

Scuola di Ingegneria - Università di Pisa

Anno Accademico: 2021/22

Insegnamento di
**TECNICA DEI TRASPORTI TERRESTRI,
MARITTIMI E AEREI**

Docente: Marino Lupi

TRASPORTI FERROVIARI

PARTE C

SCMT (Sistema Controllo Marcia Treno)

E' un sistema pensato per controllare la marcia del treno, la sicurezza della marcia, su tutta la rete *non ad alta velocità*. E' un *sistema nazionale*.

Il fine principale è quello di *proteggere la marcia del treno*, ossia non fargli *superare la velocità massima* consentita *rimanendo trasparente* all'operato del macchinista ("trasparente": il macchinista può continuare a guidare il treno come faceva prima).

Per le linee, non ad alta velocità (linee convenzionali), per cui è prevista l'interoperabilità, è previsto che lo *SCMT evolverà verso un ERTMS/ETCS di livello 1* (ma in realtà negli ultimi anni si sta pensando prevalentemente ad un evoluzione del segnalamento sulle linee "storiche" verso livelli di ERTMS/ETCS di tipo 2 e 3).

Poiché sul “cruscotto”, in cabina di guida, *non viene visualizzata la velocità massima ammessa*, si dice che lo SCMT è semplicemente un sistema di protezione della marcia ossia un *Automatic Train Protection (ATP)*.

L'ERTMS/ETCS, oltre a garantire la protezione della marcia del treno, ossia il *non superamento della velocità massima ammissibile*, mostra al personale di condotta, istante per istante, la velocità massima ammessa, si dice, pertanto, che è un *Automatic Train Control (ATC)*.

Lo fase successiva, a cui si punta, sarà un sistema “**Driverless Automatic Train Operation**” (DATO); ossia senza macchinista. Comunque abbiamo visto a proposito delle metropolitane leggere (prima), ma ora anche di quelle pesanti, che sono già da tempo diffusi sistemi “Driverless” .

Velocità massima ammissibile:

- ✓ per la *linea*, date le caratteristiche altimetriche, planimetriche (tenendo conto del rango, A, B, C, P, del treno), le condizioni del binario nel determinato tratto e dati, eventuali, lavori in corso;
- ✓ per i *rotabili*, di cui è composto il treno, tenendo conto in particolare del peso frenato del treno;
- ✓ per la *curva di frenatura* (protezione, rallentamento) in caso di restrizione di velocità, per esempio dovuta alla presenza di un *segnale* a via impedita.

In caso di *superamento della velocità massima ammissibile* il *sistema comanda la frenatura automatica* (in particolare nel caso di superamento di un segnale a via impedita viene comandata la frenatura di emergenza).

Il sistema in ogni caso permette la *protezione* della marcia del treno in *numerosi altri casi*, rispetto a quelli citati, segnale a via impedita, superamento della velocità massima prevista in piena linea su un determinato tratto, come per esempio: rallentamenti per itinerario deviato; rallentamenti per riduzione lungo il tracciato della velocità massima della linea; riduzione di velocità per rallentamenti provvisori (per esempio per lavori in corso).

Il sistema SCMT si compone di un “*sottosistema di terra*” e di un “*sottosistema di bordo*”.

Sottosistema di terra

Il “sottosistema di terra” si compone, a sua volta, di *boe di tipo fisso*, che emettono informazioni (“*telegrammi*”) di tipo *fisso*, e di boe *commutabili*, che emettono informazioni (“*telegrammi*”) di tipo *variabile*.

Un “*Encoder*” elabora le informazioni provenienti dal segnale e le trasmette alla boa commutabile .

Inoltre il sistema delle boe è basato su una logica detta ad “appuntamento” secondo la quale una boa comunica al sistema di bordo la distanza dalla boa successiva . Questa logica permette di rilevare la non presenza, per guasto, di un punto informativo.

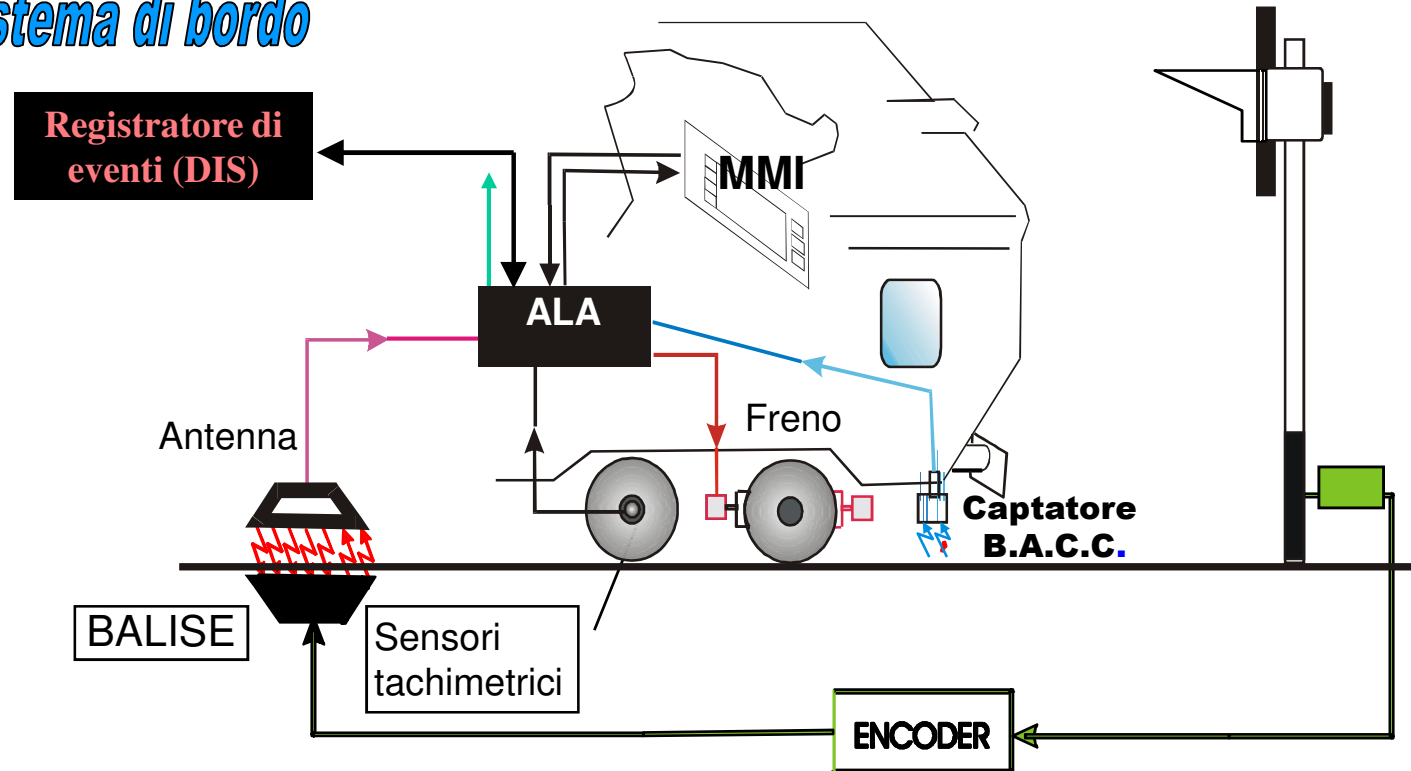
Sottosistema di bordo

Il computer di bordo è in grado di *verificare, istante per istante*, se la velocità è al disotto di quella massima *ammissibile*: dati i parametri (pendenza, curvatura, condizione del binario) della *linea*; data la tipologia dei *rotabili*; data la, eventuale, *curva di frenatura* imposta, per esempio, da un segnale a via impedita.

E' un sistema discontinuo, per il quale è stata prevista una possibile evoluzione verso un ERTMS/ETCS di livello 1 nel caso di linee interoperabili: le *boe sono*, per esempio, *le stesse dell'ETCS di livello 1*. Comunque in realtà, attualmente, si sta pensando ad un utilizzo dell'ERTMS/ETCS anche di livello 2 e di livello 3 sulle linee cosiddette "storiche".

SCHEMA DI SCMT

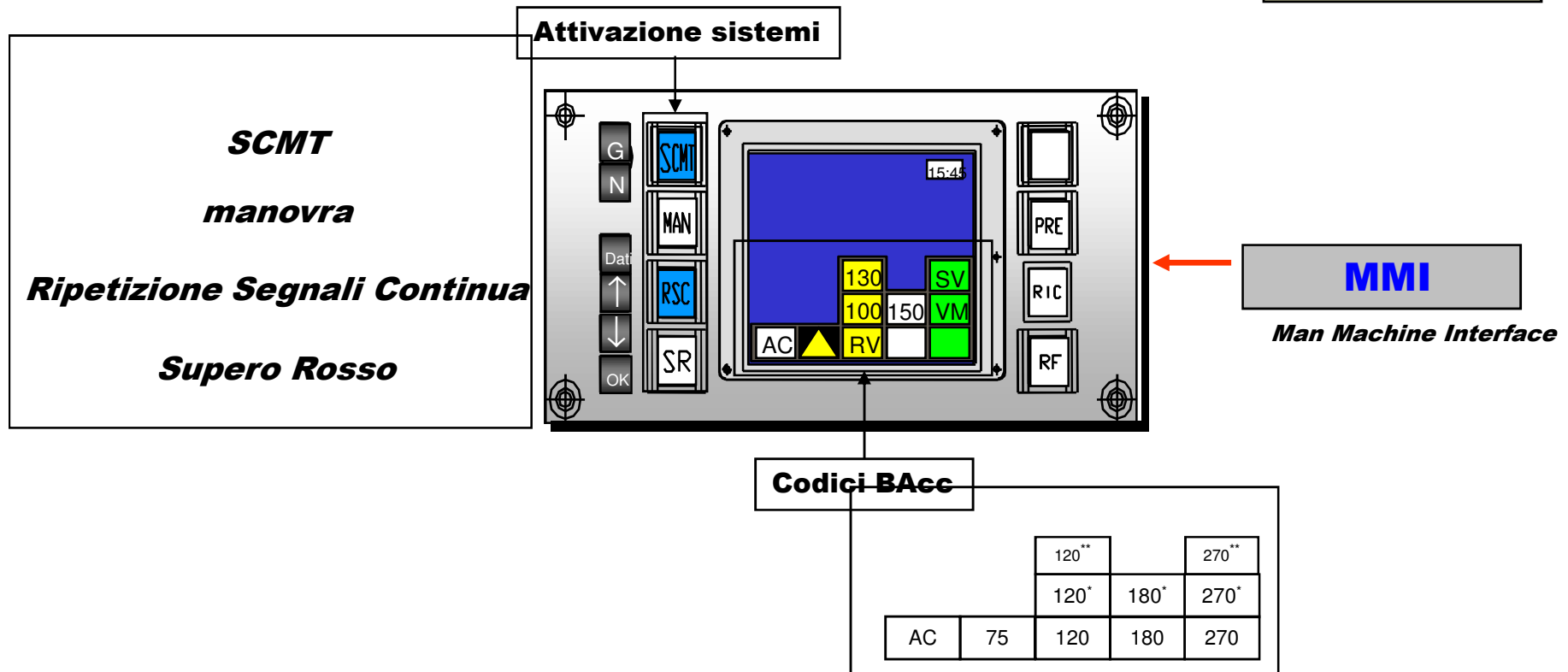
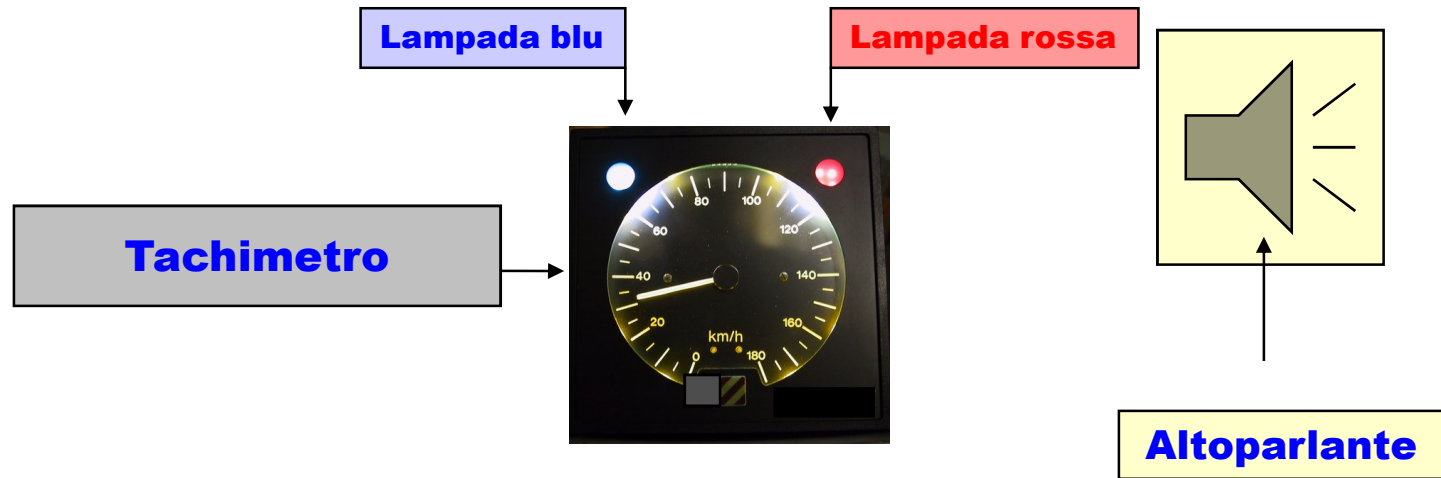
Sottosistema di bordo



Sottosistema di terra

ALA = Apparato Logica ATP (“Automatic Train Protection”)

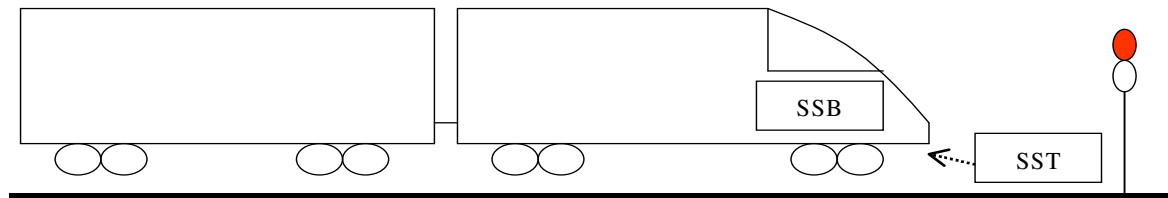
SCMT DMI



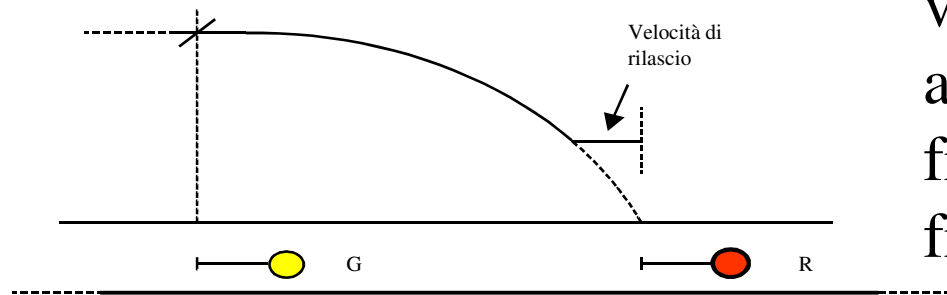
Esempio 1: protezione della marcia del treno rispetto ad un segnale disposto a via impedita.

SST = Sottosistema di Terra

SSB = Sottosistema di Bordo



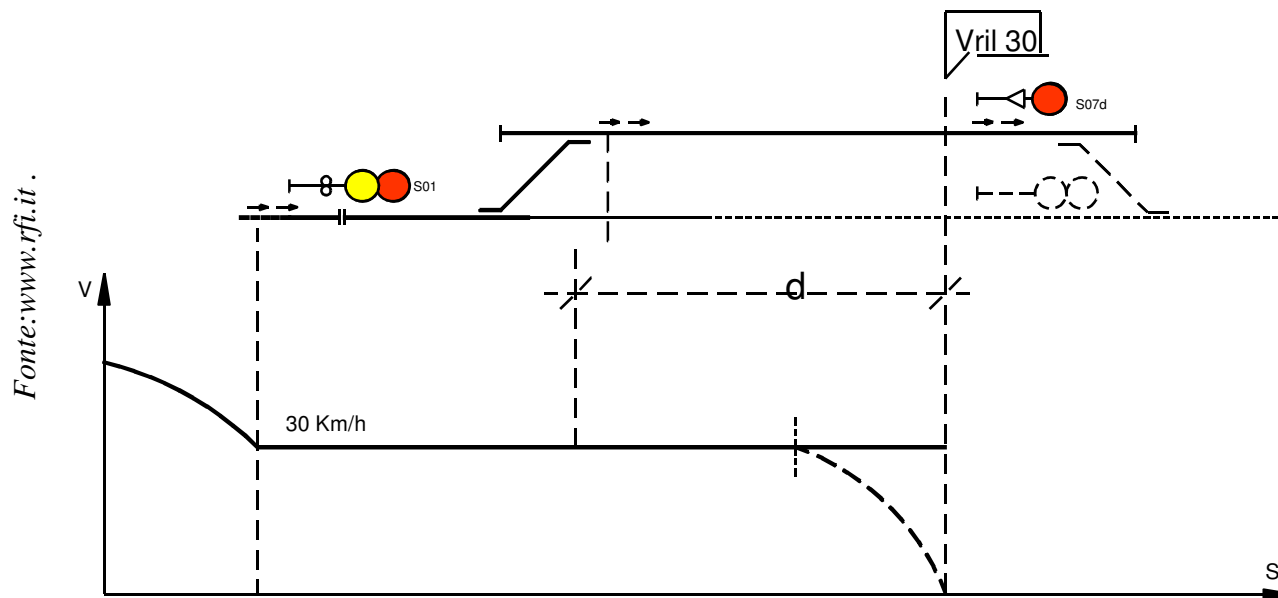
Fonte: www.rfi.it



Se viene superata la massima velocità ammessa: segnale acustico, taglio trazione e frenatura elettrica, poi frenatura di emergenza.

In ogni caso se viene superato il segnale a via impedita il sistema applica la cosiddetta funzione di *“Train Trip”* attivando la frenatura di emergenza.

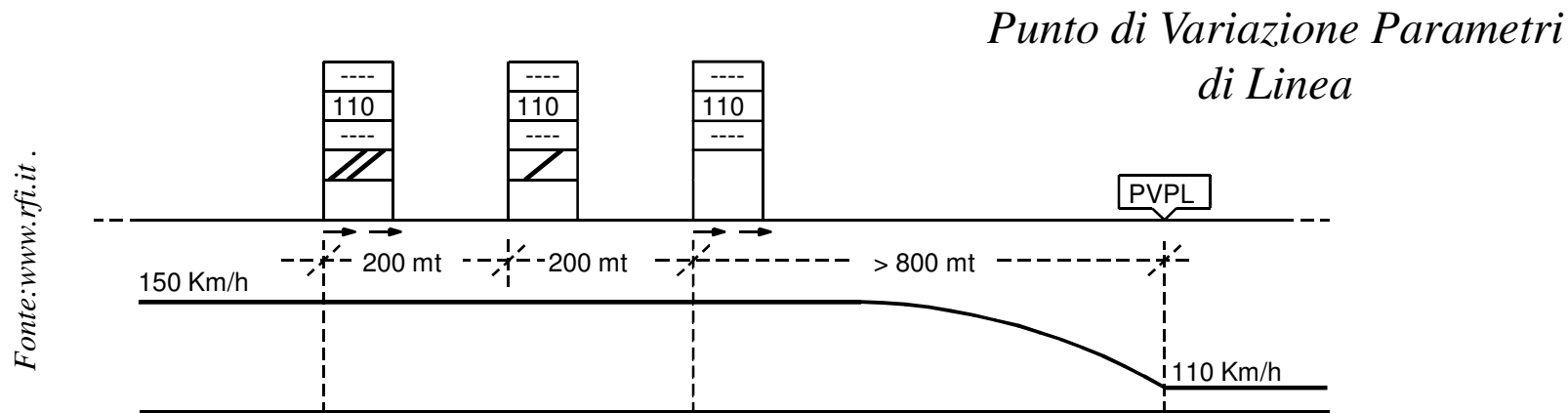
Esempio 2: Protezione della marcia del treno rispetto ad un itinerario deviato.



Il sistema impone al treno una curva di rallentamento che viene trasmessa dalle boe collegate al segnale (che è a “via libera per un percorso deviato”).

La velocità ridotta deve essere mantenuta, come tetto massimo, per tutto l’itinerario a valle del segnale.

Esempio 3: Protezione della marcia del treno rispetto alla alla variazione della velocità massima di linea.



Il sistema impone al treno una curva di rallentamento che è trasmessa al treno da boe, di tipo fisso, poste in precedenza del punto in cui varia la velocità. Tale curva di rallentamento dipende, in generale, dal tipo di treno (come abbiamo visto i treni sono divisi in ranghi: A, B, C, P, a seconda della massima velocità che possono tenere in una curva di determinato raggio).

Linee attrezzate con SCMT

(giugno 2018)



Al 31 dicembre
2020 sono **12.653 km** le linee
attrezzate con lo SCMT (di cui
77 con doppio attrezzaggio
SCMT-SSC).

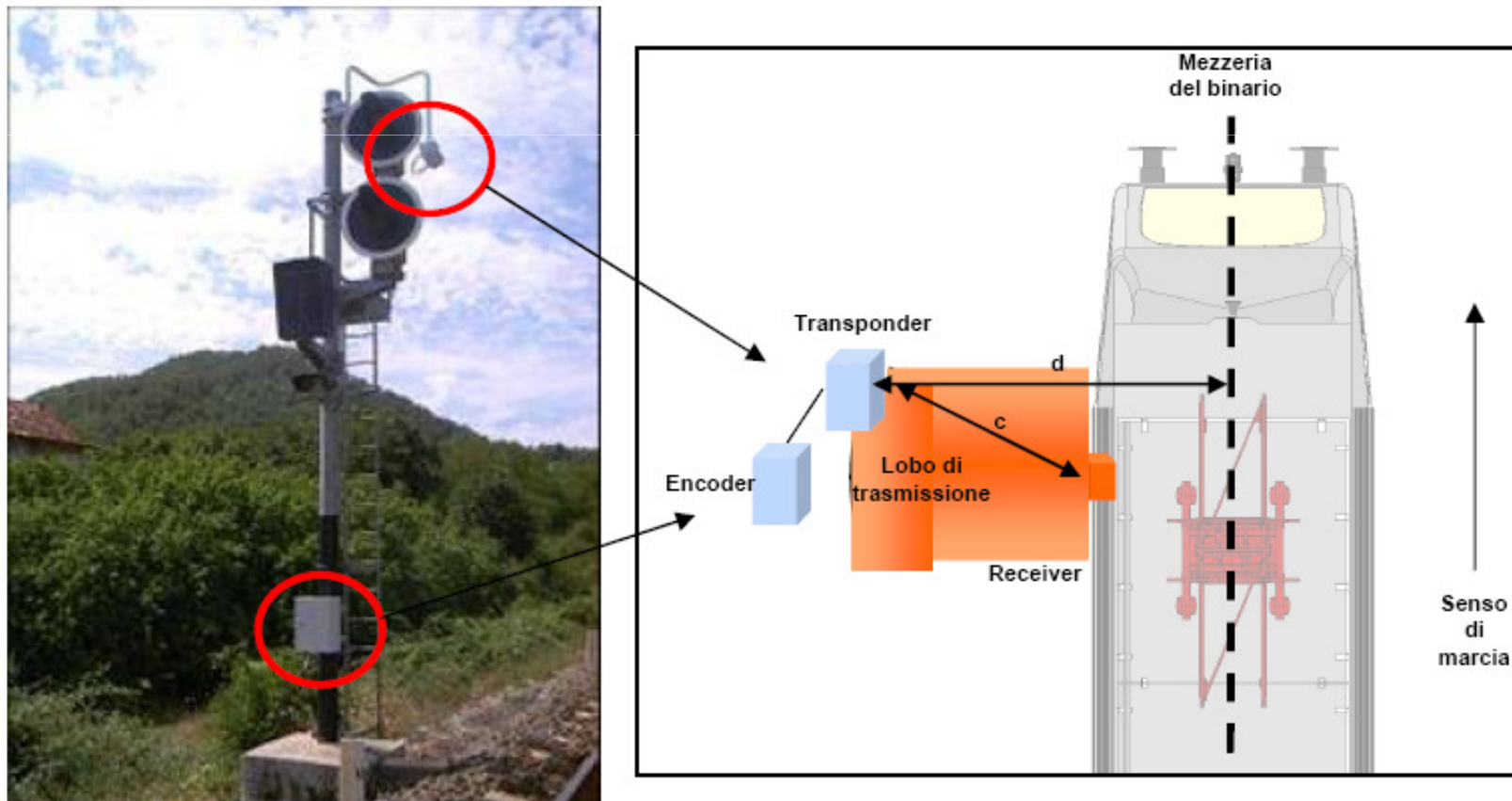
Fonte: www.rfi.it. (cartina aggiornata giugno 2018)



Sistema di Supporto alla condotta (SSC)

Anche il SSC è composto da due sottosistemi: il sottosistema di bordo e il sottosistema di terra.

Il sottosistema di terra è costituito da transponder (collegati o meno ad encoder) (un transponder è una apparecchiatura che trasmette un determinato segnale in risposta ad un determinato segnale ricevuto)



Fonte: www.rfi.it.

I transponder hanno il compito di trasferire sulla locomotiva l'aspetto del segnale (oppure la velocità massima della linea, o la velocità massima per rallentamenti).

Il sottosistema di bordo è costituito da:

- un elaboratore che ha il compito di elaborare i dati ricevuti dal transponder



**SSC:
IL CRUSCOTTO
DEL MACCHINISTA**

LA GEMMA "DGN" Diagnostica
LAMPEGGIA A LUCE AZZURRA IN CASO DI GUASTO

IL COMMUTATORE "MAN/SR - TRENO":
NORMALMENTE MANTENUTO A DESTRA DURANTE LA MARCIA, VIENE SPOSTATO A SINISTRA PER I MOVIMENTI DI MANOVRA E QUANDO OCCORRE SUPERARE UN SEGNALE A VIA IMPEDITA (CONTROLLO V. MAX. A 30 km/h).

IL PULSANTE "RF" Riarmo Freno
BIANCO, SERVE PER RIARMARE IL FRENO IN CASO DI INTERVENTO DELLA FRENATURA DI EMERGENZA COMANDATA DAL SSC.

IL PULSANTE "CSR", Conferma Segnale Restrittivo
GIALLO, DEVE ESSERE PREMUTO DAL MACCHINISTA PER RICONOSCERE UN SEGNALE RAPPRESENTANTE UN ASPETTO "RESTRITTIVO".

CIFI CORSO DI CULTURA FERROVIARIA – SISTEMA SUPPORTO CONDOTTA

- una **DMI** (driver machine interface) simile a quella **SCMT**, ma **semplificata**: in particolare non è prevista la **sovrapposizione** rispetto al **blocco elettrico automatico a correnti codificate**).

Il funzionamento è simile a quello dello SCMT.

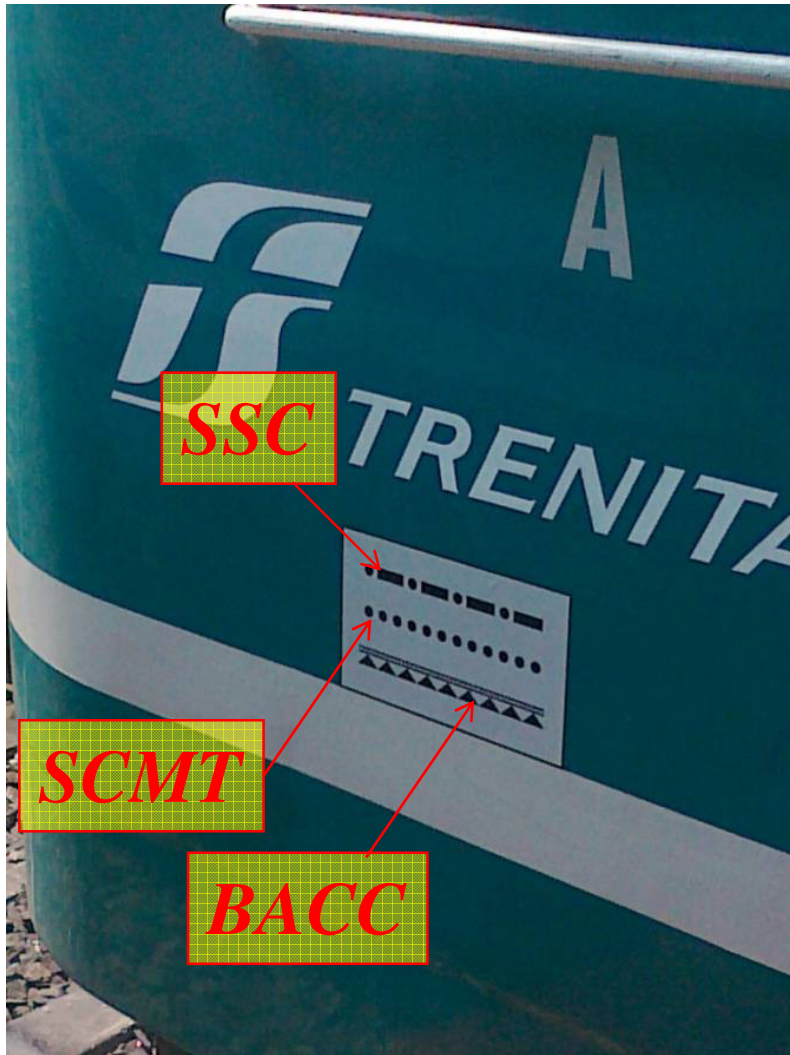
Il sistema è “trasparente” all’operato del macchinista: ossia il macchinista deve operare come faceva prima.

Il sottosistema di bordo, in caso di segnale restrittivo, calcola, una curva di frenatura . Il macchinista deve premere, in caso di segnale restrittivo, un pulsante di riconoscimento della restrizione (deve “fare vedere”al SSB di essersi accorto del segnale restrittivo), altrimenti parte la frenatura di emergenza. Inoltre deve stare sotto la curva di frenatura (che però non gli viene in qualche modo “mostrata”).

SSC è adatto a linee con velocità ≤ 150 km/h.

Linee attrezzate con SSC :

3.2561 km al 31/12/2020 (di cui 77 km con doppio attrezzaggio SSC e SCMT).



Fonte: www.rfi.it. (cartina aggiornata 31 dicembre 2008)



Con l'introduzione dei sistemi SCMT e SSC è *stata ulteriormente aumentata la sicurezza* del trasporto ferroviario rispetto a quello stradale.

Incidente al Posto di Movimento della Bolognina

(7 gennaio 2005)

**Linea Bologna-Verona
(parte a doppio, parte
ad unico binario; ora
tutta a doppio binario).**

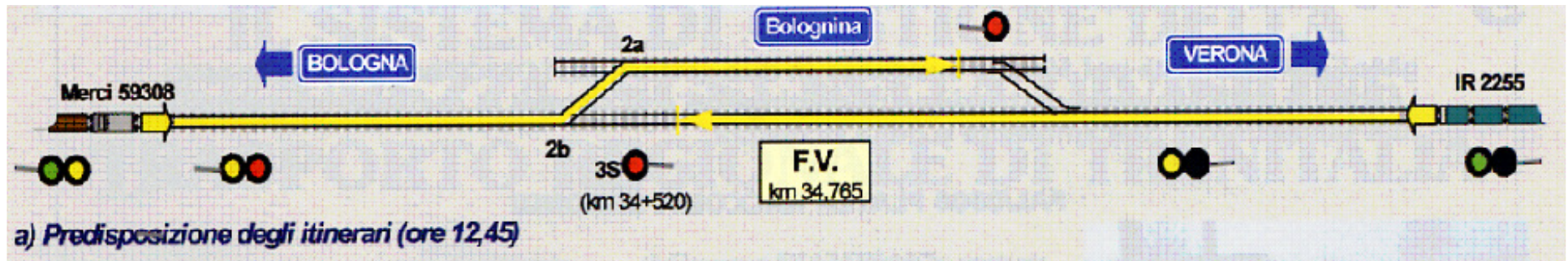


Fonte: "La tecnica Professionale n.1 , gennaio 2005.."

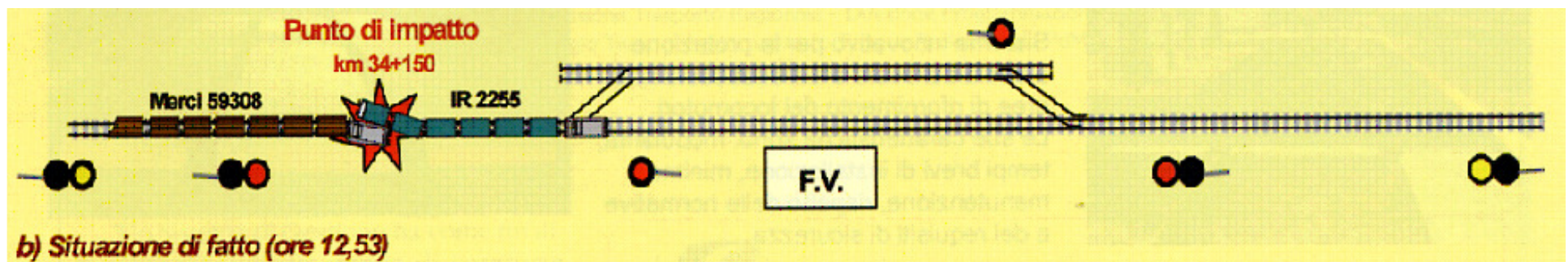
Incidente al Posto di Movimento della Bolognina

(7 gennaio 2005)

Predisposizione degli itinerari (*eventi attesi*)



Situazione di fatto (*eventi accaduti*)



Fonte: "La tecnica Professionale n.1 , gennaio 2005

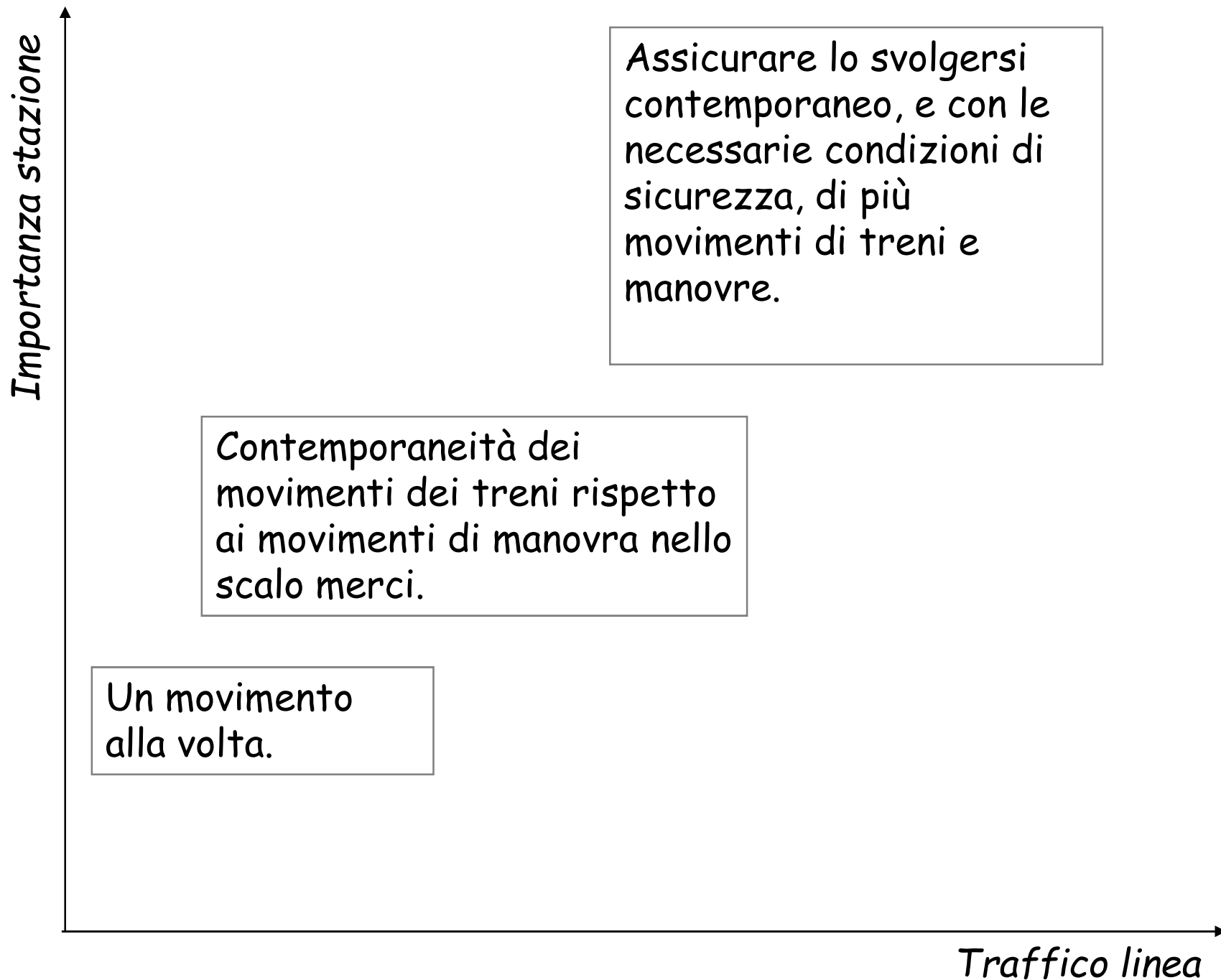
La circolazione dei treni si riferisce a *due serie* fondamentali di *movimenti* che si devono in ogni caso svolgere in determinate condizioni di sicurezza:

-movimenti dei treni in *piena linea*, tra segnali di partenza di una stazione (Località di Servizio) e quello di protezione della successiva stazione (Località di Servizio)

-movimenti dei treni nell'ambito delle *stazioni* (Località di servizio) fra i segnali di protezione e di partenza

Della sicurezza della circolazione in piena linea si è trattato esponendo i vari sistemi di *distanziamento* relativi ai vari *regimi di circolazione* (blocco elettrico automatico a circuito di binario, blocco elettrico conta assi). Dobbiamo ora trattare i *sistemi* che vengono adottati per realizzare le condizioni di sicurezza relativamente alla *circolazione* dei *treni* nelle *stazioni*.

Nelle piccole stazioni viene svolto *un movimento alla volta*. Nelle stazioni più grandi si rende necessario almeno garantire la *contemporaneità* fra movimenti *dei treni* e movimenti *di manovra*. Infine nelle grandi stazioni, costituite da numerosi fasci di binari, occorre assicurare, contemporaneamente , nelle dovute condizioni di sicurezza, lo svolgersi *contemporaneo* di *più movimenti di treni* e di *manovre*.



Nell'ambito delle stazioni vengono distinti movimenti di *arrivo*, *partenza*, *attraversamento* e movimenti di *manovra*.

Movimenti di stazione

ARRIVI dalla LINEA nella STAZIONE
PARTENZE dalla STAZIONE verso la LINEA
TRANSITI attraverso la STAZIONE

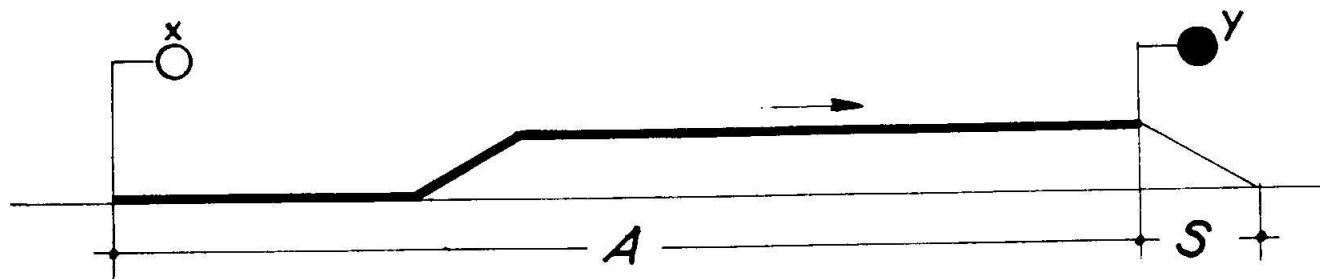
} PERCORSO =
ITINERARIO

MANOVRE: movimenti di rotabili in una località di servizio (per formazione treni, spostamento di veicoli nei binari di scalo)

PERCORSO = *ISTRADAMENTO*

I segnali sono disposti normalmente a *via impedita* e vengono disposti a *via libera* una volta che è formato l'itinerario (o istradamento) e sono verificate le condizioni fra gli *enti di stazione* (deviatoi, segnali, circuiti di binario (c.d.b.), pedali).

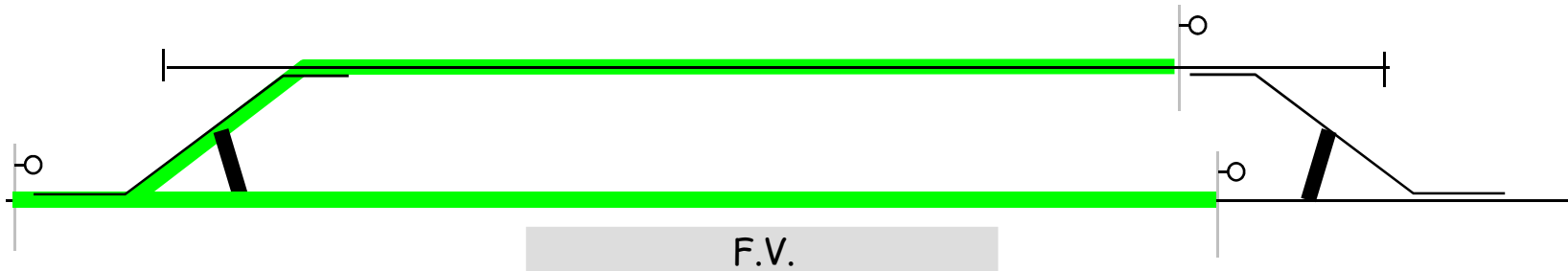
Itinerario di arrivo di un treno: è l'insieme dei *tratti di binario* che devono essere percorsi dal treno atteso in stazione. Per l'itinerario occorre acquisire le *garanzie necessarie per la sicurezza* nei riguardi: sia della disposizione dei *deviatoi*, sia degli accertamenti di *libertà del binario*.



Fonte: Vicuna G. "Organizzazione e Tecnica Ferroviaria", CIFI, 1985

Nel caso di *binario* provvisto di *segnale di partenza* l'*itinerario di arrivo*, come indicato in figura, è delimitato a *monte* dal segnale di *protezione* (x) della stazione e a *valle* dal segnale di *partenza* (y).

Caso A: binari di ricevimento provvisti di **distinti segnali** di partenza

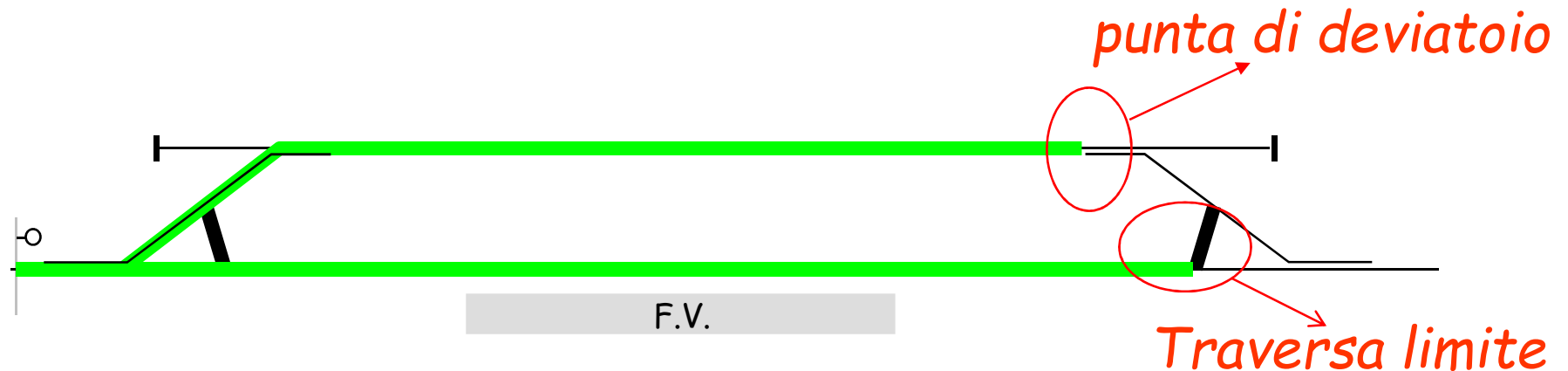


Caso B: binari di ricevimento provvisti di **comune segnale** di partenza



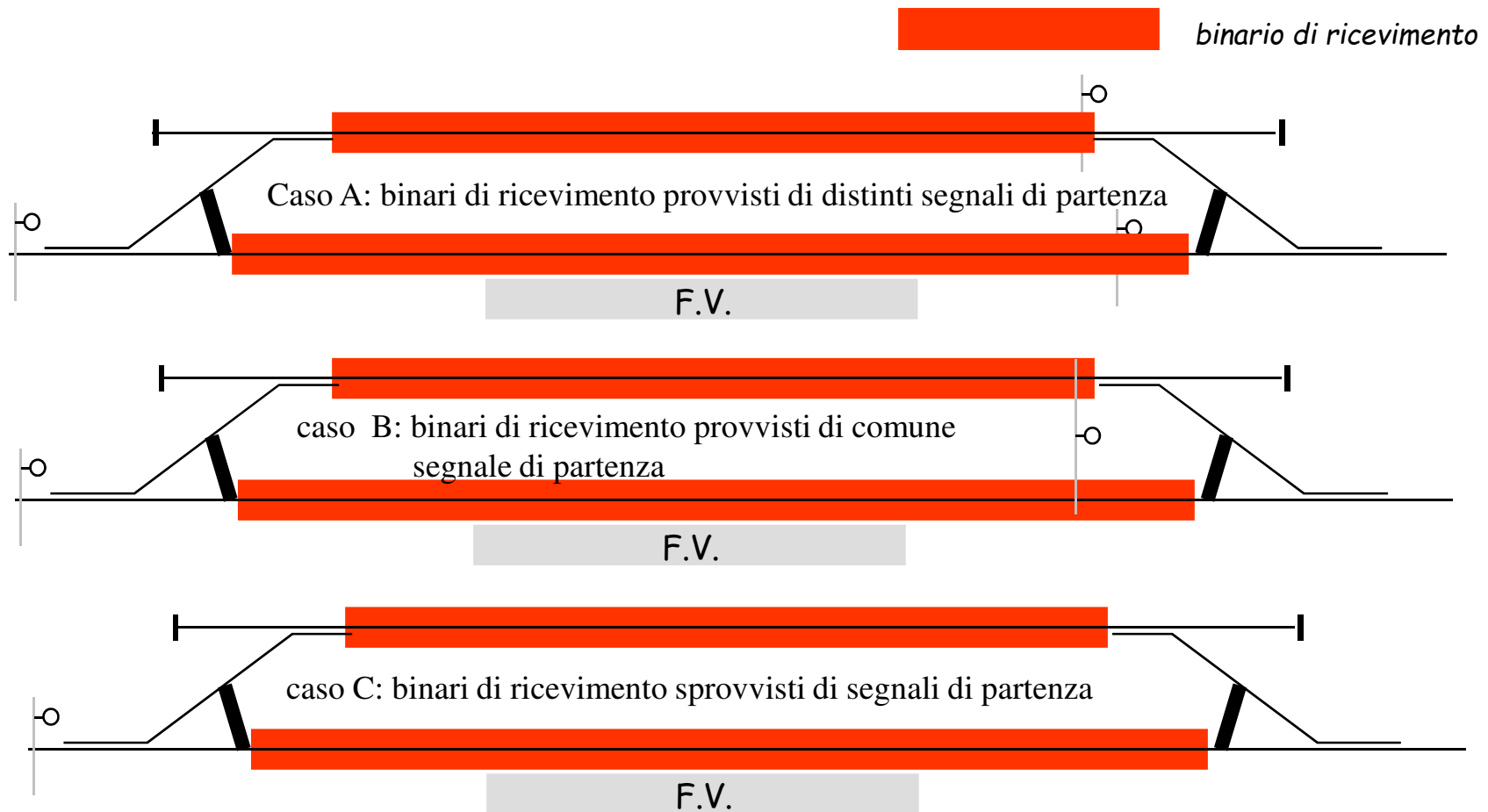
 *itinerario di arrivo*

Caso C: binari di ricevimento **sprovvisti di segnale** di partenza

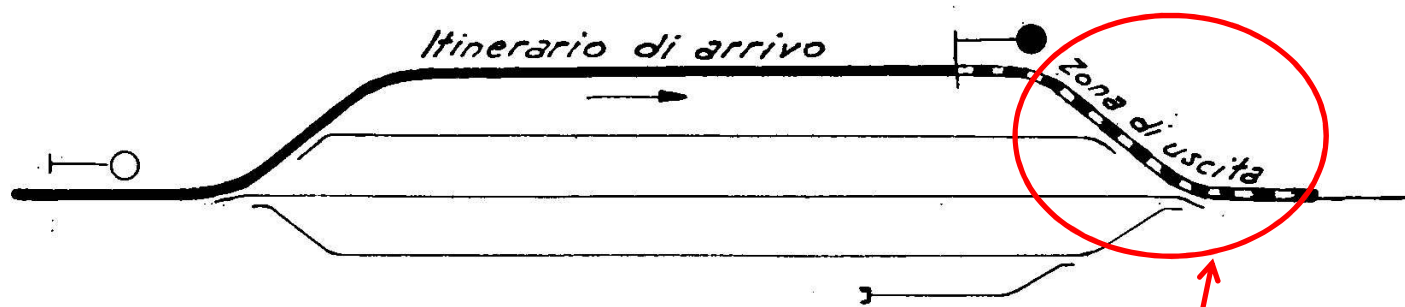


In caso di **assenza** di **segnale** di **partenza** dal binario. L'itinerario di arrivo si estende dal **segnale di protezione** della stazione al **primo ente** (traversa limite, punta di deviatoio, paraurti binario tronco) situato oltre il punto di normale fermata del treno di massima composizione.

Traversa limite: traversa, generalmente segnalata in **colore bianco**, posta tra due binari che si avvicinano ad un deviatoio; indica la **posizione** che **non deve essere superata** dai veicoli fermi su di un binario per consentire il passaggio sul binario confluyente.



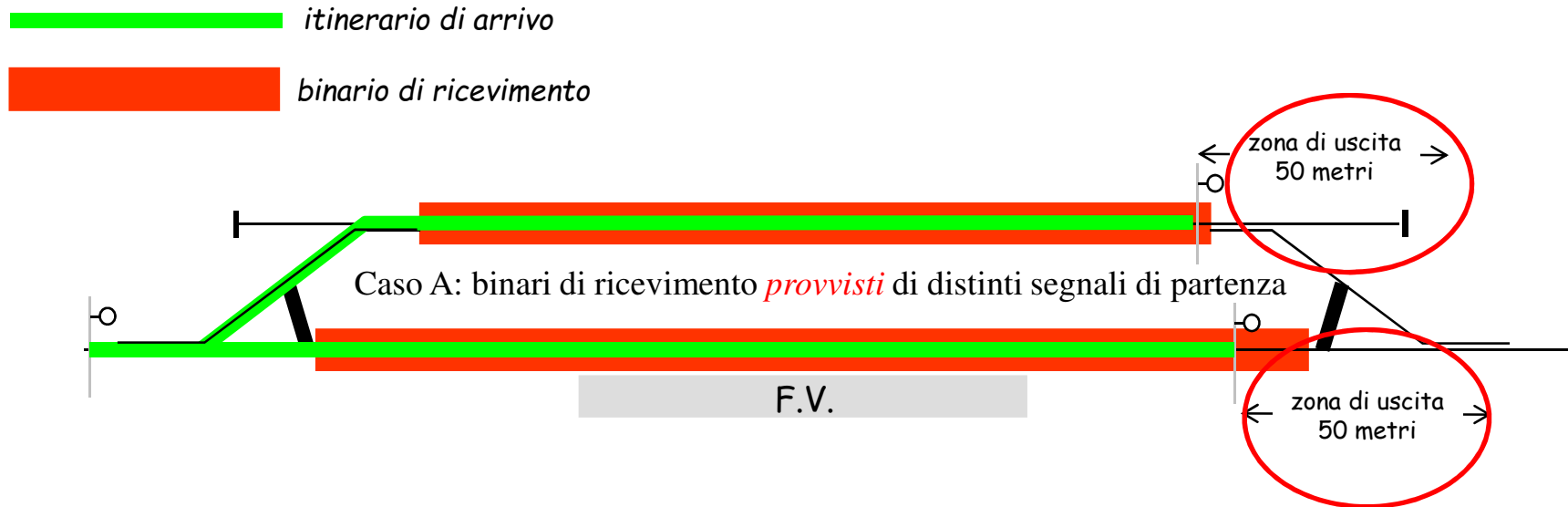
Binari di ricevimento: Per binario di *ricevimento*, o di *stazionamento*, si intende il binario delimitato da due scambi estremi, o da uno scambio ed un paraurti, o da due traverse limite sul quale il *treno* espleta il *servizio di stazione*.



Fonte: Vicuna G., "Organizzazione e Tecnica Ferroviaria", CIFI, 1985

Per sicurezza vengono evitati i movimenti dei treni a valle del punto normale di arresto del treno in arrivo (segnale di partenza). Questa zona è detta **zona di uscita**. Nella **zona di uscita** i deviatori devono essere disposti secondo **specifiche norme**.

ZONE DI USCITA

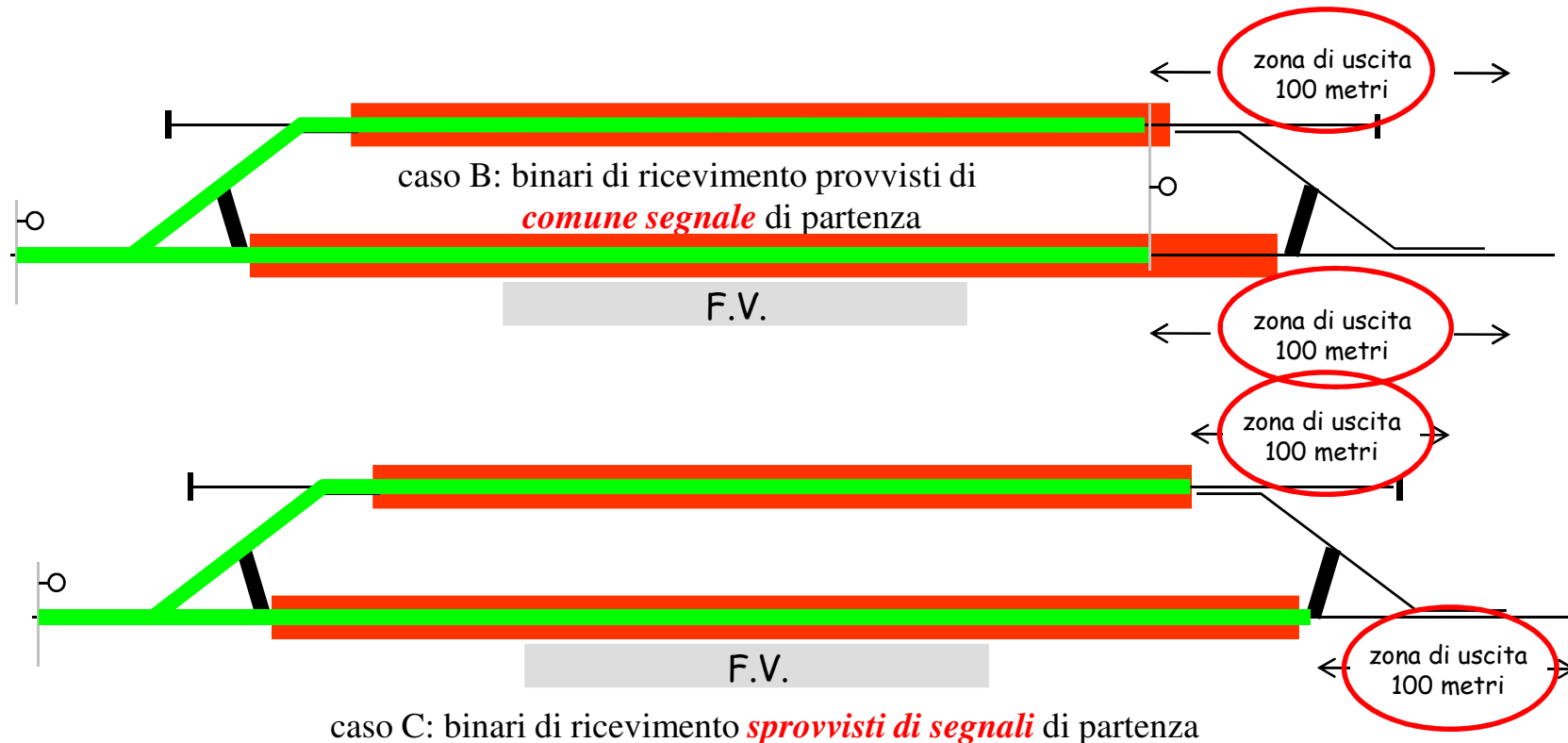


Zona di uscita: prolungamento dell' itinerario di arrivo che deve essere considerato, ai fini della sicurezza, alla *stregua* dell' itinerario di arrivo.

⇒ **50 metri** se binario di ricevimento provvisto di **specifico segnale di partenza**;

ZONE DI USCITA

 *itinerario di arrivo*
 *binario di ricevimento*

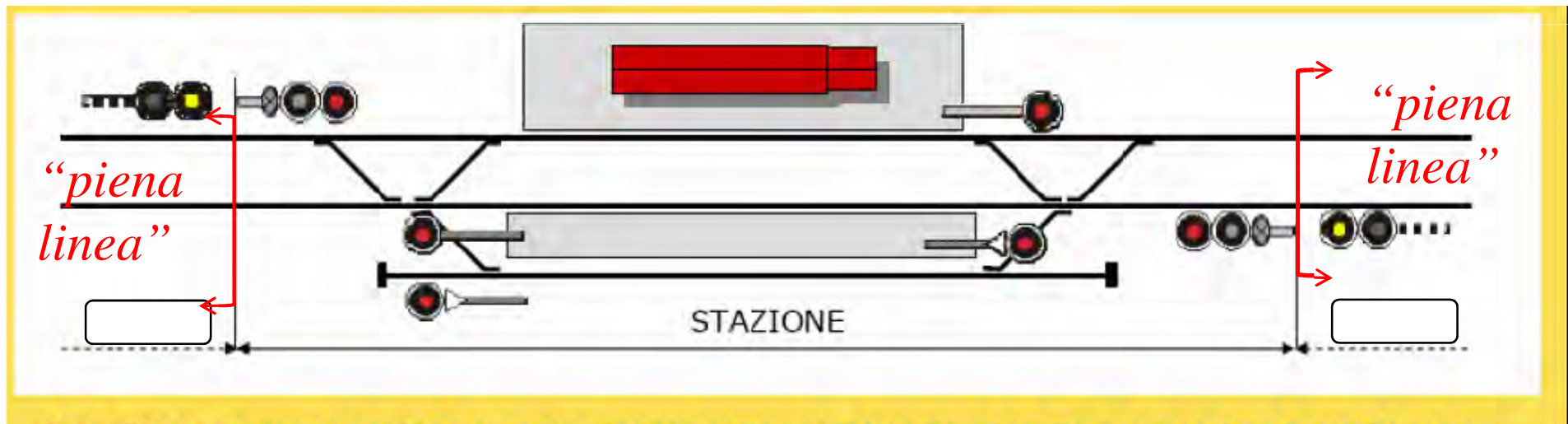


⇒ Zone di uscita **100 metri** se binario di ricevimento con segnale di partenza **comune** ad altri binari di ricevimento o **sprovvisto di segnale di partenza**.

MOVIMENTO DEI TRENI NELLE STAZIONI

ALTRI ITINERARI

Itinerario di partenza: tratto di binario, tra il punto di stazionamento, in stazione, alla piena linea, (il termine dell'itinerario di partenza, ossia l'inizio della cosiddetta "piena linea", corrisponde al segnale di protezione della stazione in senso opposto o al suo allineamento).



Itinerario di transito: unione dei due itinerari di arrivo e di partenza.

MOVIMENTO DEI TRENI NELLE STAZIONI

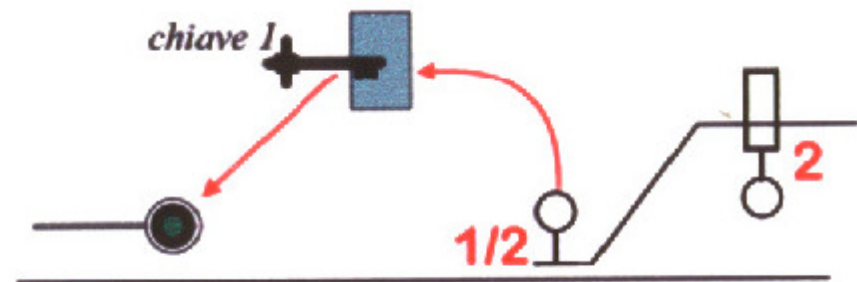
LOGICA DI BASE DEGLI APPARATI CENTRALI

Collegamenti di sicurezza

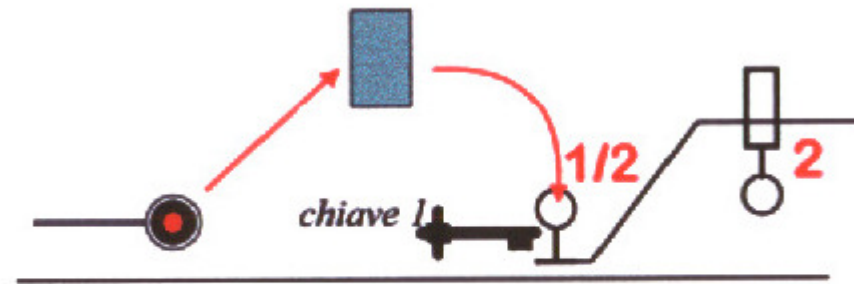
(Art. 4.9. Regolamento circolazione treni)

Vincolo meccanico, o elettrico, o elettronico, fra gli *organi di manovra del segnale* che comanda il movimento del treno e i *deviatoi* od eventuali altri meccanismi (chiusure di passaggi a livello, scarpe fermacarri, ecc.) *interessati dal movimento comandato dal segnale stesso*, tale da soddisfare le seguenti condizioni:

- a) per disporre il *segnale a via libera* è necessario che i deviatoi e gli altri meccanismi interessati siano disposti e assicurati nella *posizione voluta*;



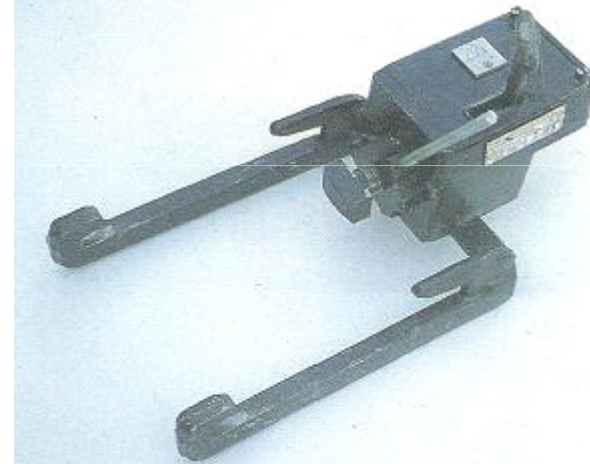
b) *per rimuovere i deviatori e gli altri meccanismi da questa posizione, occorre che il segnale sia ridisposto a via impedita.*



Apparecchi di deviazione



- 1 Ago sinistro
- 2 Ago destro
- 3 Contrago sinistro
- 4 Contrago destro
- 5 Punta dell'ago
- 6 Primo cuscinetto di punta
- 7 Secondo cuscinetto di punta
- 8 Terzo cuscinetto di punta
- 9 **Fermascambio a morsa** ←
- 10 Apparecchio distanziatore dell'ago discosto
- 11 Tiranteria di manovra
- 12 Cerniera elastica

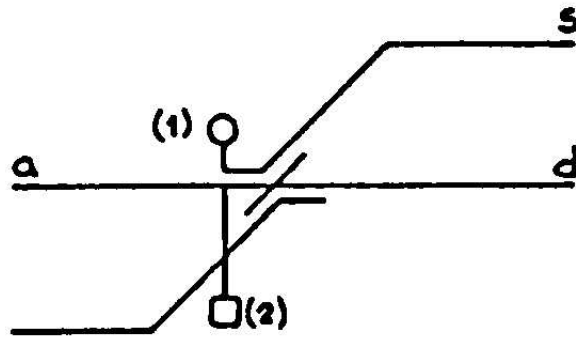


*Fermascambio a morsa dotato di **chiave***

Quando un deviatoio viene incontrato da un treno dalla parte degli "aghi", ossia dal lato che permette l'immissione in due direzioni diverse, si dice che il deviatoio viene *preso "di punta"*. Nella direzione opposta si dice che viene *preso "di calcio"*.

I *fermascambi a chiave* sono degli elementi di base per realizzare dei *collegamenti di sicurezza*. Infatti le *chiavi di risulta*, ritirate dai fermascambi, possono essere utilizzate per realizzare *collegamenti di sicurezza* con altri enti che intervengono nella formazione degli itinerari (altri scambi, segnali).

I fermascambi a chiave vengono rappresentati, *graficamente*, nei *piani schematici* di stazione, con relativi numeri racchiusi in un *cerchietto*: se il fermascambio assicura *l'ago sinistro* (guardando lo scambio dalla parte degli aghi); in un *quadrato* se assicura *l'ago destro* (guardando lo scambio dalla parte degli aghi).



Il possesso da parte dell'operatore della chiave 1 garantisce:

- il percorso di **destra** (direzione a-d, detto anche, nel caso in figura, di **corretto tracciato**) per la direzione di provenienza da a;
- che la chiave 2 rimane imprigionata in serratura e **non può essere tolta**.

Il possesso della chiave 2 viceversa garantisce:

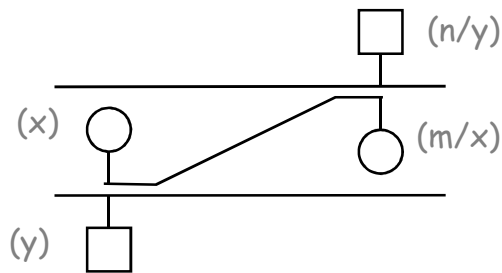
- che il binario è disposto per il binario di **sinistra** (direzione a-s, detta anche, nel caso in figura, di deviata) per la direzione di provenienza da a;
- che la chiave 1 rimane imprigionata in serratura e **non può essere tolta**.

Quindi, riassumendo, assumendo di parlare di destra e di sinistra, guardando lo scambio dalla parte degli aghi:

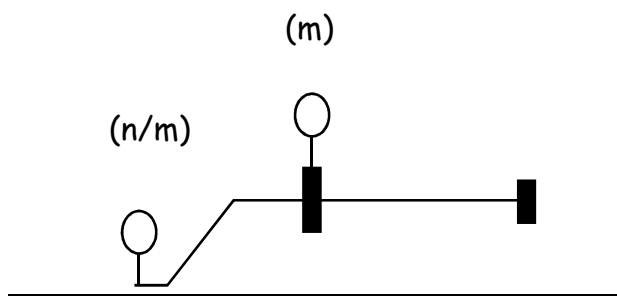
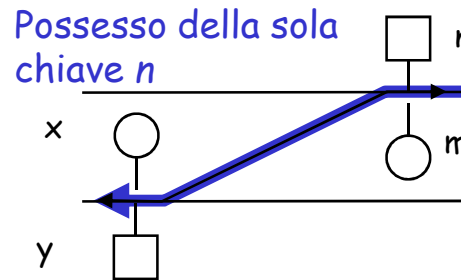
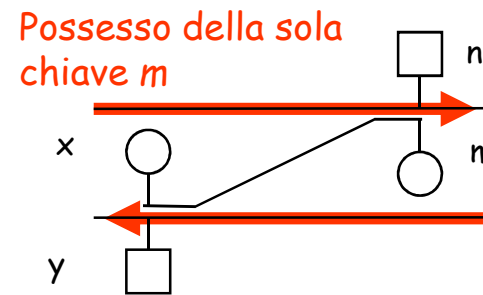
- il *possesso* della *chiave* indicata nel *cerchietto* assicura lo scambio sulla *direzione destra* (corretto tracciato nel caso di scambio sinistro, ossia con deviato a sinistra; deviato nel caso di scambio destro, ossia con deviato a destra)
- il *possesso* della *chiave* indicata nel *quadrantino*, assicura lo scambio sulla *direzione sinistra* (deviato nel caso di scambio sinistro, ossia con deviato a sinistra; corretto tracciato nel caso di scambio destro, ossia con deviato a destra).

CONIUGAZIONE DELLE CHIAVI

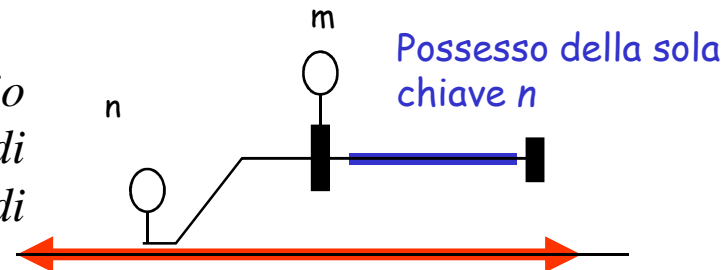
In questi casi l'assicurazione del deviatore in una determinata posizione è condizionata dal posizionamento della chiave coniugata del deviatore (o scarpa fermacarri) che forma la comunicazione.



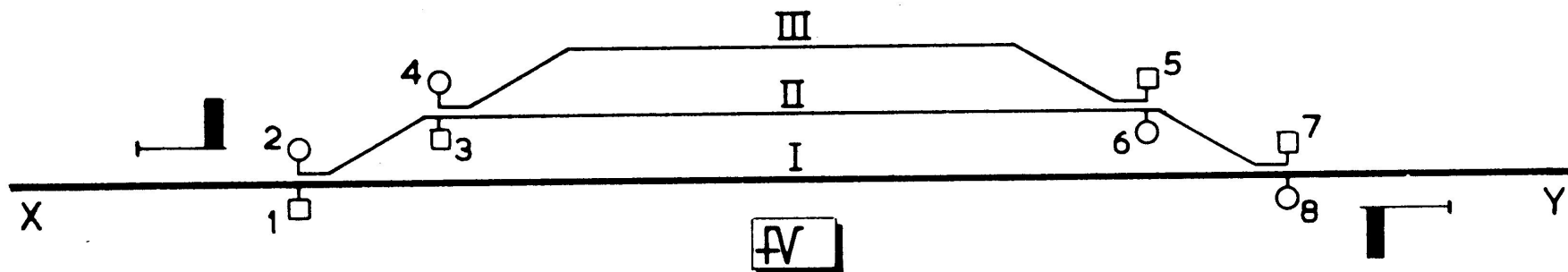
comunicazione tra binari contigui



collegamento con binario tronco dotato di scarpa fermacarri



Scarpa fermacarri: dispositivo installato su binario tronco per realizzare l'indipendenza da binari di circolazione riguardo alle eventuali "fughe" di veicoli in sosta

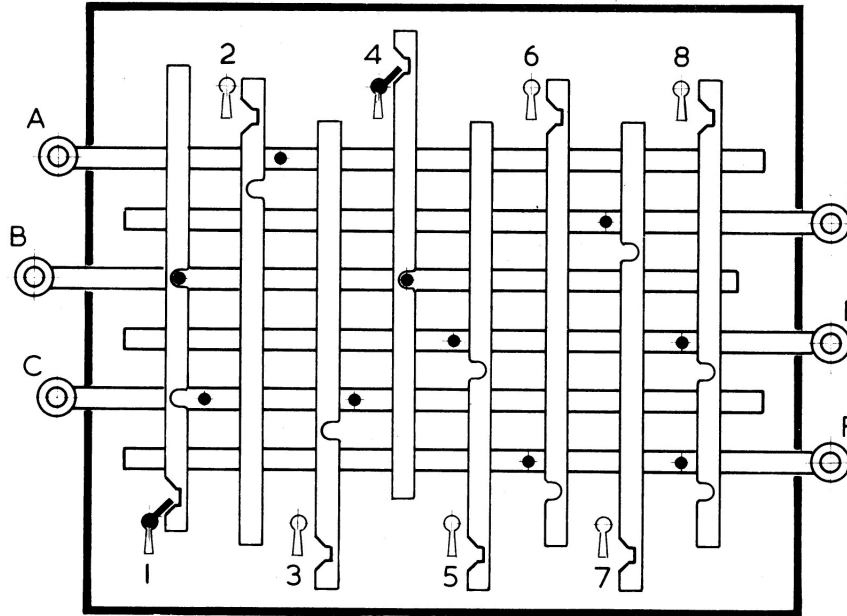


da X in I bin.	chiavi 2
da X in II ..	" 1-4
da X in III ..	" 1-3

da Y in I bin.	chiavi 7
da Y in II ..	" 5-8
da Y in III ..	" 6-8

Fonte: Mayer L. "Impianti Ferroviari – Tecnica ed Esercizio", CIFI, 1970

Stazione semplice con manovra a mano degli scambi e fermascambi. Tabelle ritiro chiavi.



Per rendere più sicuro il corretto ritiro delle chiavi volute si montava, nell'ufficio movimento, una *serratura centrale*.

Serratura Centrale

La serratura centrale era costituita da una scatola metallica in cui erano disposte le toppe in cui potevano essere introdotte e girate le chiavi dei vari fermascambi.

La rotazione della chiave provocava il movimento verticale di una stecca di acciaio montata all'interno della serratura centrale.

Nell' esempio precedente l' estrazione del bottone B (itinerario da X in II) richiedeva l' inserimento delle chiavi 1 e 4 (che rimanevano legate). L' estrazione del bottone A (itinerario da X in I) richiedeva , e legava, la chiave 2 . Mentre quella del bottone C (itinerario da X in III) era possibile solo introducendo le chiave 1 e 3 (che anche esse rimanevano vincolate).

Ai bottoni estratti veniva affidata la *chiusura di contatti elettrici* inseriti nel *circuito di manovra del segnale corrispondente all'itinerario realizzato* che veniva "aperto".

Il *segnale* si *chiude automaticamente* al passaggio del treno, che impegna l' itinerario predisposto, sul *dispositivo* di campagna (pedale, circuito di binario) detto di *occupazione*.

Un dispositivo elettromeccanico rende *impossibile* riportare il bottone nella posizione iniziale (detta di “riposo” o “non estratta”), e quindi *liberare le chiavi, prima che il treno, che ha impegnato l’itinerario, sia passato su un dispositivo di liberazione*, posto a valle dell’ultimo scambio collegato: *pedale* (ma ora soprattutto circuito di binario). Quindi il dispositivo elettromeccanico impedisce che le chiavi possono essere liberate (e quindi predisposto un’altro itinerario) prima che il treno, per cui era stato impostato l’itinerario, l’abbia percorso (“consumato”).

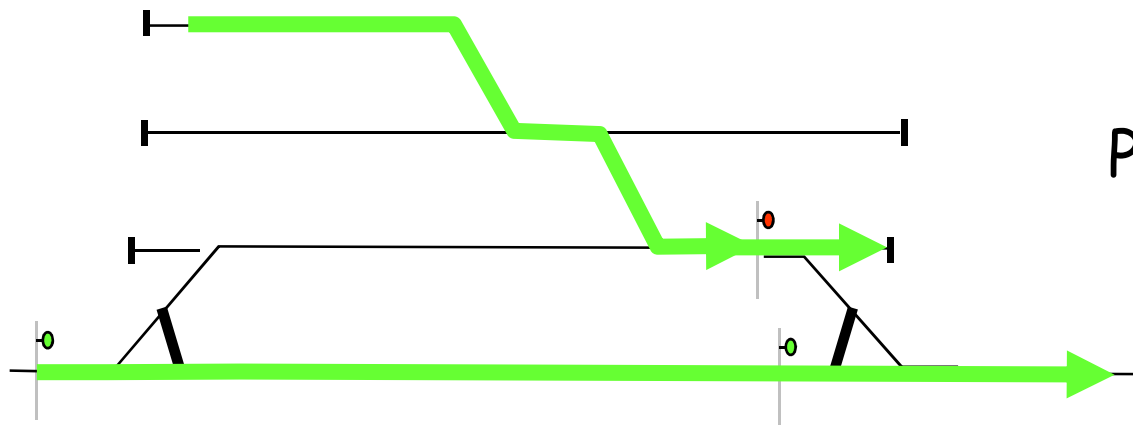
Comunque questo aspetto è di validità generale nella circolazione ferroviaria in *stazione (località di servizio)*, per rimuovere gli enti di piazzale (deviatoi) da una data posizione: occorre che il treno si trovi in posizione tale da garantire che la *rimozione avvenga in condizioni di sicurezza*.

MOVIMENTO DEI TRENI NELLE STAZIONI

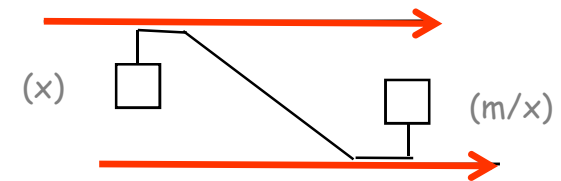
Movimenti contemporanei dei treni in Stazione

A - Treni percorrenti *itinerari indipendenti per disposizione di impianto* (i binari non sono collegati da comunicazioni realizzate attraverso deviatori) : *indipendenza assoluta*

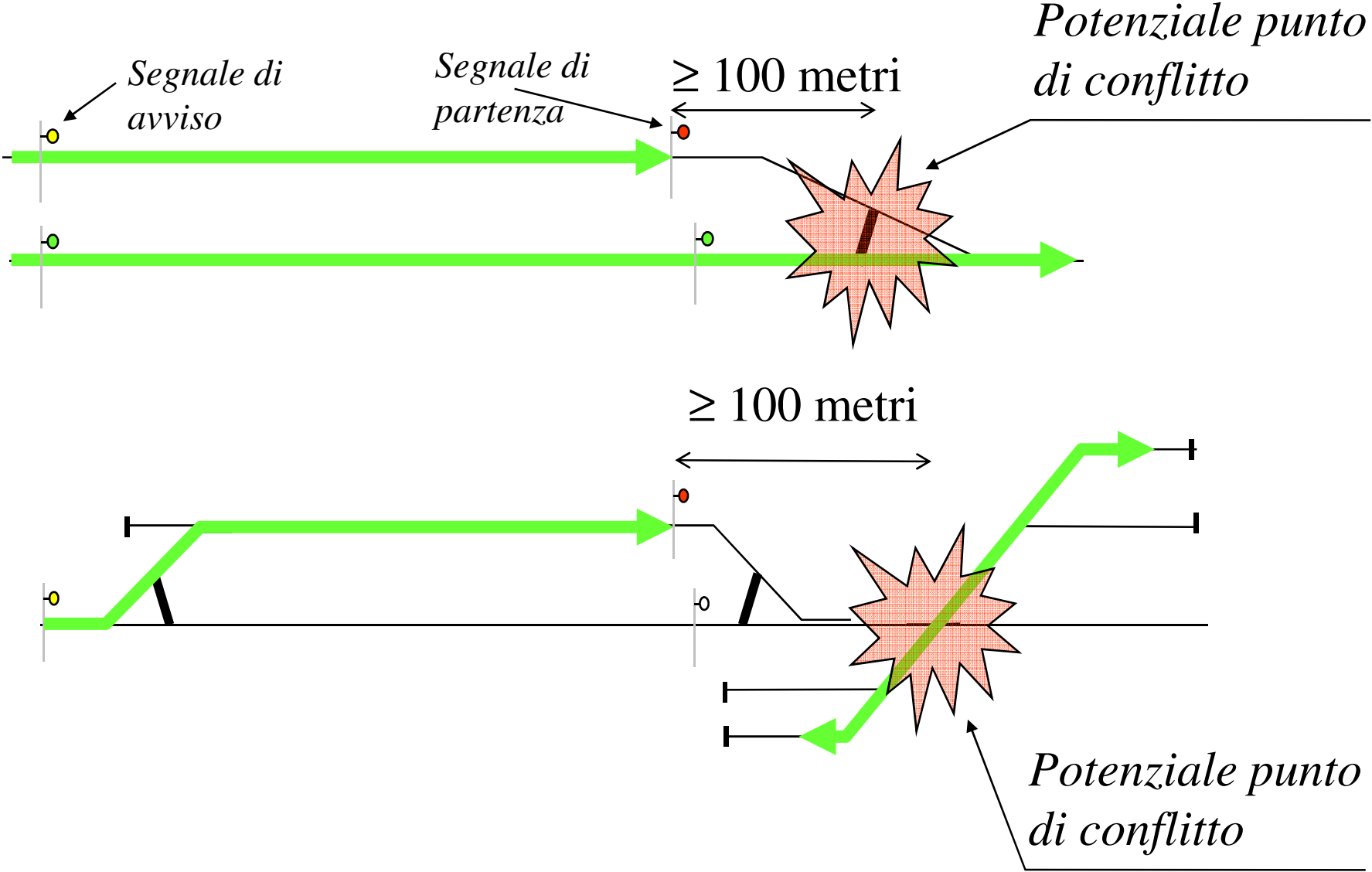
B - Esistenza di *collegamenti di sicurezza* , fra segnali e deviatori, che garantiscono l' indipendenza degli itinerari: *indipendenza virtuale*



Possesso della chiave m



Movimenti contemporanei dei treni in stazione : *caso C*



C - Sono ammessi movimenti di treni in itinerari di arrivo contemporanei a movimenti di treni su altri itinerari confluenti con i primi **oltre la zona di uscita** ed alle seguenti **condizioni**:

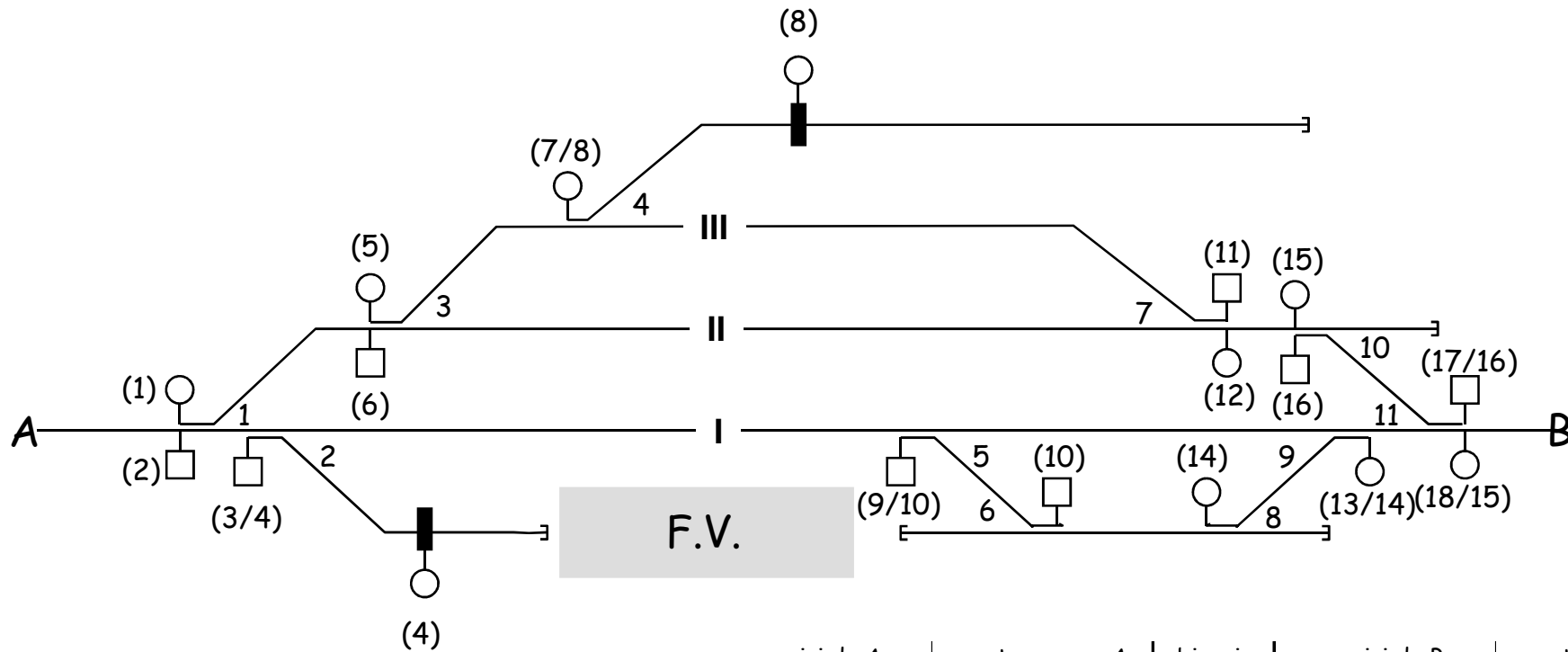
- **punto di convergenza** (traversa limite dello scambio o dell'attraversamento) **protetto da segnale di partenza** a via impedita **preceduto da avviso**, distinto per binario e ubicato a distanza di almeno 100 metri dal punto di convergenza
- i binari di ricevimento non devono essere in **discesa superiore al 6‰** .

Il punto di convergenza è protetto da SCMT (Sistema Marcia Treno)

MOVIMENTO DEI TRENI NELLE STAZIONI

LOGICA DI BASE DEGLI APPARATI CENTRALI

MODELLO DI PIANO SCHEMATICO DI UNA STAZIONE CON DEVIATOI MUNITI DI FERMA SCAMBI A CHIAVE

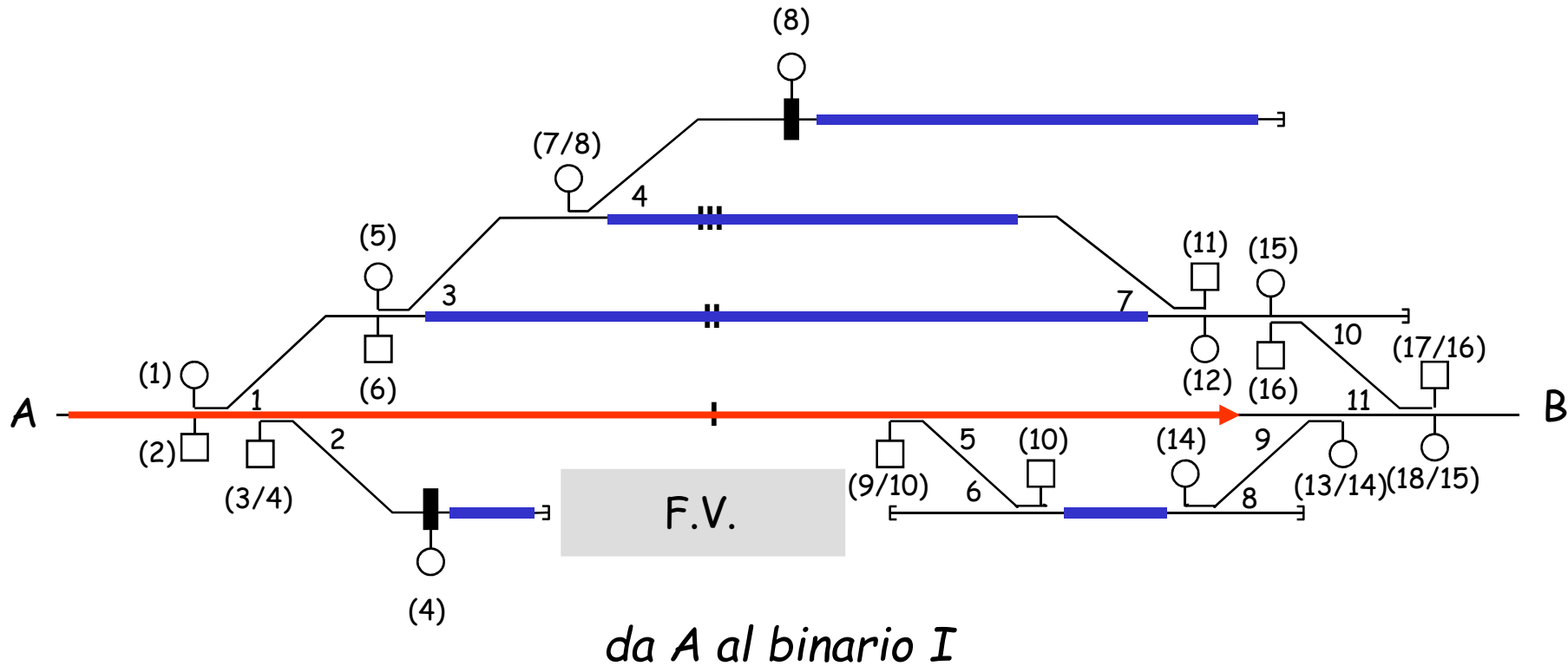


PROSPETTO RITIRO CHIAVI

arrivi da A	partenze per A	binario	arrivi da B	partenze per B
1, 3, 7, 9, 13, 17	1, 3, 7, 9	I	3, 9, 13, 17	9, 13, 17
2, 3, 5, 7, 9, 17	2, 3, 5, 7, 9	II	11, 13, 18	11, 13, 18
2, 3, 6, 7, 9, 17	2, 3, 6, 7, 9	III	7, 12, 13, 18	7, 12, 13, 18

MOVIMENTO DEI TRENI NELLE STAZIONI

LOGICA DI BASE DEGLI APPARATI CENTRALI



Chiavi da possedere 1 3 9 13 17

Materiale in sosta sui binari

Da quanto visto si deduce che le chiavi da possedere sono:

- Quelle che assicurano nella posizione voluta tutti i deviatori incontrati di punta o di calcio dal treno lungo l'itinerario.
- Quelle dei deviatori su binari laterali, non percorsi dal treno, che garantiscono l'indipendenza da altri movimenti su questi binari.
- Quelle delle scarpe fermacarri che proteggono il dato itinerario da movimenti accidentali di veicoli in sosta .
- Quelle relative agli scambi nella zona di uscita e che assicurano l'indipendenza del movimento nella zona di uscita da altri movimenti compreso quelli accidentali di veicoli in sosta (in pratica la zona di uscita “viene trattata” come facente parte dell'itinerario).

MOVIMENTO DEI TRENI NELLE STAZIONI

APPARATI CENTRALI: DEFINIZIONE

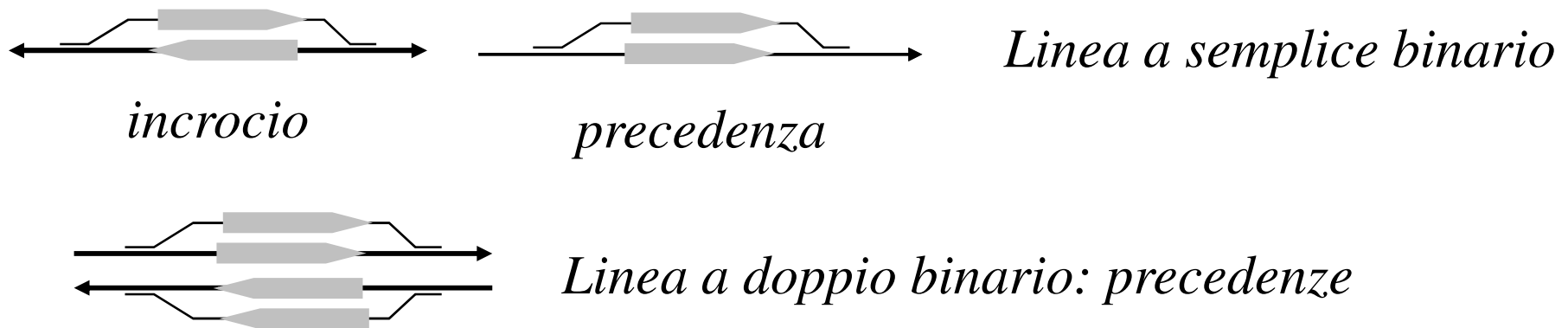
Impianto di una *località di servizio* (come ad esempio: una stazione, un posto di movimento, un posto di comunicazione) per il *comando a distanza* della manovra degli *enti di stazione*. In particolare gli *apparati centrali* realizzano i *collegamenti di sicurezza* fra gli *enti di stazione* stessi. (*Enti di stazione*: segnali, deviatori, pedali, circuiti di binario, scarpe fermacarri, passaggi a livello).

Tali apparati inoltre *interagiscono* con i *sistemi di blocco* che regolano la circolazione in piena linea delle tratte limitrofe. La loro evoluzione ha seguito l'evoluzione della tecnica ferroviaria

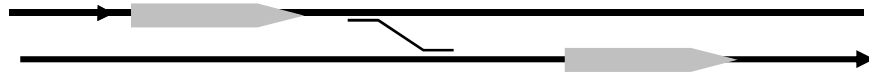
MOVIMENTO DEI TRENI NELLE STAZIONI

POSTO DI MOVIMENTO E POSTO DI COMUNICAZIONE: DEFINIZIONE

Posto di movimento: località di servizio, non adibita al servizio pubblico, dotata di impianti atti ad effettuare le *precedenze* dei treni nello stesso senso e, nel caso di linee a semplice binario, gli *incroci* dei treni in senso opposto



Posto di comunicazione: località di servizio, poste su linee a doppio binario, protetta da segnali di blocco, sprovvista di impianti atti ad effettuare le precedenza, ma munite di comunicazioni per il *passaggio da un binario all'altro*.



MOVIMENTO DEI TRENI NELLE STAZIONI

APPARATI CENTRALI: TIPOLOGIE

Principali funzioni di un apparato Centrale

- Comandare e controllare i singoli enti di piazzale
- Comandare e controllare i movimenti dei treni nel piazzale da e verso le linee collegate alla località di servizio
- Garantire che il comando ed il controllo abbia un elevato grado di affidabilità e sicurezza

La evoluzione degli Apparati Centrali ha seguito *l'evoluzione della tecnica ferroviaria*

Apparati con deviatori manuali: gli scambi sono manovrati manualmente da appositi addetti, il vincolo di sicurezza fra deviatori e segnali è costituito, come abbiamo visto, dalla serratura centrale in cui sono inserite le varie chiavi dei fermascambi (*apparati in disuso*).

APPARATI PER DEVIATOI MANUALI - ADM



Manovra degli *apparati* lunga e complicata *incompatibile* con *grandi volumi di traffico*.

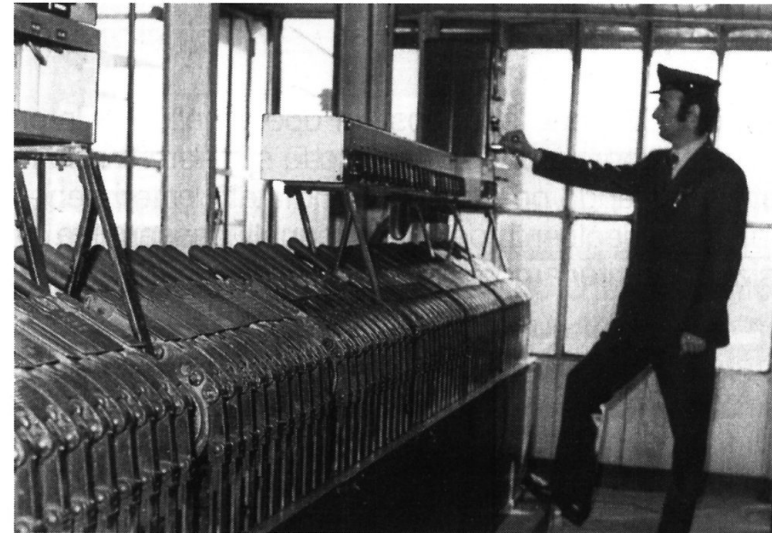
Manovra dei deviatori, introducendo la chiave di risulta, estratta dal fermascambio, nell'apposita serratura ed effettuando un giro di chiavi"

Itinerario formato con leve (che azionano i segnali): i segnali si aprono quando si ha la garanzia che i deviatori sono nella posizione corretta.

Gli *Apparati Centrali Idrodinamici (ACI)* utilizzano la pressione di un liquido per manovrare gli enti di piazzale (collegati al posto centrale tramite una rete di tubazioni).

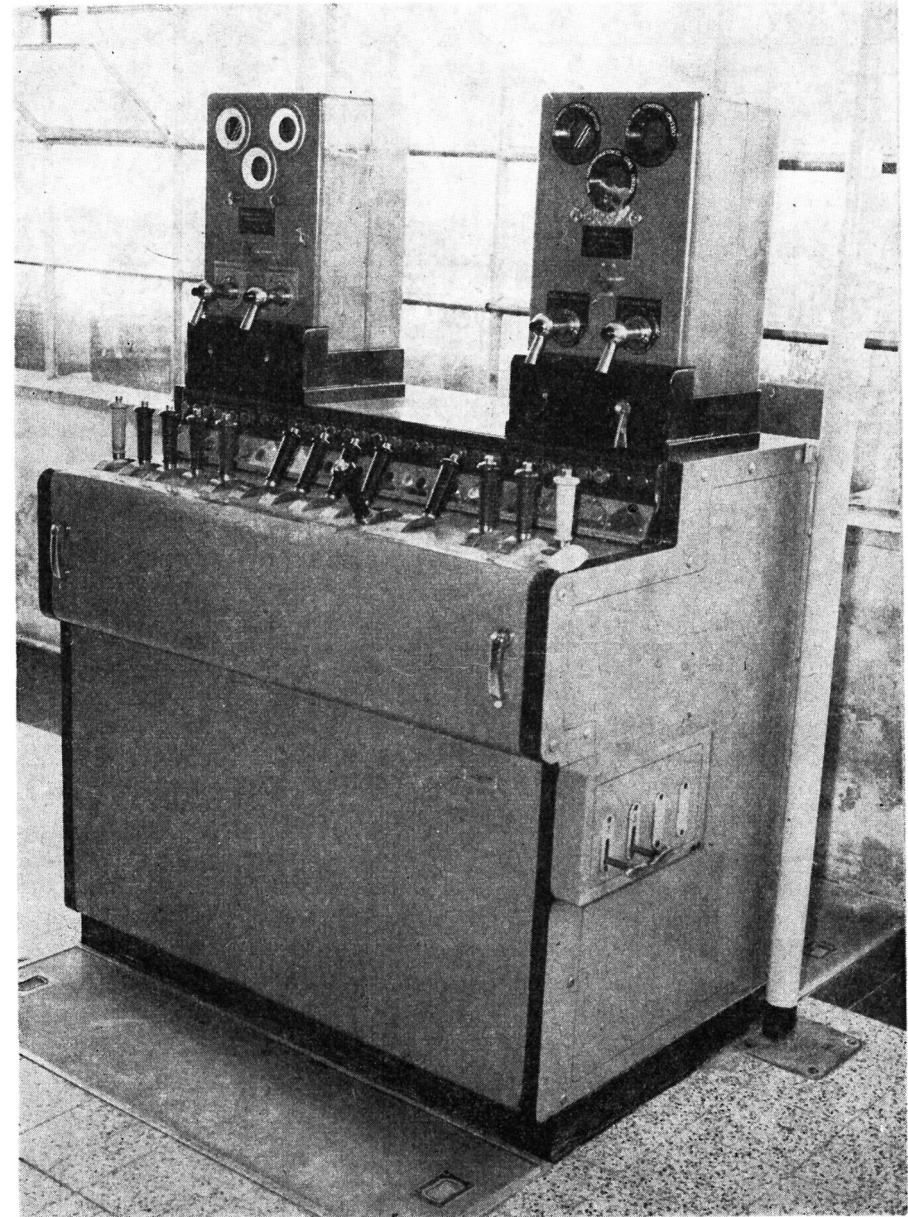
Anche in questo caso una serratura meccanica realizza i necessari collegamenti di sicurezza fra gli enti (*apparati in disuso*).

Apparato Centrale
Idrodinamico: *banco di* →
manovra



Fonte: Cesari, Rizzo e Lucchetti-
Elementi Generali dell'Esercizio
Ferroviario, Cap.II, 2000.

Apparati Centrali Elettrici (ACE) in cui gli enti di stazione sono comandati elettricamente (gli scambi hanno dei motori elettrici che realizzano il movimento degli aghi). In un ACE i collegamenti di sicurezza fra le leve, che comandano gli scambi e i segnali, sono assicurati sia da serrature meccaniche, sia da collegamenti elettrici.



*Fonte: Mayer L. "Impianti Ferroviari – Tecnica ed Esercizio",
Cap. XXIV, CIFI, 1970*

La successiva evoluzione è stata quella degli *Apparati Centrali Elettrici ad Itinerario (ACEI)*: in cui il comando di un determinato itinerario avviene con un apposito pulsante che predispone, globalmente, tutti gli enti (deviatori, segnali) per un determinato itinerario. I collegamenti di sicurezza fra i comandi, che comandano gli scambi e i segnali, sono assicurati da circuiti elettrici basati su tecnologia a relè.

L'ultimo stadio dell'evoluzione tecnologica è quello, attuale, degli *Apparati Centrali Statici (ACS)* o *Apparati Centrali Computerizzati (ACC)* (Nel caso delle linee ad alta velocità l'ACC è chiamato, come abbiamo visto, Nucleo Vitale Periferico (NVP)). Sostanzialmente sono degli apparati simili agli ACEI nella logica (in particolare per la formazione degli itinerari): in cui i circuiti elettrici degli ACEI, basati su componenti elettromeccanici, i relé, sono stati sostituiti con *circuiti elettronici*.

MOVIMENTO DEI TRENI NELLE STAZIONI

APPARATI CENTRALI ELETTRICI ad ITINERARIO - ACEI

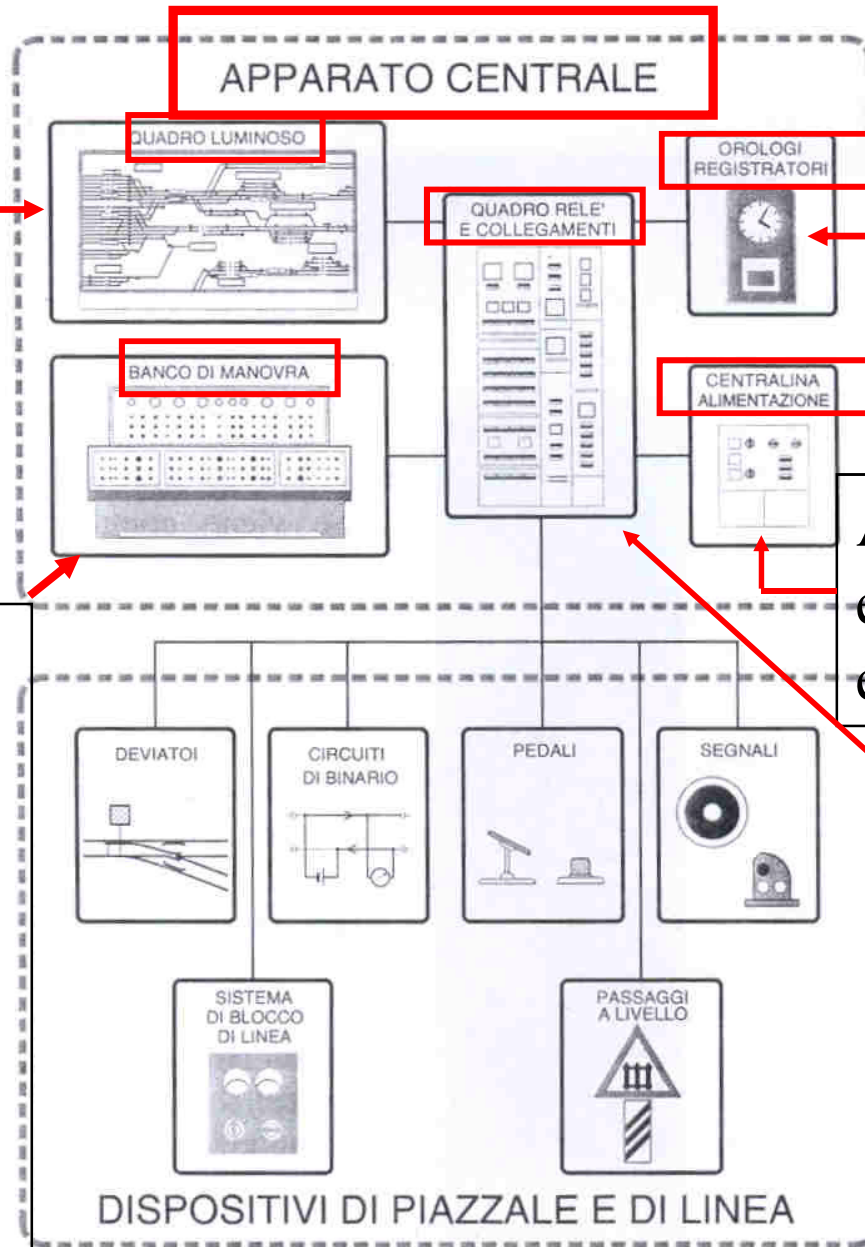
Per ciascun movimento di treno, il comando di tutti gli organi operativi di piazzale interessati, viene impartito, in situazioni normali, semplicemente premendo un *pulsante* di *comando d'itinerario*. L' apparato procede automaticamente alle verifiche di sicurezza necessarie e alla manovra pressoché contemporanea degli enti interessati; infine, alla disposizione a via libera del segnale (solo all' occorrenza l' apparato ha la possibilità di effettuare manovre singole sui vari enti).

Tutti gli i collegamenti di sicurezza sono realizzati elettricamente tramite relè (cosiddetta "*serratura elettrica*").



Riproduzione costante dell'aspetto dei segnali e dello stato dei binari in un piano schematico dell'impianto

Comprende leve, pulsanti, lampade ausiliarie di segnalazione eventi. Elemento su cui interviene l'operatore per compiere azioni di comando sull'impianto.



Memorizzano lo stato di particolari eventi (aspetto segnali, c.d.b., etc.) e dispositivi (leve, etc.)

Alimentazione elettrica dell'apparato e dei dispositivi

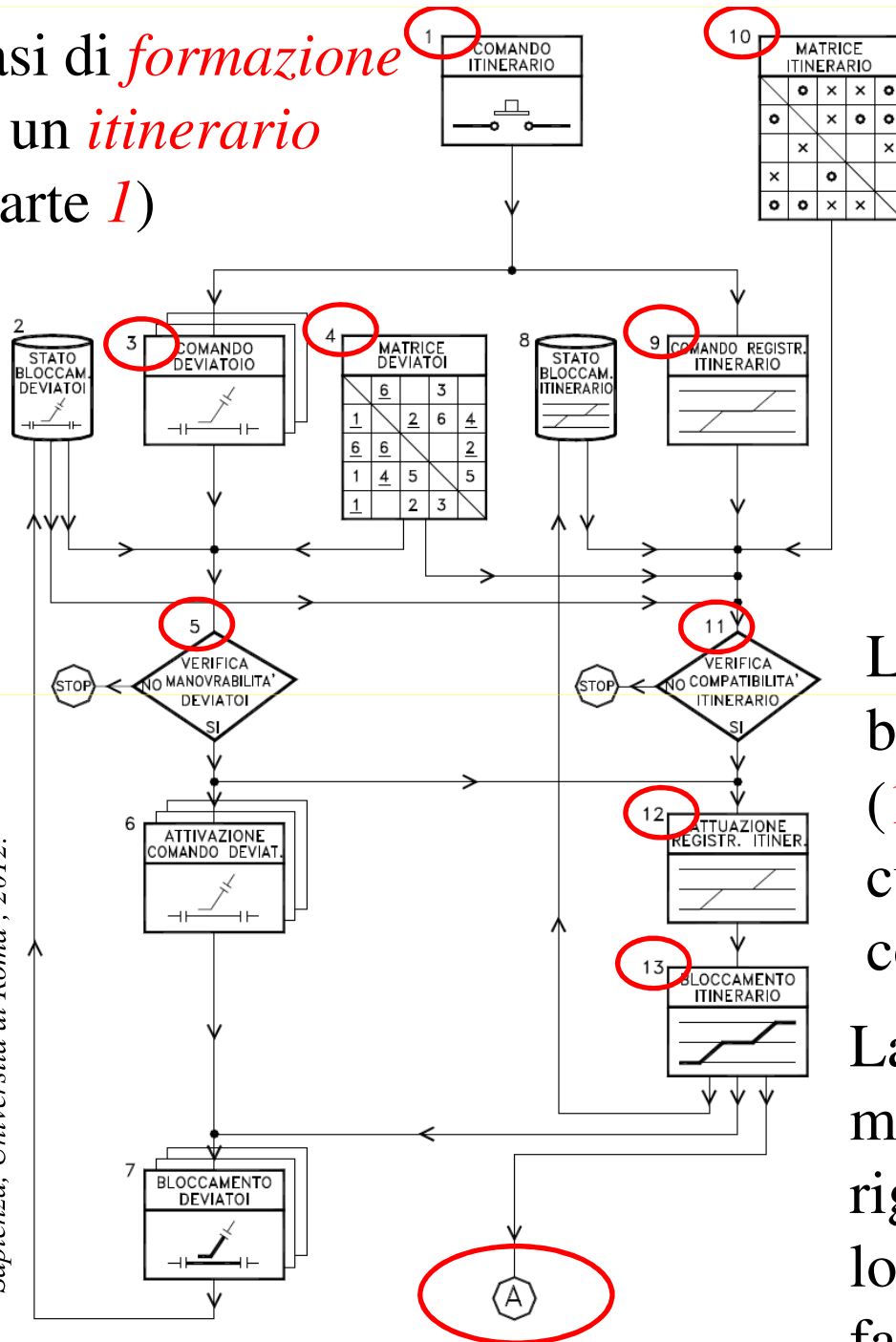
Unità che realizza i collegamenti elettrici tra il banco e gli enti di piazzale nel rispetto della logica di sicurezza

Apparati Centrali Elettrici ad Itinerari (ACEI) - Predisposizione degli itinerari

L' apparato Centrale comanda gli enti di piazzale e controlla che le seguenti condizioni, relative alla predisposizione e alla verifica di un itinerario, siano soddisfatte:

- L' itinerario è *compatibile* con eventuali altri itinerari già realizzati (condizione di *compatibilità*).
- L' itinerario da realizzare è *libero* (condizione di *libertà*).
- I deviatori sono disposti in modo da realizzare il percorso voluto (condizione di *esistenza*).
- L' itinerario una volta *predisposto non* può essere *modificato* prima che il treno lo abbia utilizzato e quindi "liberato" (condizione di *irrevocabilità*).

Fasi di *formazione* di un *itinerario* (parte 1)



Il comando dell' itinerario (1), innesca la manovra dei deviatori (3) e la registrazione dell' itinerario(9)

L' attuazione di questi comandi è subordinata alla verifica di manovrabilità dei deviatori(5) e di compatibilità dell' itinerario(11).

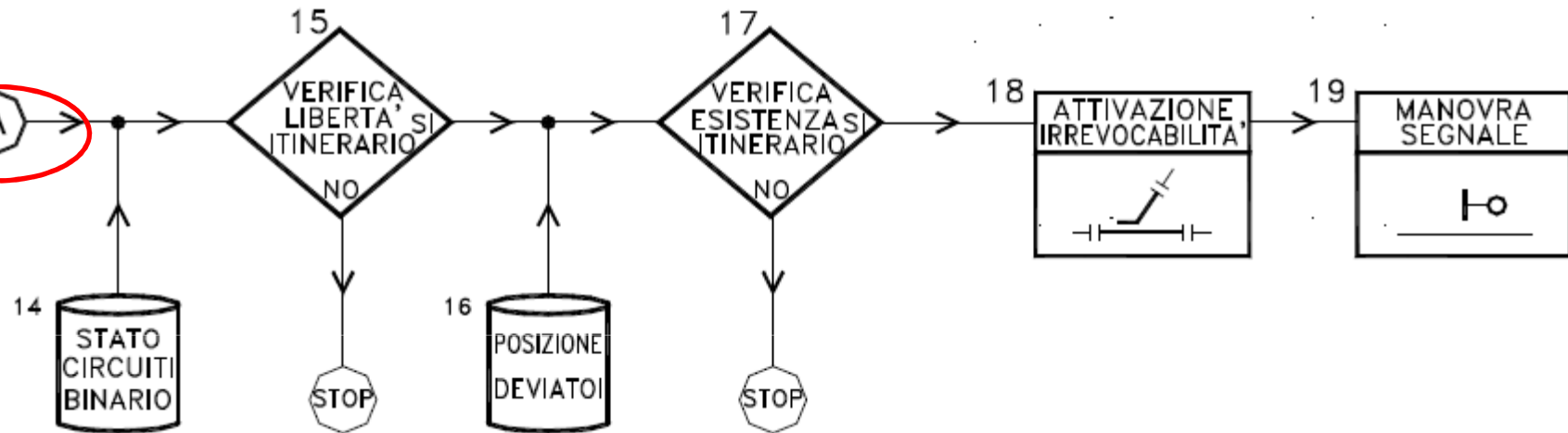
La verifica della compatibilità si basa sulla matrice degli itinerari (10)(è una matrice quadrata in cui le righe e le colonne corrispondono agli itinerari)

La matrice dei deviatori (4) è una matrice itinerari – deviatori, su una riga sono indicati i deviatori (con la loro posizione: dritta, rovescia) che fanno parte dell' itinerario.

Dopo la registrazione (12) viene effettuato il *blocco, logico*, dell'itinerario (13): viene *impedita* la, successiva, formazione di altri itinerari incompatibili con quello che si è formato.

Fasi di formazione di un *itinerario* (parte 2)


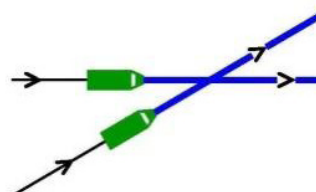
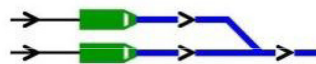

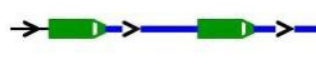
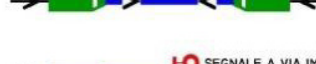

Fonte: Ricci F. "Dispense del Corso di Trasporti Ferroviari, Sapienza, Università di Roma, 2012.



Sono quindi effettuate le verifiche di *libertà* della via (15), analizzando lo stato dei circuiti di binario che compongono l'itinerario, e le verifiche di *esistenza* dell'itinerario (17), controllando che i deviatoio abbiano assunto effettivamente la posizione corrispondente all'itinerario prescelto. E' attivata quindi la condizione di *irrevocabilità* (ossia l'itinerario dovrà essere "consumato", prima di poterne predisporre un altro ad esso incompatibile).

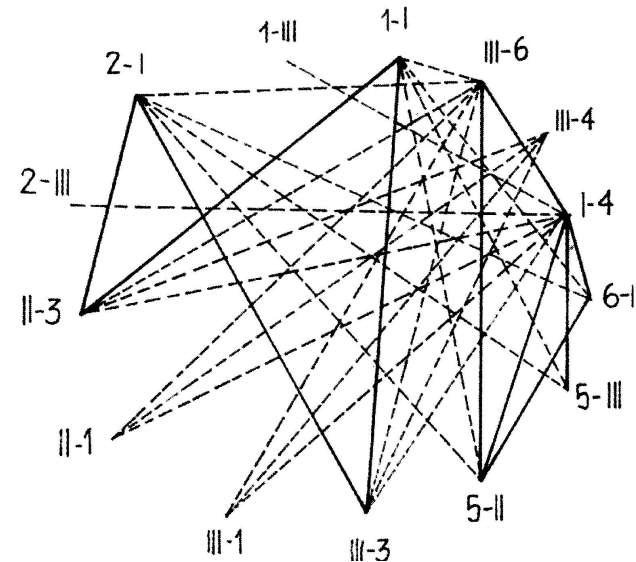
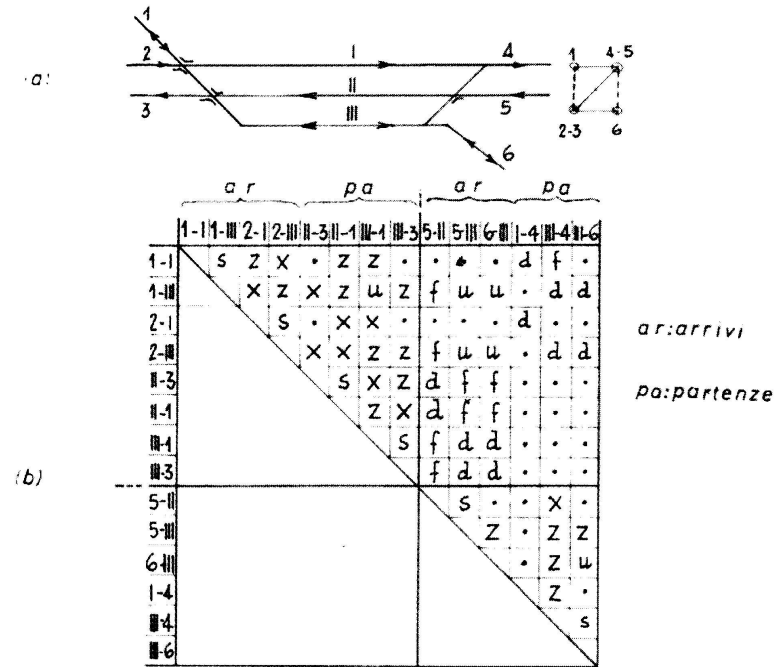
Esempio di matrice degli itinerari

Casi di compatibilità e incompatibilità

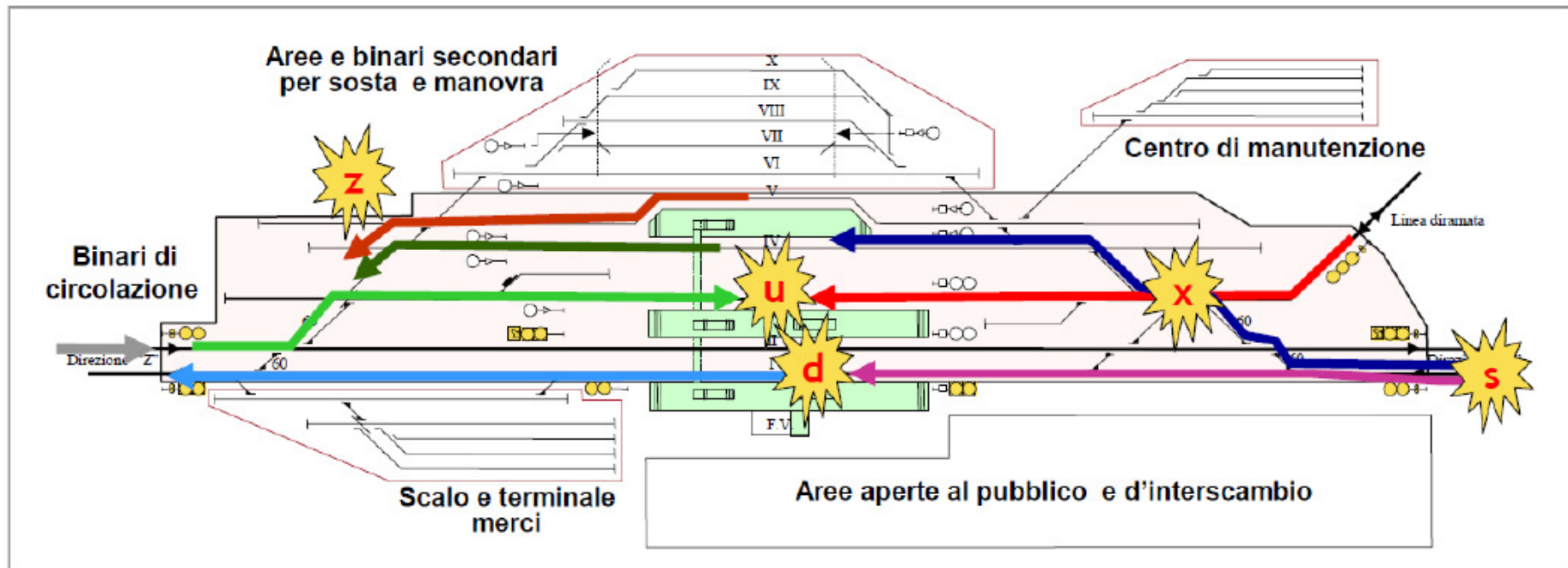
-  **Compatibile**
- x  **Incroccio**
Destinazione comune da origini diverse *Itinerari convergenti*
- z  **z**
Origine comune con destinazione diverse *Itinerari divergenti*
- s  **s**
Origine comune con destinazione diverse *Itinerari divergenti*
- d  **d**
susseguenti
- u  **u**
Scontro frontale
- f  **f**
Destinazione comune ma presenza di segnale a via impedita

Fonte: Corazza G.R. e Malvasi G. "Tecnica della Circolazione", Modulo del Master in Ingegneria delle Infrastrutture e dei Sistemi Ferroviari, Università di Roma La Sapienza, 2013.

Schema di impianto e matrice degli itinerari



Fonte: Mueller in Corazza G.R. e Corazza M.V., "Note sullo sviluppo di un pensiero scientifico originale nelle ferrovie. Parte seconda - La circolazione negli impianti e nelle linee", Ingegneria Ferroviaria n.1, 2020, 5-15.



Tipi di conflitti:

1. Incrocio (x)
2. Destinazione comune da origini diverse – itinerari convergenti (z)
3. Origine comune con destinazioni diverse – itinerari divergenti (s)
4. Scontro frontale (u)
5. Susseguenti (d)

Fonte: "Metodi di analisi della circolazione nelle stazioni", Corso Trasporti Ferroviari, Aerei, Navali, Università degli Studi Roma Tre

MOVIMENTO DEI TRENI NELLE STAZIONI

APPARATI CENTRALI COMPUTERIZZATI - ACC

L' **ACS** (Apparato Centrale Statico), ora è detto **ACC** (Apparato Centrale con Calcolatore), ma anche **NVP** (Nucleo Vitale Periferico, nel caso delle linee ad alta velocità). E' un "**ACEI elettronico**" dove il sistema a relè, proprio degli ACEI, è stato sostituito con elementi **statici (elettronici)**.

L' apparato può operare: tramite **l'azione dell'uomo** su **organi di manipolazione** (mouse, tastiera), **simili** a quelli degli **ACEI**, (pulsanti); **telecomandato** da **posto centrale** (anche gli ACEI tradizionali comunque possono essere telecomandati da posto centrale); tramite **apposito programma di automazione** e regolazione dei treni.



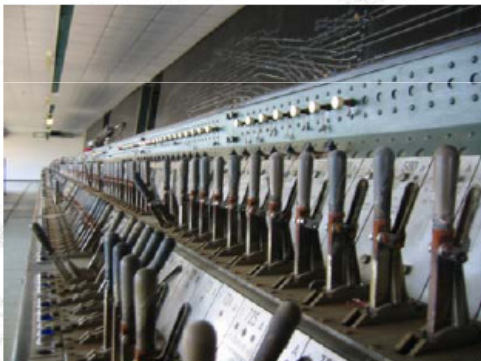
Tutti gli enti di stazione sono sottoposti al controllo di un elaboratore che programma e gestisce il movimento dei convogli prelevando orari ed informazioni da una determinata memoria.

L'apparato è abilitato ad operare sia in *totale autonomia* (delegando all'*operatore* addetto la sola funzione di *controllo e supervisione*), sia in modo *semi automatico* (in cui l'*operatore* dà il *consenso definitivo* dopo che l'apparato ha già predisposto l'itinerario) ed infine in *modalità totalmente manuale* (quando l'itinerario ed i comandi sono *completamente gestiti* dall'*operatore*).

Nell'evoluzione tecnologica dagli ACEI agli ACC **non si verificano** tanto modifiche nella **logica di base** che garantisce la sicurezza dell'esercizio, come per esempio tutte le condizioni che devono essere soddisfatte per il comando di un itinerario, ma si introducono sostanziali **innovazioni tecnologiche** sui dispositivi di comando e controllo, e quindi sulla possibilità di comando e controllo, a distanza, di numerosi enti, e sulla **dimensione dell'area di stazione** che può essere controllata.

dall'ACEI all'ACC

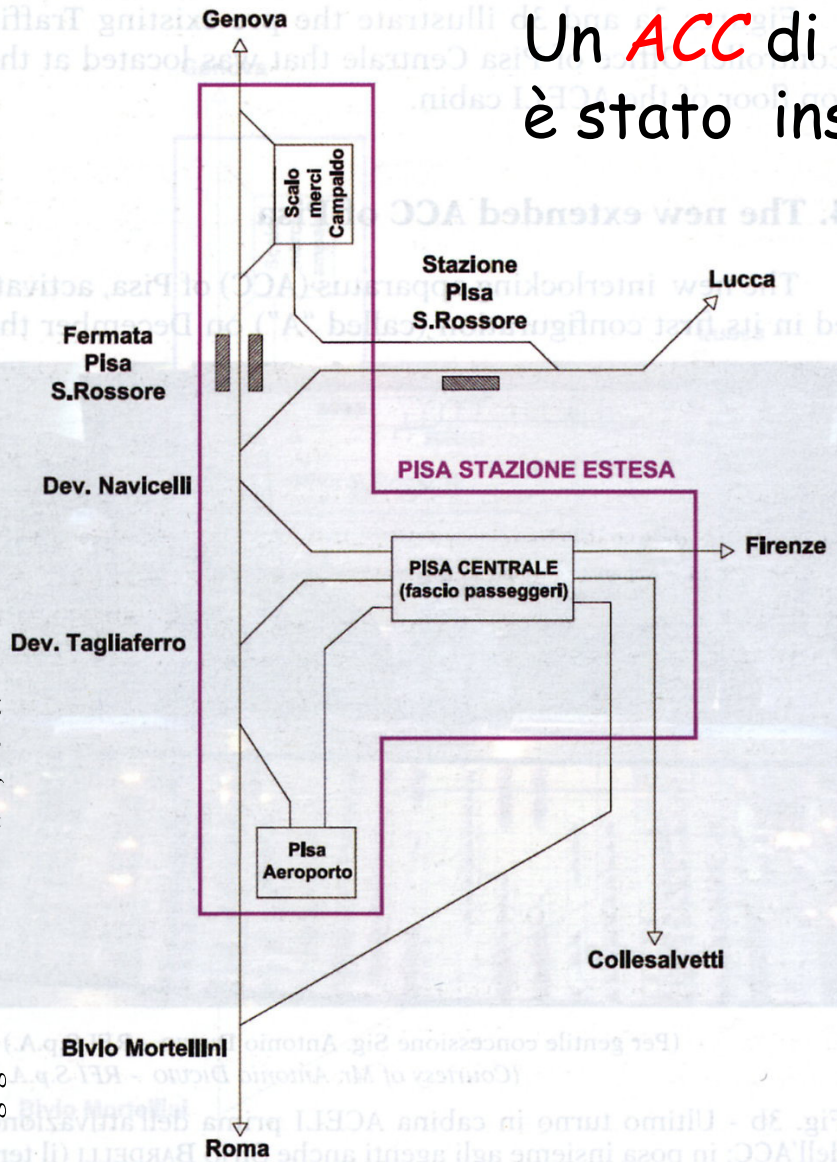
La differenza più evidente tra gli apparati a tecnologia tradizionale rispetto a quella innovativa è la compattezza delle apparecchiature che, nel caso dell'ACC, vede l'utilizzo di calcolatori e schede industriali



Fonte: Di Martire, M., Badini P., "Nuove Tecnologie per la Sicurezza e l'Alta Velocità Ferroviaria", RFI 30 maggio 2007.

ACC sono *vantaggiosi* (rispetto agli ACEI) in termini di *costi* e di *spazi* (vedere slide precedente). Inoltre offrono facilità di riconfigurazione: questa si realizza semplicemente con un *cambiamento del software* (mentre nel caso degli ACEI bisogna cambiare l'hardware). Inoltre è possibile programmare l'utilizzo degli enti di stazioni in situazioni diverse da quelle normalmente previste (ossia derivanti dalla situazione reale della circolazione, diversa rispetto a quella programmata secondo l'orario previsto).

Fonte: Calamai R., Bucarelli F., L'Apparato Centrale Computerizzato (ACC) di Pisa",
Ingegneria Ferroviaria n.11, 2010.



Un **ACC** di ultima generazione è quello che è stato installato a **Pisa**.

L'impianto accorpa le stazioni: di Pisa Centrale, Pisa S. Rossore (accorpava anche Pisa Aeroporto che ora non c'è più) e Scalo Merci di Campaldo, in un unico impianto con l'eliminazione delle tratte di blocco fra le stazioni.

Si parla quindi di **ACCM** (Apparato Centrale Computerizzato **Multistazione**) che oltre a gestire un nodo complesso, con più stazioni, può anche gestire una intera linea.

Schema del **Nodo Ferroviario di Pisa**

Fonte: Calamai R., Bucarelli F., L'Apparato Centrale Computerizzato (ACC) di Pisa",
Ingegneria Ferroviaria n.11, 2010.

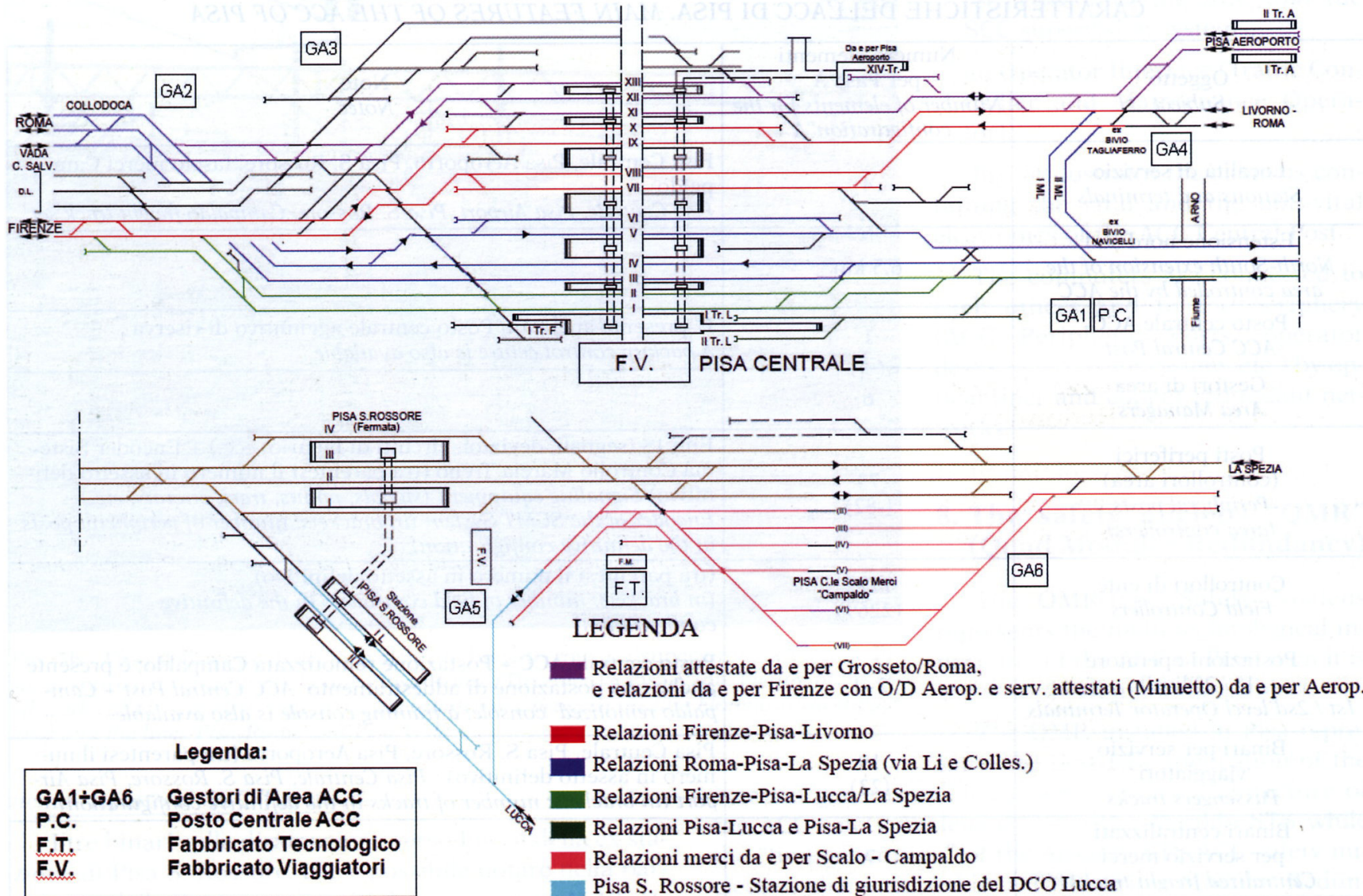


Particolare zona "scavalco"

- linea Genova-Pisa-Roma
- linea Firenze-Pisa-Livorno
- linea Lucca-Pisa-Vada
- collegam. Pisa-Aeroporto

Estensione dell' ACC di Pisa

FUNZIONALITA' STAZIONI ELEMENTARI



Fonte: Calamai R., Bucarelli F., "L'Apparato Centrale Computerizzato (ACC) di Pisa", *Ingegneria Ferroviaria* n.11, 2010.