




**SPECIFICA DEI REQUISITI DI SISTEMA SCMT**

**VOLUME 3 Modello di frenatura per SCMT**

A termine di legge RFI S.p.A. si riserva la proprietà di questo documento che non potrà essere copiato, riprodotto o comunicato a terzi senza specifica autorizzazione

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
D	15 Maggio 2012	Aggiornamento documento	Ricciardi 	Ricciardi 	Bonafè 

**SCMT**

Codifica: **RFI** **TC.PATC** **SR** **CM** **03** **M59** **D**

FOGLIO

2 di 19

## ELENCO DELLE REVISIONI

Rev	Data	Motivo della revisione
A	24 Novembre 2005	Prima emissione
B	22 Gennaio 2007	Implementazione SR ASF_SSB_141_10 Implementazione SR ASF_SSB_109_11
C	31 Ottobre 2009	Risolta inconsistenza nel calcolo della decelerazione (errata - corregge SSB-SCMT-EC-01-V4.5)
D	15 Maggio 2012	Implementazione SR ECM_SSB_001_00

**SCMT**

Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

3 di 19

## INDICE

<b>1</b>	<b>Introduzione.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Contesto.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Riferimenti.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Modello di frenatura a gradino.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Applicazione del modello di frenatura.....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Calcolo di <math>S_C</math>.....</b>	<b>10</b>
6.1	Calcolo di $t_f$ .....	11
6.1.1	Calcolo di $Dt$ .....	11
6.1.2	Calcolo di $t_f'$ .....	13
6.2	Calcolo di $d_i$ .....	15
6.3	Calcolo di $d_p$ .....	15
6.3.1	Calcolo di $K_{AV}$ .....	16
6.3.2	Calcolo di $K_{V0}$ .....	16
6.3.3	Calcolo di $K_C$ .....	17
6.3.4	Calcolo di $K_r$ .....	17
6.3.5	Calcolo di $d_r$ .....	17
6.4	Calcolo di $V_\beta$ .....	18

**SCMT**

Codifica: **RFI** **TC.PATC** **SR** **CM** **03** **M59** **D**

FOGLIO

4 di 19

## **INDICE DELLE FIGURE**

Figura 1 - Rappresentazione del modello a gradino di decelerazione su linea in discesa..... 8

## **INDICE DELLE TABELLE**

## 1 Introduzione

Lo scopo del documento è fornire un Modello di Frenatura da utilizzare per il Sistema Controllo Marcia Treno.

Il modello matematico descritto deriva da quello fornito da Trenitalia - UTMR (rif. [1]) ed introduce rispetto al riferimento alcune semplificazioni, adattamenti ed estensioni (rif. [2]).

Tali modifiche nascono dalle attività (rif. [3] e [4]) di:

- analisi del modello e della sua implementazione;
- integrazione con SCMT, per quel che riguarda gli input utilizzati dal modello stesso e gli output forniti al sistema;
- integrazione con la Normativa sul Segnalamento;
- integrazione con la Normativa di Condotta;
- valutazioni sul livello di sicurezza complessivo del sistema.

L'attività di sperimentazione condotta sui rotabili prototipo e teste di serie, ed i primi ritorni dalle fasi di pre-esercizio scortato e di esercizio hanno consentito di confermare l'opportunità e l'utilità di tali modifiche (rif. [5]).

## 2 Contesto

Il modello è in linea di principio applicabile ad ogni tipologia di treno e di sistema frenante rispondente alla normativa UIC (rif. [6]).

Esso fornisce lo spazio percorso dal treno in seguito ad azionamento della frenatura di emergenza, a partire dall'istante in cui il Sotto Sistema di Bordo SCMT comanda tale azionamento, fino al raggiungimento della velocità obiettivo impostata dal SSB.

Sono esclusi i tempi necessari al sistema nel suo complesso per pervenire a tale comando.

Sono esclusi gli errori introdotti dal sistema di odometria nella misura della velocità istantanea e dello spazio percorso.

Gli spazi calcolati dal modello considerano completamente esclusa la trazione, poiché SCMT comanda il taglio trazione contestualmente all'intervento dell'allerta.

Da questo momento in poi si indicherà con l'espressione "spazio di frenatura" lo spazio calcolato dal modello nelle condizioni descritte.

**SCMT**

Codifica: **RFI** **TC.PATC** **SR** **CM** **03** **M59** **D**

FOGLIO

6 di 19

### 3 Riferimenti

Titolo	Codice	Rev.	Data	Ente emittente
[R1] Modello di frenatura per SCMT ed aspetti correlati	UTMR n° 372387	02	22/10/2001	Trenitalia - UTMR
[R2] Criteri per l'implementazione delle curve di controllo velocità SCMT in coerenza con le velocità massime previste dalle tabelle B - PGOS	UTMR n° 373622	01	22/10/2001	Trenitalia - UTMR
[R3] FS general braking model for ERTMS/ETCS	UTMR n° 373279	01	09/01/2003	Trenitalia - UTMR
[R4] Analisi di compatibilità ed armonizzazione del SCMT con la normativa del segnalamento e la condotta del personale di macchina	RFI TC.PATC ST CM 01 M10	C	07/06/2002	RFI - PATC
[R5] Documentazione di UTMR per la validazione del modello di frenatura				Trenitalia - UTMR
[R6] Brakes – Braking performance	UIC 544-1			UIC

## 4 Modello di frenatura a gradino

Il modello approssima lo sviluppo della frenatura reale del treno distinguendo una fase transitoria ed una fase a regime.

La fase transitoria della frenatura corrisponde alla fase iniziale, durante la quale la depressione nella condotta generale generata dall'azionamento della frenatura si propaga per tutta la lunghezza del treno, azionando i distributori in sequenza, a partire dalla testa del treno.

La fase a regime della frenatura corrisponde alla seconda fase, in cui la frenatura ha raggiunto l'efficienza a regime su tutti gli assi frenanti del treno.

Entrambe le fasi sono caratterizzate da un valore di decelerazione variabile. Durante la prima fase, la decelerazione dovuta alla frenatura è inizialmente nulla, a causa dei ritardi caratteristici del freno, e poi cresce progressivamente, man mano che gli assi iniziano a frenare. Durante la seconda fase la decelerazione varia in funzione della velocità istantanea del treno, in base alle caratteristiche specifiche degli organi frenanti. In entrambe le fasi si possono inoltre avere variazioni nella decelerazione dovute ad una serie di fattori casuali e sistematici.

Il modello adottato considera due fasi della frenatura. Durante la prima fase la decelerazione dovuta alla frenatura è considerata nulla. Durante la seconda è considerata costante per tutto lo sviluppo della frenatura, al raggiungimento della velocità obiettivo.

Il profilo di decelerazione rappresentato in funzione del tempo e prodotto dalla frenatura, secondo il modello è una funzione a gradino.

I grafici rappresentano schematicamente, a partire dall'istante di inizio frenatura, l'andamento della velocità in funzione dello spazio percorso ed, in corrispondenza, della decelerazione in funzione del tempo.

È stato rappresentato il caso di linea in discesa, con decelerazione negativa dovuta alla pendenza.

Nella prima fase la velocità può variare, a partire dal valore iniziale  $V_i$ , in funzione della decelerazione  $d_i$  determinata dalla pendenza della linea. Dopo un tempo  $t_f$  termina la prima fase, durante la quale la velocità si è portata al valore  $V_\beta$ , ed inizia la seconda fase della frenatura, caratterizzata dalla presenza della decelerazione  $d_p$  dovuta alla frenatura.

Nel grafico sono rappresentate, qualitativamente, anche il presumibile andamento della velocità reale del treno in funzione dello spazio percorso ed il presumibile andamento della decelerazione reale del treno in funzione del tempo.

SCMT

Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

8 di 19

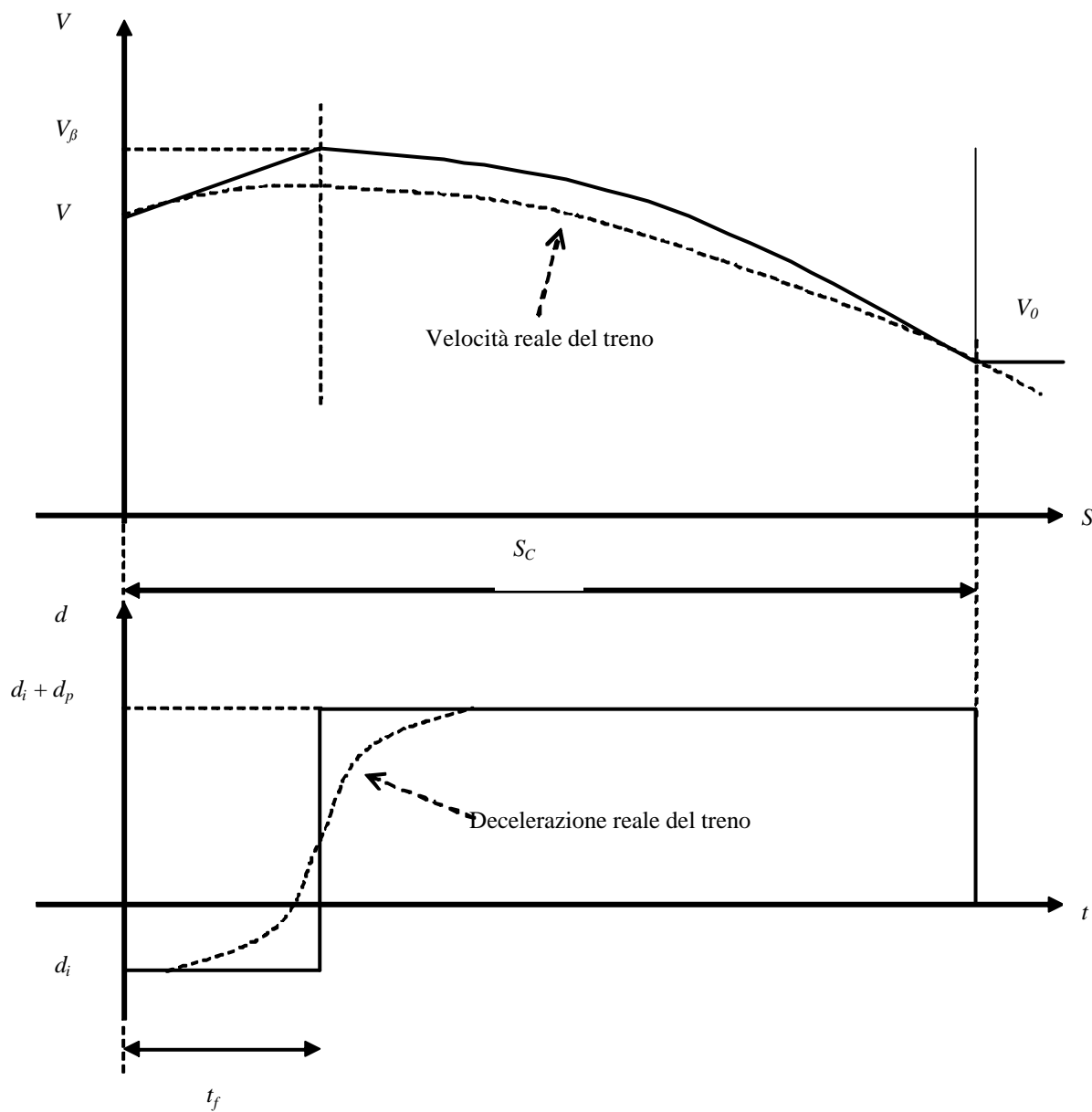


Figura 1 - Rappresentazione del modello a gradino di decelerazione su linea in discesa



## 5 Applicazione del modello di frenatura

Il modello matematico fornisce lo spazio di frenatura in funzione di una serie di variabili e di parametri, che sono descritti nelle apposite tabelle.

Nelle tabelle che seguono i parametri sono generalmente espressi nelle unità di misura del sistema internazionale MKS, salvo ove diversamente specificato.

Nelle formule tutte le grandezze devono essere espresse, eventualmente mediante opportuna conversione, secondo il sistema internazionale MKS.

Ad esempio i tempi sono espressi in s (secondi), gli spazi in m (metri) e le decelerazioni in  $m/s^2$ ; le velocità sono espresse in km/h, e devono ovviamente essere convertite in m/s per essere utilizzate nei calcoli.

Le principali variabili di ingresso del modello sono le velocità iniziale ed obiettivo, la percentuale di peso frenato, la lunghezza del treno e la pendenza della linea, i cui campi di variabilità sono riassunti in tabella.

Variabile	Simbolo	Intervallo di definizione	Passo
Velocità iniziale	$V$	$[ 0 ; V_{R \max} ]$ km/h	1
Velocità obiettivo	$V_0$	$[ 0 ; V_{R \max} ]$ km/h	1
Percentuale di peso frenato	$I$	$[ 45 ; 160 ]$	5
Lunghezza del treno	$L$	$[ 0 ; 1000 ]$	1
Pendenza della linea	$i$	$[ -0,035 ; 0,035 ]$	0,001

Il campo di variazione per il valore di velocità iniziale  $V$  del treno è funzione del parametro di configurazione Regime  $R$ , che può assumere i valori  $E$  (Esercizio) o  $P$  (Prova), e non deve superare il valore  $V_{R\max}$  così definito:

$$V_{R \max} = \begin{cases} V_{RE} & \text{se } R = E \\ V_{RP} & \text{se } R = P \end{cases}$$

con

Parametro	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$V_{RE}$	260 km/h	$[ 0 ; 400 ]$	1
$V_{RP}$	310 km/h	$[ 0 ; 400 ]$	1

**SCMT**

Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

10 di 19

I campi di variabilità degli altri parametri del modello sono definiti volta per volta nelle tabelle.

L'intervallo di validità relativamente alla velocità istantanea del treno è definito in base al regime di circolazione nel seguente modo:

Parametro	Simbolo	Intervallo di validità	Unità di misura
Velocità	$V$	$0 \leq V \leq V_{R\max}$	km/h

## 6 Calcolo di $S_c$

Lo spazio di frenatura  $S_c$ , espresso in m, è dato da:

$$S_c = (h + t_f) \cdot V_b + \frac{V_b^2 - V_0^2}{2 \cdot (d_p + d_i)}$$

dove:

$t_f$  è il tempo durante il quale il modello assume che la decelerazione dovuta alla frenatura sia nulla;

$V_b$  è una velocità calcolata a partire dalla velocità  $V$  che il treno ha nell'istante in cui il SSB comanda l'azionamento della frenatura;

$V_0$  è la velocità obiettivo (se richiesto dalla logica di gestione delle curve di frenatura, questo valore deve comprendere il margine operativo necessario);

$d_p$  è la decelerazione a regime prodotta dalla frenatura;

$d_i$  è la decelerazione prodotta dalla pendenza della linea (positiva in salita);

$h$  è il tempo di ritardo proprio del SSB SCMT, definito nella seguente tabella:

Parametro	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$h$	0,7	[ 0,0 ; 2,0 ]	0,1

**Nota 1** Se risulta  $V_b \leq V_0$ , il calcolo di  $S$  è comunque eseguito per applicare con continuità il controllo marcia treni ( Si veda il documento *Blocco Procedurale Applicazione del Controllo*

SCMT

Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

11 di 19

*Marcia Treni* paragrafo *Gestione di un Punto Obiettivo a velocità non nulla*). In questa situazione ed in particolare per  $V_{treno} < V_0$ , il valore di  $S$  può perdere il proprio originale significato fisico (spazio necessario per portare la velocità treno da  $V_{treno}$  a  $V_0$ ), poiché l'obiettivo di velocità è già raggiunto.

dove  $V_0$  è la velocità obiettivo nominale (nel caso in cui la logica di gestione delle curve di frenatura da parte del SSB richieda l'uso di una velocità obiettivo comprensiva di un opportuno margine operativo, nelle verifiche richieste non deve essere incluso tale margine).

**Nota 2** Se risulta  $V_b > V_0$ , nel calcolo di  $S$  è necessario verificare la condizione  $d_p > -d_i$  poiché garantisce che forza frenante del treno è superiore a quella trainante imposta da un'eventuale discesa ed in caso contrario generare un errore fatale ( codice identificazione errore *Errore\_Test\_Interni*). Tuttavia le caratteristiche delle linee e dei rotabili e la normativa di esercizio impediscono il verificarsi della condizione predetta.

dove  $V_0$  è la velocità obiettivo nominale (nel caso in cui la logica di gestione delle curve di frenatura da parte del SSB richieda l'uso di una velocità obiettivo comprensiva di un opportuno margine operativo, nelle verifiche richieste non deve essere incluso tale margine).

## 6.1 Calcolo di $t_f$

Il tempo  $t_f$  durante il quale il modello assume che nessuna forza sia applicata ai freni è dato da:

$$t_f = D_t \cdot t_f'$$

dove:

$D_t$  è un coefficiente che differenzia l'approccio ad obiettivi a velocità non nulla;

$t_f'$  è il tempo di ritardo da associare alla propagazione della depressione in condotta generale;

### 6.1.1 Calcolo di $D_t$

Risulta:

$$D_t = \begin{cases} D_{tA} & \text{se } (V_0 > 0) \text{ e } (V_0 \leq V < V_0 + D_v) \\ D_{tB} & \text{altrimenti} \end{cases}$$

con

**SCMT**

Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

12 di 19

$$D_{tA} = \begin{cases} D_{tA,V} & \text{se } TipoTreno = Viaggiatori \\ D_{tA,MP} & \text{se } TipoTreno = Merci \quad TipoFreno = Viaggiatori \\ D_{tA,G} & \text{se } TipoTreno = Merci \quad TipoFreno = Merci \end{cases}$$

$$D_{tB} = \begin{cases} D_{tB,V} & \text{se } TipoTreno = Viaggiatori \\ D_{tB,MP} & \text{se } TipoTreno = Merci \quad TipoFreno = Viaggiatori \\ D_{tB,G} & \text{se } TipoTreno = Merci \quad TipoFreno = Merci \end{cases}$$

e

$$D_V = \begin{cases} D_{A,V} + D_{B,V} \cdot V_0 & \text{se } TipoTreno = Viaggiatori \\ D_{A,MP} + D_{B,MP} \cdot V_0 & \text{se } TipoTreno = Merci \quad TipoFreno = Viaggiatori \\ D_{A,G} + D_{B,G} \cdot V_0 & \text{se } TipoTreno = Merci \quad TipoFreno = Merci \end{cases}$$

(V= viaggiatori, M = merci, P = passengers, G = goods)

$V_0$  è la velocità obiettivo nominale (dunque, nel caso in cui la logica di gestione delle curve di frenatura da parte del SSB richieda l'uso di una velocità obiettivo comprensiva di un opportuno margine operativo, nel calcolo di  $D_t$  non deve essere incluso tale margine).

I parametri  $D_{tA,V}$ ,  $D_{tA,MP}$ ,  $D_{tA,G}$ ,  $D_{tB,V}$ ,  $D_{tB,MP}$ ,  $D_{tB,G}$ ,  $D_{A,V}$ ,  $D_{B,V}$ ,  $D_{A,MP}$ ,  $D_{B,MP}$ ,  $D_{A,G}$ ,  $D_{B,G}$ , sono definiti nella seguente tabella:

Parametri	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$D_{tA,V}$	0,00	[0,2]	0,01
$D_{tA,MP}$	0,30	[0,2]	0,01
$D_{tA,G}$	0,30	[0,2]	0,01
$D_{tB,V}$	1,00	[0,2]	0,01
$D_{tB,MP}$	1,00	[0,2]	0,01
$D_{tB,G}$	1,00	[0,2]	0,01
$D_{A,V}$	30 km/h	[0,260] km/h	1
$D_{B,V}$	0	[-1,1]	0,01
$D_{A,MP}$	20 km/h	[0, 260] km/h	1

**SCMT**

Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

13 di 19

Parametri	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$D_{B,MP}$	0	[-1,1]	0,01
$D_{A,G}$	15 km/h	[0, 260] km/h	1
$D_{B,G}$	0	[-1,1]	0,01

### 6.1.2 Calcolo di $t_f'$

Risulta:

$$t_f' = \begin{cases} t_{fV} & \text{se } TipoFreno = Viaggiatori \\ MAX(t_{fV}, t_{fM}) & \text{se } TipoFreno = Merci \end{cases}$$

con

$$t_{fV} = a_V + b_V \cdot \frac{LFrenCalc \cdot (1 - EP)}{100} + c_V \cdot \left[ \frac{LFrenCalc \cdot (1 - EP)}{100} \right]^2$$

$$t_{fM} = a_M + b_M \cdot \frac{LFrenCalc}{100} + c_M \cdot \left( \frac{LFrenCalc}{100} \right)^2$$

$$EP = \begin{cases} 1 & \text{se } FrenoElettroPneumatico = efficiente \\ 0 & \text{se } FrenoElettroPneumatico = inefficiente \end{cases}$$

dove:

$EP$  vale **1** in presenza di freno elettropneumatico inserito ed efficiente; **0** in caso di freno elettropneumatico assente, disinserito o inefficiente.

I parametri  $a_V$ ,  $b_V$ ,  $c_V$ ,  $a_M$ ,  $b_M$ ,  $c_M$  sono definiti nella seguente tabella.

Parametri	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$a_V$	3,50	[ 0,00 ; 20,00]	0,01
$b_V$	0,00	[ -2,00 ; 2,00]	0,01
$c_V$	0,15	[ -1,00 ; 1,00]	0,01
$a_M$	13,50	[ 0,00 ; 20,00]	0,01
$b_M$	0,00	[ -2,00 ; 2,00]	0,01

**SCMT**

Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

14 di 19

Parametri	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$c_M$	0,04	[-1,00 ; 1,00]	0,01

$LFrenCalc$  è il parametro lunghezza treno utilizzato; questo è calcolato in base al parametro di configurazione  $LFren$ .

$L$  è il dato lunghezza treno.

Il parametro  $LFren$  deve poter assumere i seguenti valori:

$$LFren = \begin{cases} LT \\ LD \end{cases}$$

Parametro	Valore di prima ipotesi	Valori ammissibili
$LFren$	$LD$	$LD, LT$

Se  $LFren = LT$  allora  $LFrenCalc = L$ .

Se  $LFren = LD$  allora  $LFrenCalc$  assume i seguenti valori:

$$LFrenCalc = \begin{cases} L_v & \text{se } TipoTreno = Viaggiatori \\ L_{MP} & \text{se } TipoTreno = Merci \quad TipoFreno = Viaggiatori \\ L_G & \text{se } TipoTreno = Merci \quad TipoFreno = Merci \end{cases}$$

dove:

$LT$  è la lunghezza reale del treno inserita dal PdC nei dati treno

I parametri  $L_v$ ,  $L_{MP}$ ,  $L_G$ , sono definiti nella seguente tabella:

Parametri	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$L_v$	650 m	[0,2000]	1
$L_{MP}$	650 m	[0,2000]	1
$L_G$	1000 m	[0,2000]	1

**SCMT**

Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

15 di 19

**Nota 1** Il parametro  $LFrenCalc$  deve anche essere utilizzato per il calcolo del tempo  $t_x$  necessario per le curve di allerta delle funzioni Controllo rispetto ai Segnali Fissi, Controllo Rispetto alla Linea e Controllo rispetto ai Rallentamenti.

**Nota 2** L'accesso alle tabelle PGOS e  $K_r$  deve avvenire con la vera lunghezza treno impostata nei dati treno ( $L$ ).

## 6.2 Calcolo di $d_i$

Il valore di decelerazione dovuta alla pendenza della linea è data da:

$$d_i = \begin{cases} K_{i1} \cdot g \cdot i & \text{se } i > i_1 \\ K_{i2} \cdot g \cdot i & \text{se } i_2 < i \leq i_1 \\ K_{i3} \cdot g \cdot i & \text{se } i \leq i_2 \end{cases}$$

dove:

$g$  è l'accelerazione di gravità, pari a  $9,81 \text{ m/s}^2$ ;

$i$  è la pendenza della linea, espressa come numero puro, positiva in salita;

I coefficienti  $K_{i1}$ ,  $K_{i2}$  e  $K_{i3}$  e le soglie  $i_1$  e  $i_2$  sono utilizzate per contemplare il contributo delle inerzie dovute alle masse rotanti.

I valori sono definiti nella seguente tabella.

Parametri	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$K_{i1}$	0,90	[ 0,80 ; 1,20 ]	0,01
$K_{i2}$	1,00	[ 0,80 ; 1,20 ]	0,01
$K_{i3}$	1,1	[ 0,80 ; 1,20 ]	0,01
$i_1$	0,000	[ 0,000 ; 0,035 ]	0,001
$i_2$	-0,021	[ -0,035 ; 0,000 ]	0,001

## 6.3 Calcolo di $d_p$

**SCMT**

Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

16 di 19

Il valore di decelerazione costante, dovuto alla frenatura, utilizzato dal modello nella fase di frenatura a regime è:

$$d_p = K_{AV} \cdot K_{V0} \cdot K_C \cdot K_r \cdot d_r$$

dove:

$K_{AV}$  è un coefficiente di protezione per alte velocità;

$K_{V0}$  è un coefficiente di protezione rispetto alle velocità obiettivo non nulle;

$K_C$  è un coefficiente di protezione che tiene conto del diverso livello di protezione da offrire al variare della velocità e dell'integrazione con la normativa;

$K_r$  è un coefficiente di protezione che tiene conto della dispersione delle prestazioni frenanti intorno al valore medio ed è definito tenendo conto dell'integrazione con la normativa e le esigenze dell'esercizio;

$d_r$  è il valore di decelerazione nominale legato alla percentuale di peso frenato del treno.

### 6.3.1 Calcolo di $K_{AV}$

Risulta:

$$K_{AV} = \begin{cases} K_{AV1} & \text{se } V \leq V_{AV} \\ K_{AV2} & \text{se } V > V_{AV} \end{cases}$$

con

Parametri	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$K_{AV1}$	1,00	[ 0,30 ; 1,5 ]	0,01
$K_{AV2}$	0,80	[ 0,30 ; 1,5 ]	0,01
$V_{AV}$	260 km/h	[ 0 , 300 ]	1

### 6.3.2 Calcolo di $K_{V0}$

Risulta:

$$K_{V0} = 1 - c_r \cdot \frac{V_0}{V}$$

dove:

$V$  è la velocità iniziale;



**SCMT**

 Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

17 di 19

$V_0$  è la velocità obiettivo come specificato in § 6;

$c_r$  è definito nella seguente tabella:

Parametri	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$c_r$	0,05	[ 0,00 , 0,10 ]	0,01

### 6.3.3 Calcolo di $K_c$

Risulta:

$$K_c = \begin{cases} 1 & \text{se } V \leq V_c \\ 1 + n_c \cdot (V - V_c) & \text{se } V > V_c \end{cases}$$

I valori dei parametri  $n_c$  e  $V_c$  sono definiti nella seguente tabella:

Parametri	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$n_c$	$0,001 \text{ (km/h)}^{-1}$ $0,001 * 3,6 \text{ (m/s)}^{-1}$	[ - 0,010 ; 0,010 ]	0,001
$V_c$	150 km/h	[ 0 ; 400 ]	5

### 6.3.4 Calcolo di $K_r$

I valori di  $K_r$  da utilizzare sono forniti al SSB sotto forma di tabelle facenti parte dei parametri di configurazione del rotabile.

Sono associati ai valori di velocità massima ammessa (tabelle PGOS). Pertanto il loro valore dipende da:

- percentuale di peso frenato;
- grado di frenatura della linea;
- tipo di freno;
- tipo di treno.

### 6.3.5 Calcolo di $d_r$

Risulta:

$$d_r = \begin{cases} A \cdot I + B & \text{se } V \leq V_L \\ (A \cdot I + B) \cdot [1 - C \cdot (V - V_L)] & \text{se } V > V_L \end{cases}$$

**SCMT**

 Codifica: **RFI TC.PATC SR CM 03 M59 D**

FOGLIO

18 di 19

dove:

$$V_L = x \cdot I^y$$

 I valori di  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $x$ ,  $y$ , sono dati nella seguente tabella:

Parametri	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$A$	0,00685	Reale	-
$B$	0,094	Reale	-
$C$	$0,0021 \text{ (km/h)}^{-1}$ $0,0021 * 3,6 \text{ (m/s)}^{-1}$	Reale	-
$x$	16,17 km/h 16,17 / 3,6 m/s	Reale	-
$y$	0,443	Reale	-

## 6.4 Calcolo di $V_b$

La velocità  $V_b$  caratterizza il comportamento del treno nella fase transitoria, durante la quale il modello assume che nessuna forza frenante sia applicata alle ruote.

Risulta:

$$V_b = \begin{cases} V - d_i \cdot (t_f + h) & \text{se } V - K_d \cdot d_i \cdot (t_f + h) > V_0 \\ V_0 & \text{se } V - K_d \cdot d_i \cdot (t_f + h) \leq V_0 \end{cases}$$

dove:

 $V$  è la velocità iniziale;

 $V_0$  è la velocità obiettivo come specificato in § 6;

 $h$  è definito in § 6;

 $t_f$  è definito in § 6.1;

 $d_i$  è definito in § 6.2;

 Il parametro  $K_d$  è definito nella seguente tabella:

**SCMT**

Codifica: **RFI** **TC.PATC** **SR** **CM** **03** **M59** **D**

FOGLIO

19 di 19

Parametro	Valore di prima ipotesi	Intervallo di definizione	Passo
$K_d$	1	[ 0 ; 1 ]	0,05