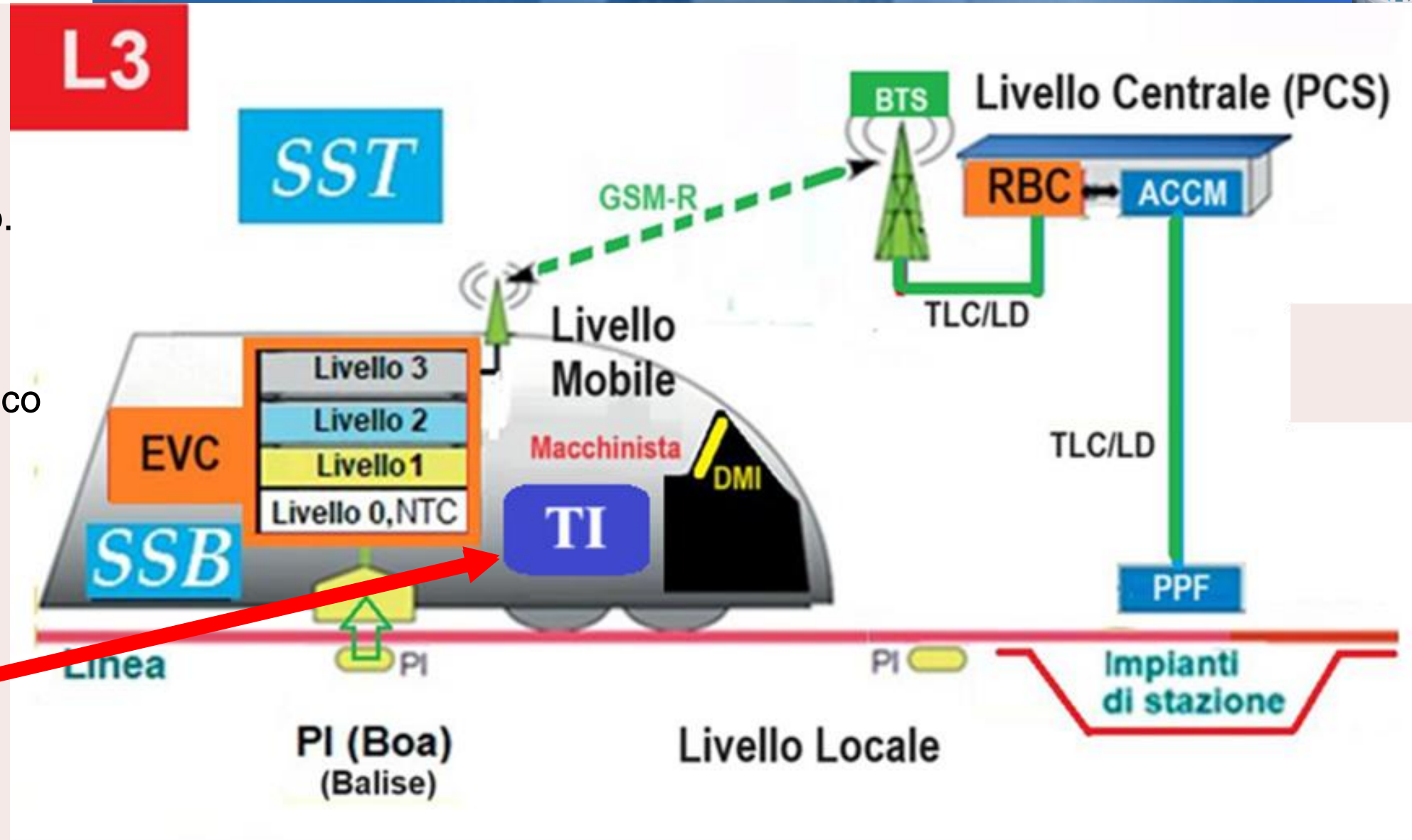


**Il Livello funzionale L2** è adatto su linee semplici e con posti di servizio, tipo linee dell'AV italiana, per distanziare treni a velocità elevate, fino a 300 km/h.

**L2** non è idoneo nei **NODI**, dove siamo in presenza di basse velocità, di molti treni e di limitata disponibilità di binari (vedi nodi di testa).

**Il livello funzionale L3** è la soluzione per alta densità di treni (ERTMS HD)?





**L3**

**SST**

**Livello Centrale (PCS)**

**RBC** **ACCM**

GSM-R

TLC/LD

**Livello Mobile**

Macchinista

DMI

**TI**

TLC/LD

**PPF**

Linea

**PI (Boa) (Balise)**

**Livello Locale**

**Impianti di stazione**

Livello funzionale L3 non ancora impiegato.

Utile per effettuare il 'Blocco mobile' nelle aree (NODI) con traffico molto intenso.

Con la funzione TI Svolta a Bordo.

**Train Integrity svolta a Bordo**



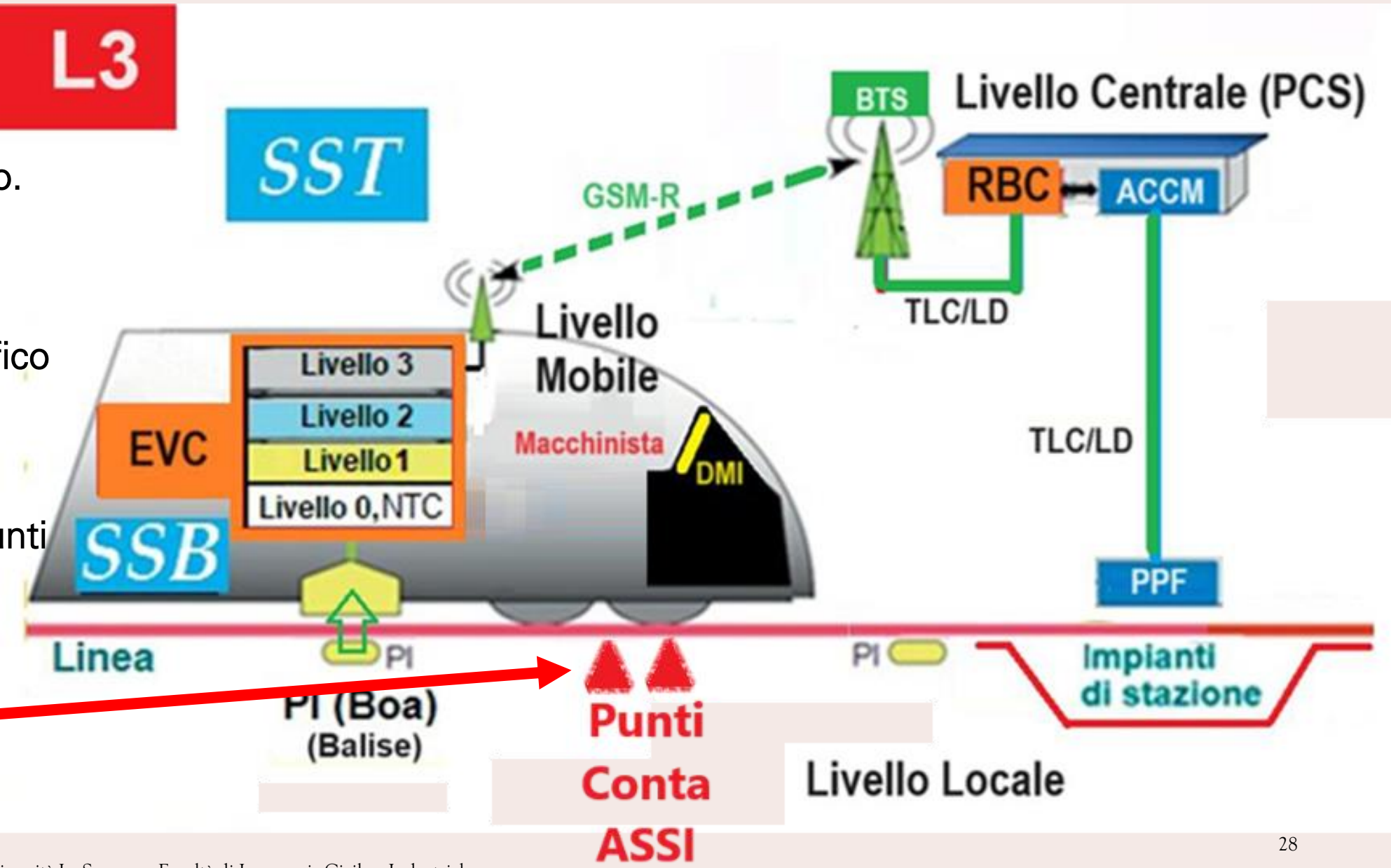
**L3**

Livello funzionale L3 non ancora impiegato.

Utile per effettuare il 'Blocco mobile' nelle aree (NODI) con traffico molto intenso.

Con la funzione TI Svolta a Terra con Punti conteccio Assi.

Train Integrity svolta a Terra

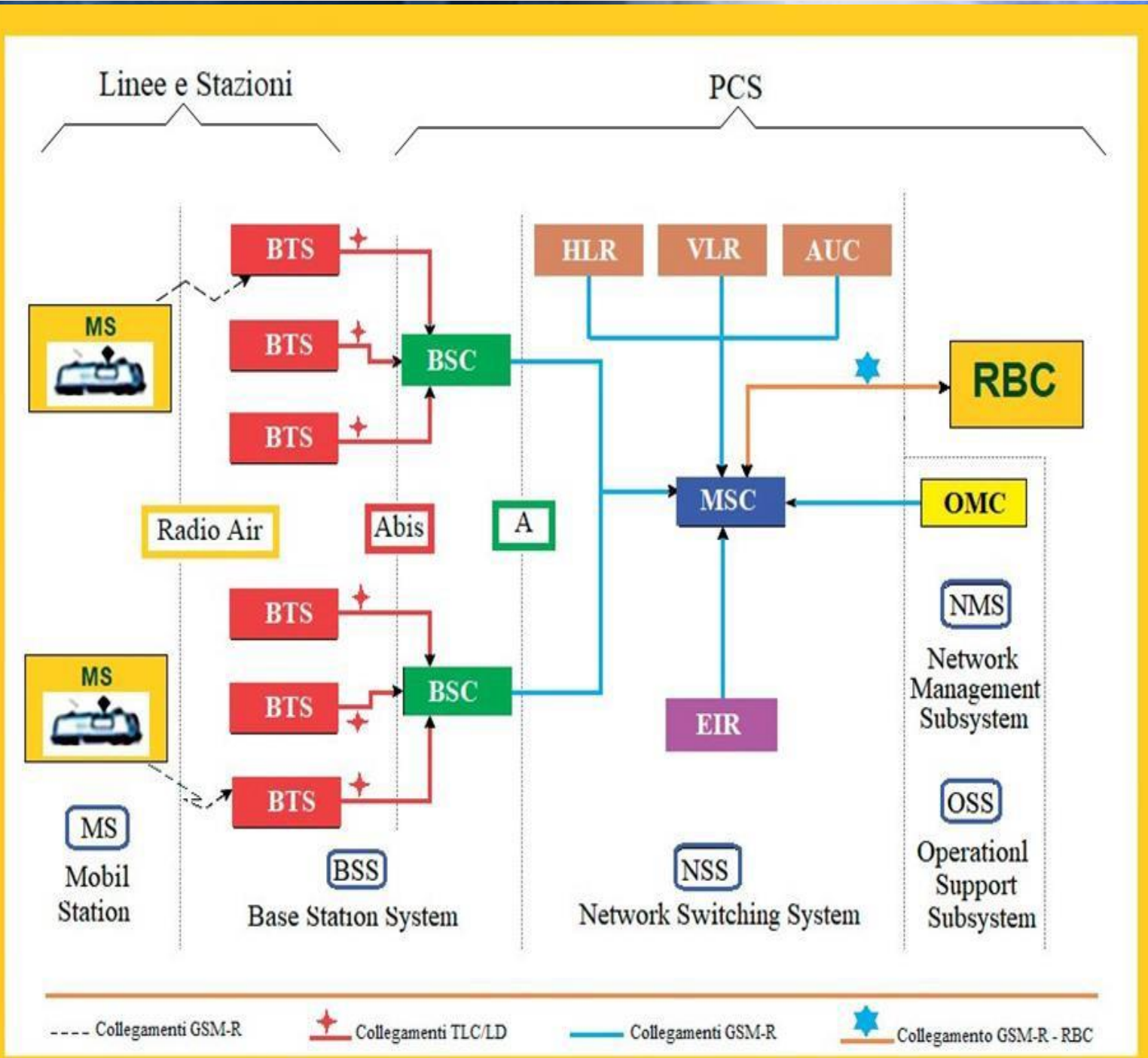




Architettura del sistema di Radiotelecomunicazioni che si basa sulla telefonia cellulare GSM-R del tipo 2G

Tale sistema dovrà essere sostituito con altro più moderno.

Nella UE è costituito un Gruppo di Lavoro ad hoc, per stabilire le nuove tecnologie radio (FRMCS) per le ferrovie europee .





Treno in stazione  
senza segnali luminosi,  
Con Shelter BTS e relativa  
antenne per collegamento  
radio GSM-R/2G



Linea Regionale  
AREZZO-Stia-Sinalunga  
a semplice binario (80 km)  
in corso di attrezzaggio  
con ERTMS L2 «Stand Alone»

Shelter  
BTS  
con  
Antenna



BIBBIENA

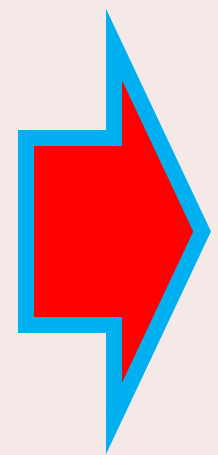


La tecnologia Mobile è in forte evoluzione.

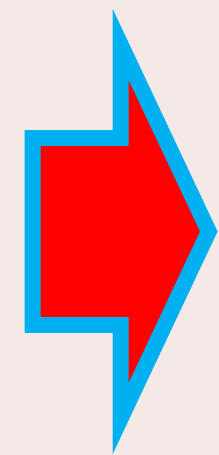
Oggi si ha modo di trasmettere dati ben 500.000 volte rispetto a quelli trasmissibili con il GSM-R/2G.

Per cui un Gruppo di Lavoro dell'ERA sta studiando la possibilità di far migrare il sistema ferroviario attuale GSM-R/2G in un

# Future Railway Mobile Communications System (FRMCS)



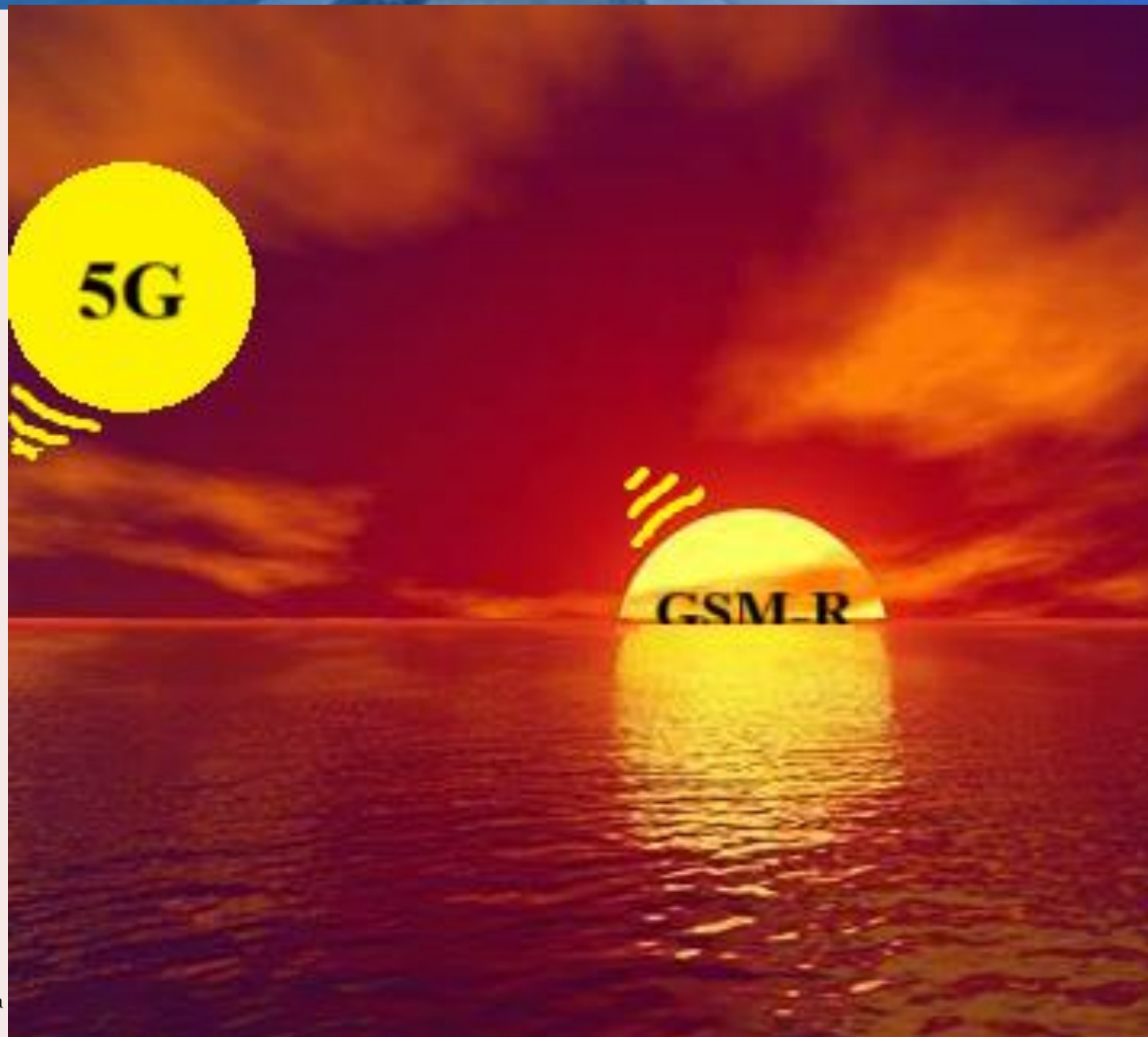
**FRMCS**  
Future Railway Mobile  
Communications System





Al momento attuale, mentre il GSM-R (2G) è al tramonto, le trasmissioni radio 5G sembrano avere una buona prospettiva....

È stato previsto che nel decennio 2026-2036, vi sia la migrazione da 2G a 5G oppure, altro tipo che nel futuro sia sviluppato (6G)







## Differenze di antenne fra 2G-4G e 5G

# 2÷4G



Antenne ad 'ampia copertura'  
a 'connessione continua'

il 5G rispetto al GSM-R/2G:

- ❑ ha una velocità di maggiore scambio dati pari a 500.000 volte;
- ❑ ha un tempo di 'LATENZA' di alcuni millesecodi, invece di alcuni secondi.



Antenne di 'limitata copertura'  
a 'connessione on-demand'



Michele Mario ELIA  
Eugenio MILIZIA

# 3 - Il Fattore UMANO e la formazione

Facoltà  
di Ingegneria  
Università  
La Sapienza  
Roma

7 novembre 2024





A seguito della diffusione  
in tutta la Rete della  
**nuovissima tecnologia**  
multidisciplinare ferroviaria  
**ERTMS/ETCS** entro il 2036...

... è necessario formare  
una grande molteplicità  
di operatori ferroviari,  
quasi 50.000...  
dei 100.000 di cui è composto il settore





... almeno **50.000 operatori**, fra:

- progettisti
- realizzatori
- Installatori
- addetti all'esercizio di Terra
- addetti all'esercizio del Bordo
- manutentori
- tecnici di presidio tecnologico
- tecnici di presidio normativo

Tutti questi rappresentano il  
**«Fattore Umano»**





Le attività ERTMS:

- dalla progettazione,
- alla realizzazione,
- all'installazione,
- all'esercizio e
- alla manutenzione,

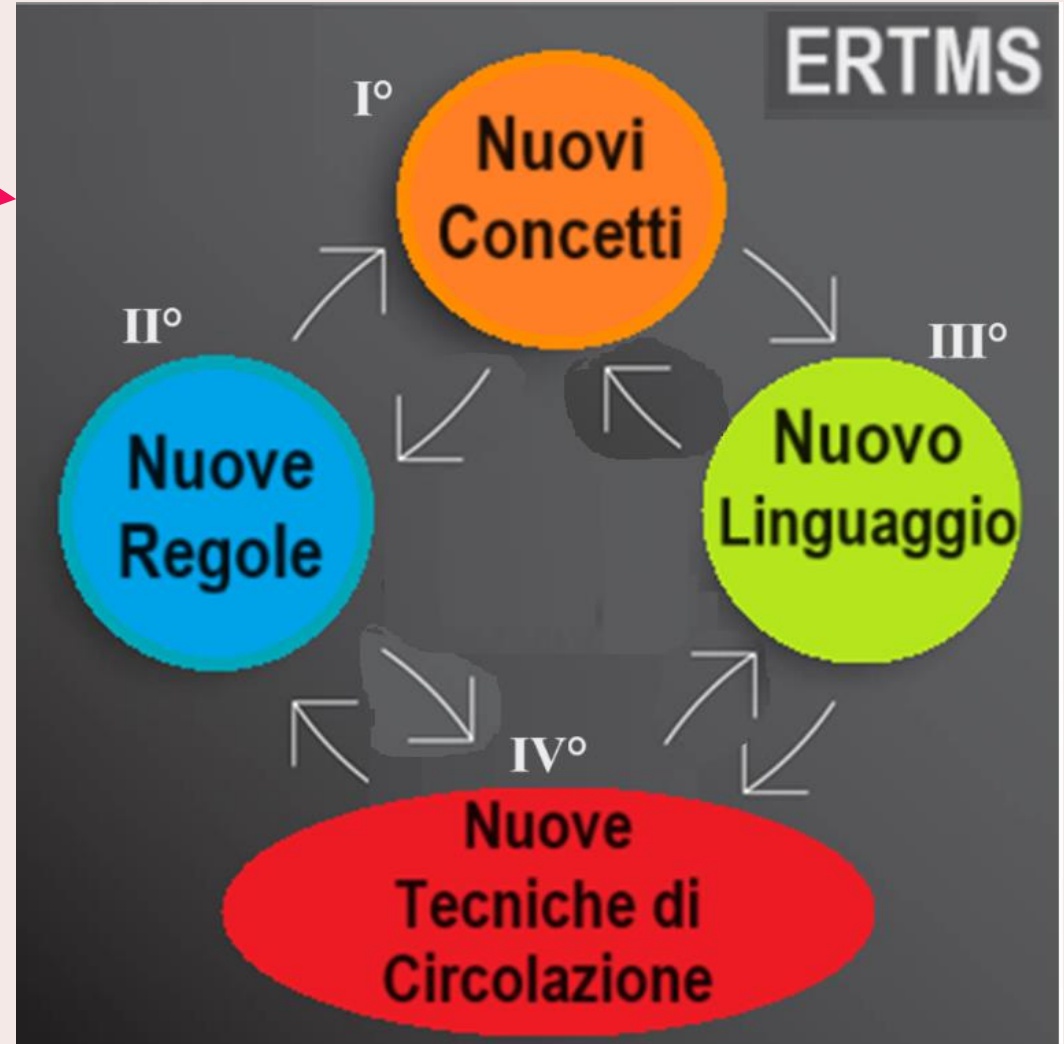
dipendono tutte  
dal «Fattore Umano»





Con il Segnalamento INNOVATIVO ERTMS, **TUTTO** è totalmente diverso da quello che è in uso fino ad oggi con il Segnalamento tradizionale

... quindi è richiesta una **FORMAZIONE** globale e diffusa ad almeno ai 50.000 Operatori che sono impioegati nel nuovo modello di esercizio ferroviario con ERTMS





Formare il «Fattore Umano» è strategico per la «**Sicurezza di sistema**»

Questo perché tutti i 50.000 Operatori ferroviari devono parlare la stessa lingua e devono avere le stesse conoscenze

- sia nel Paese di appartenenza,
- sia in ambito europeo.

Le differenze nel linguaggio e nelle conoscenze

più portare a situazioni «letali»

**e rendere INSICURA**

**la circolazione treni!**



Michele Mario ELIA  
Eugenio MILIZIA

# 4 - Conclusioni

Facoltà  
di Ingegneria  
Università  
La Sapienza  
Roma



7 novembre 2024







## Complessità del sistema ERTMS/ETCS:

Circa 1000 documenti per disciplinare le attività di progettazione, realizzazione, installazione, esercizio e manutenzione.

1. Progettazione a partire dal concetto di «System Pillar» e dalla "Preliminary hazard & risk analysis" con approccio olistico
2. Costruzione e realizzazione dell'ERTMS (Safety-Critical System SIL 4)
3. Test in laboratorio e in campo su linee in esercizio
4. Installazioni sul campo in presenza del normale esercizio ferroviario
5. Esercizio post attivazione, dei sistemi di terra e di bordo
6. Manutenzione ordinaria-straordinaria.
7. Nuova modalità di gestione del sistema ferroviario

	Tipologie Documenti	Note	n. Documenti	
1.	Documenti Legali UE	Circa	50	
2.	<u>ERA-STI UE</u>	Riguardano 19 Argomenti, per circa 100 categorie di circa 50 Sotto Sistemi	15	
3.	<del>ERA-SubSet UE</del>	Riguardano 50 Sotto Sistemi (n. 90 x 3 Vers.)	270	
4.	ERA-System Pillar	Standard di interfaccia CCS-ETCS	80	
5.	Norme <u>CENELEC UE</u>	<u>Riguardano Sistemi CCS-ETCS</u> (Totale doc UE circa n. 420)	5	
6.		<b>Generali</b>	<b>7</b>	
7.		<b>ERTMS</b>	<b>22</b>	
8.		<b>IS Generali</b>	<b>7</b>	
9.		<b>ACC-ACCM</b>	<b>30</b>	
10.		<b>ACCM ERTMS Oriented</b>	<b>6</b>	
11.	<i>IS-ERTMS NTC</i>	<b>ASNSFISA</b>	<b>20</b>	
12.		<b>SCMT</b>	<b>30</b>	
13.		<b>Altri</b>	<b>12</b>	
		<i>(Totale IS-ERTMS NTC n. 134)</i>		
		<b>Disposiz. Naz.</b>		
14.		<b>TLC (13 UE – 128 RFI)</b>	<b>142</b>	
15.		<b>LFM</b>	<b>31</b>	
16.		<b>TE</b>	<b>35</b>	
17.		<b>OO.CC.</b>	<b>12</b>	
18.		<b>Imp. Mecc HVAC</b>	<b>14</b>	
19.	<i>Varie NTC</i>	<b>Safety (incendi, ...)</b>	<b>6</b>	
20.		<b>Security</b>	<b>8</b>	
21.		<b>Armamento</b>	<b>5</b>	
22.		<b>Ambiente</b>	<b>11</b>	
23.		<b>Gestione Terre e Materiale di Risulta</b>	<b>8</b>	
24.		<b>Cybernetic Security</b>	<b>6</b>	
25.		<b>Tariffe multidisciplinari</b>	<b>31</b>	
26.		<b>Altri</b>	<b>30</b>	
	<i>(Totale Varie NTC n. 344)</i>			
	Documenti post 2021	<b>Nuovi Documenti e aggiornamenti</b>	<b>17</b>	
		<b>Altri collegati, circa 10 %</b>	<b>90</b>	
		<b>TOTALE</b>	<b>1.000</b>	



## ERTMS

ATTORI DEL PROCESSO  
DI IMPLEMENTAZIONE  
DEL SISTEMA ERTMS

### i Committenti-Normatori- Verificatori

RFI – IMPRESE FERROVIARIE  
ITALFERR - ANSFISA -  
ITALCERTIFER  
&

### i Costruttori

HITACHI - ALSTOM  
MERMEC<sub>STE</sub> – PROGRESS<sub>RAIL</sub>ECM  
Sub-fornitori vari ... ..



**Il sistema ERTMS/ETCS non è soltanto una tecnologia e comporterà, nella visione di sistema, interventi più o meno invasivi sui vari territori i diversi settori dell'infrastruttura.**

**Ad esempio:**, Segnalamento, Telefonia, Trazione Elettrica, Armamento, Alimentazione, Telecomando, Security e Cyber Security, Sicurezza dei Cantieri, .....

**La complessità più rilevante comunque risulta essere** la omologazione di 4 sistemi di bordo e di 4 sistemi di terra di fornitori differenti e il processo di testing sulle diverse linee che dovranno essere man mano attivate all'esercizio. La complessità risiede essenzialmente sulla necessità di procedere all'attivazione all'esercizio ferroviario con ERTMS di intere relazioni funzionali all'esercizio e alla circolazione treni senza soluzione di continuità nel passaggio dal precedente al nuovo impianto.



## Attuale Piano RFI di ammodernamento della Rete con Sistema ERTMS

**Warning:**  
vetustà impianti richiede  
accelerazione rinnovo  
tecnologico





DOIT	Lavori per contratti ante 2021						Lav. per contratti 2021		Lav. per contratti futuri			Lav. per contratti futuri	
	Termine 2024						Termine 2026/27		su Rete principale-Termine 2050			su Off TEN-Termine ... ?	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	RBC/ DCO n.	Linee km	ACCM e modifi che SCCM n.	ERTMS sovrapp. SCMT fino al 2030 km	Interc. con AV/ AC km	Linee affianca te km	Completa menti e ulteriori RBC/DCO n.	ACCM e modifiche SCCM n.	Completa menti e ulteriori RBC/DCO n.	ACCM e modifiche SCCM n.	Linee km	n. HO a regime di confine e interni per ogni DOIT	n. RBC a regime di confine e interni per ogni DOIT
GE	2	142	2	142	53	0	2	2	5	5	289	14	8
TO	1	0	1	0	136	200	4	4	7	7	1047	35	18
MI	3	275	3	302	410	570	2	2	9	9	1151	38	19
VR	2	376	2	360	130	270	3	3	6	6	770	27	14
TS-VE	2	230	2	90	0	0	4	4	7	7	1175	27	14
BO	0	0	0	0	336	300	1	1	5	5	838	35	18
AN	1	152	1	0	0	0	2	2	6	6	764	22	11
FI	0	10	0	35	330	470	5	5	5	5	1215	23	12
RM	1	80	1	16	320	650	3	3	5	5	622	15	8
NA	1	55	1	0	830	800	6	6	6	6	692	26	13
BA	0	0	0	0	150	0	1	1	6	6	948	21	12
RC	0	0	0	0	445	820	2	2	4	4	663	11	6
PA	0	0	0	0	189	192	6	6	1	1	306	10	5
CA	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	2
<b>FSI</b>	<b>13</b>	<b>1.320</b>	<b>13</b>	<b>945</b>	<b>3329</b>	<b>4272</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>-</b>	<b>306</b>	<b>160</b>
		<b>1.333</b>						<b>5.000</b>			<b>10.480</b>	<b>TOTALE FSI e Concesse</b>	
<b>Concesse</b>	<b>1</b>	<b>80</b>	<b>1</b>						<b>11</b>	<b>11</b>	<b>3.520</b>	<b>20.000 km</b>	



## Riepilogo STRATEGIE TECNOLOGICHE

Piano ERTMS come driver per rinnovo tecnologico

Abbattimento costi Capex e Opex (minori guasti), maggiori performance intermini di velocità e capacità, maggiore sicurezza e attrazione finanziamenti EU

Coordinamento Realizzazioni di Terra (3000km + nuove linee AV) e delle Flotte di Bordo (4000 rotabili su 5000 circolanti del Gruppo FSI)

Task Force Nazionali Verticali su CVT attivazioni parallele dei sistemi tecnologici infrastruttura

Presidi dedicati al coordinamento territoriale delle attivazioni ERTMS e del preesercizio delle flotte con Bordi ETCS delle IIFF

Modularizzazioni verso il nuovo Standard EU dei Componenti ACC (Europe's Rail Joint Undertaking): risposta europea come nuova leva per la committenza per abbattere costi dei canoni manutentivi da parte appaltatori (oggi per 1500 apparati ACC si stimano 800M€/anno)

Impiego del Blocco Conta assi Multisezione: ideale se utilizzato insieme al Blocco Radio (RBC/ERTMS) con riduzione dei costi Capex/Opex dei CdB (audio frequenza e non ) e con massimizzazione performance e riduzione guasti (applicato in tutta Europa)

Valutazione cicli manutentivi e di monitoraggio diagnostica rottura rotaia

Ricerca e sviluppo sistemi alternativi a circuiti di binario per rilevazione rottura rotaia



## **Principali corsi Multidisciplinari**

**sia per la  
progettazione  
dell'ERTMS**

**sia per il nuovo  
esercizio con il  
sistema ERTMS**

**1-Progettazione di Safety-Critical System SIL4**

**2-Organizzazione, Tecnica e Sicurezza delle Ferrovie**

**3-Segnalamento di base ERTMS Oriented**

**4-ACC/ACCM-ERTMS, applicazione delle norme europee  
CENELEC per sistemi SIL4**

**5-IS-0 Installatori di impianti di sicurezza e segnalamento  
di tipo elettromeccanico**

**6-IS-1 Progettisti, verificatori, validatori di impianti di  
sicurezza e segnalamento**

**7-Progettista funzionale ERTMS**

**8-Radiotelecomunicazioni**

**9- Tracciati e Armamento ferroviario**

**10- Agente di Condotta (Macchinista)**



Michele Mario ELIA – Eugenio MILIZIA



Facoltà  
di Ingegneria  
Università  
La Sapienza  
Roma

7 novembre 2024

Grazie