

Università degli Studi di Napoli Federico II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
-Ingegneria-
Corso di Laurea Triennale in
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio
(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile ed Ambientale 38/S)
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
Tesi di Laurea Triennale in
Tecnica ed Economia dei Trasporti (ICAR/05)

ABSTRACT

NUOVE TECNOLOGIE DI SEGNALAMENTO: STRATEGIE DI GUIDA PER LA RIDUZIONE DEI CONSUMI DI TRAZIONE

Relatore:

Prof. Ing. Vincenzo Torrieri

Correlatori:

Ing. Gregorio Corapi

Ing. Deborah Sanzari

Candidata:

Maria Bianca Meo

N49/000006

Anno Accademico 2012-2013

NUOVE TECNOLOGIE DI SEGNALAMENTO: STRATEGIE DI GUIDA PER LA RIDUZIONE DEI CONSUMI DI TRAZIONE

• Extra Time

• Strategia di Energy Saving

• Applicazione:
il caso della linea Cumana



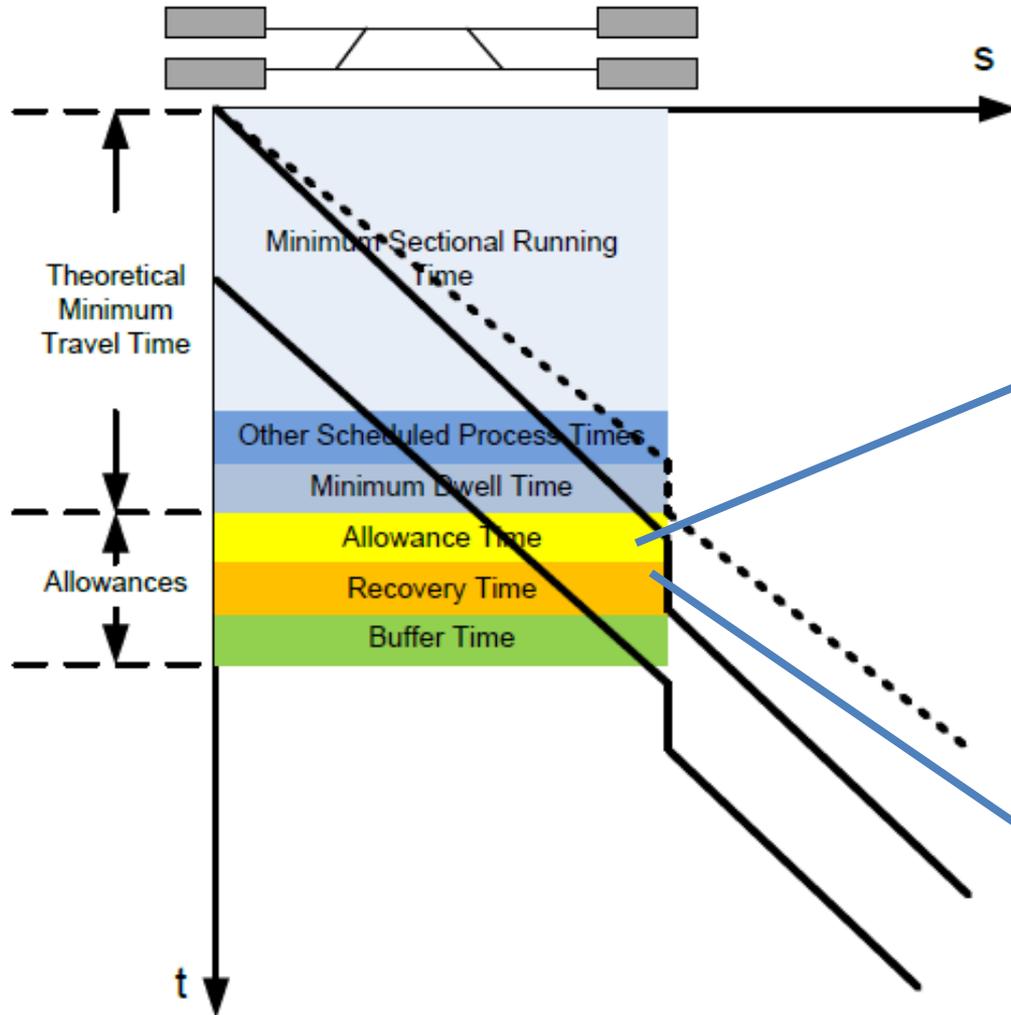
Extra Time

- ❖ Necessità di analizzare la robustezza del timetable per l'introduzione delle *nuove tecnologie di segnalamento* con principio del blocco mobile
- ❖ Definizione di un Extra Time che garantisce la robustezza voluta

**Compensare
eventuali ritardi**

**Attuare strategie di
Energy Saving**

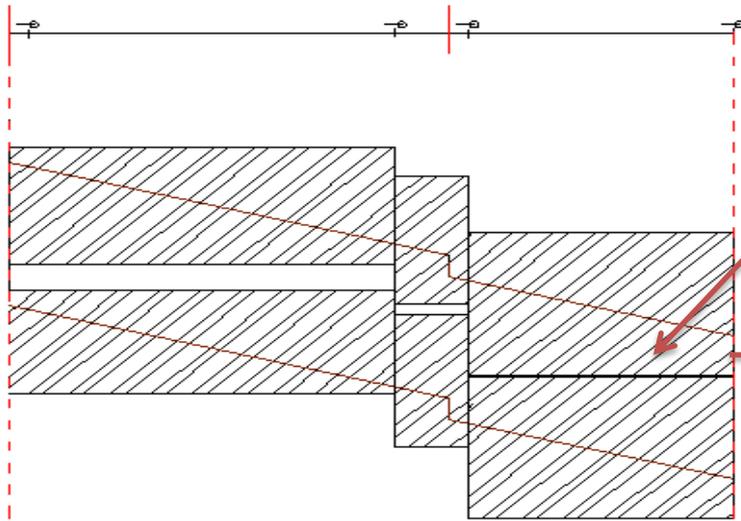
Extra Time



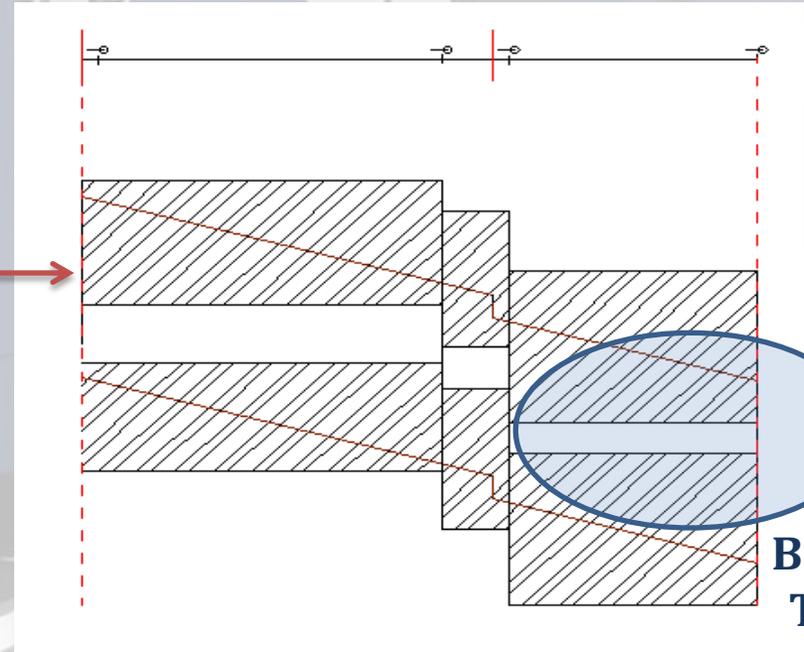
ALLOWANCE TIME
tempo di "tolleranza" necessario per garantire determinati tempi di percorrenza e di sosta che inevitabilmente sono condizionati da eventi di natura stocastica.

RECOVERY TIME
Per compensare eventuali ritardi iniziali (3-7% del tempo di percorrenza minimo). Si progetta il timetable all'80% della V_{max}

Buffer Time



Diagrammi a blocco attaccati



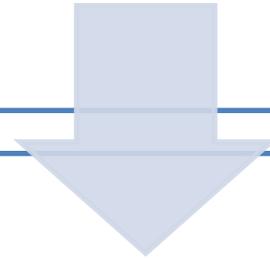
E' stata raggiunta la massima capacità della linea. Aumentando il cadenzamento non si è più al massimo della capacità ma si recupera l'intervallo di tempo "Buffer Time".

In questo caso esiste capacità non utilizzata

Utilizzo del Reserve Time per CBTC



Sistemi di segnalamento evoluti con
trasmissione continua dei dati,
CBTC
Computer Based Train Control:
possibilità di adattare il profilo di
marcia in tempo reale nel caso di
servizio irregolare
(ritardi o perdite di segnale)



Utilizzo dell'Extra Time al
fine di implementare strategie
di guida
Energy Saving
se il servizio è regolare

Energy Saving Strategy

Strategia di guida in risparmio energetico

Se non vi sono ritardi è possibile implementare strategia di guida a risparmio energetico utilizzando parte dell'Extra Time



Aumento dei tempi di percorrenza minimi



Modifica dei profili di marcia attraverso l'introduzione di regimi di coasting (marcia in assenza di sforzo di trazione) o variazione di parametri come la velocità massima



Minore energia consumata durante la marcia del treno:

- ❖ Attenzione alla tematica ambientale, maggiore efficienza energetica del sistema
- ❖ Riduzione dei costi per l'azienda di trasporto

Energy Saving con introduzione di coasting

Singolo treno in condizioni indisturbate

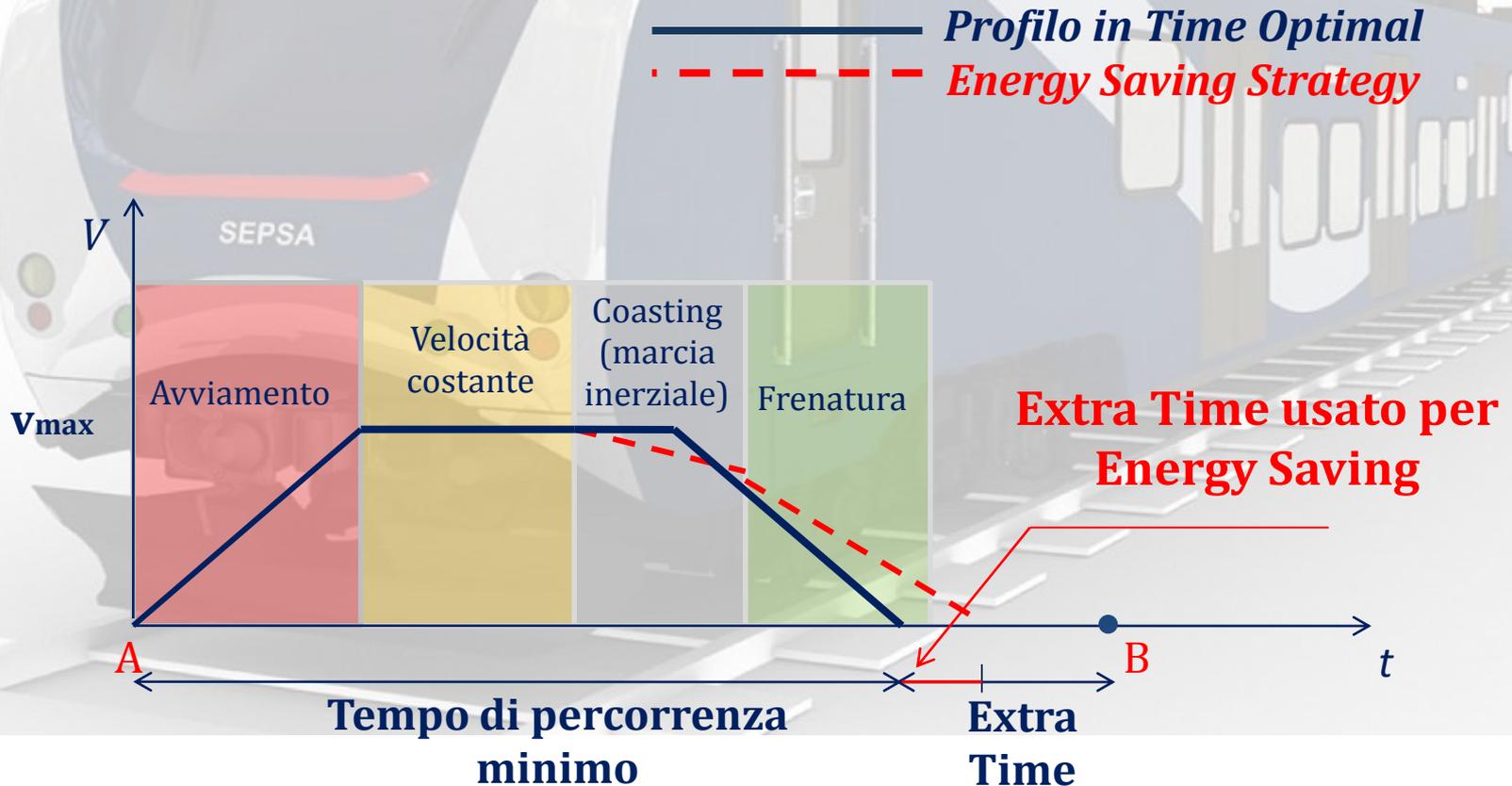
Tempo di percorrenza pianificato = Tempo di percorrenza minimo + Extra Time



Energy Saving con introduzione di coasting

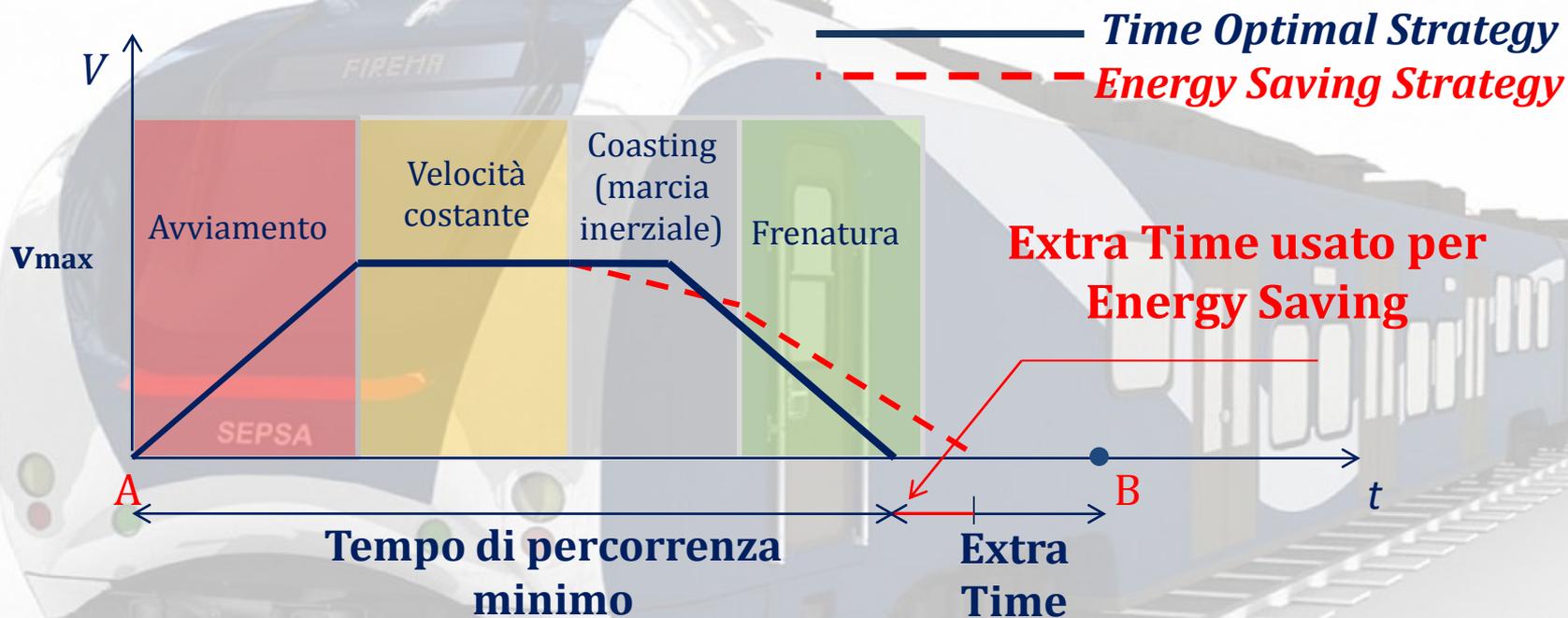
Singolo treno in condizioni indisturbate

Tempo di percorrenza pianificato = Tempo di percorrenza minimo + Extra Time



Energy Saving con introduzione di coasting

Singolo treno in condizioni indisturbate



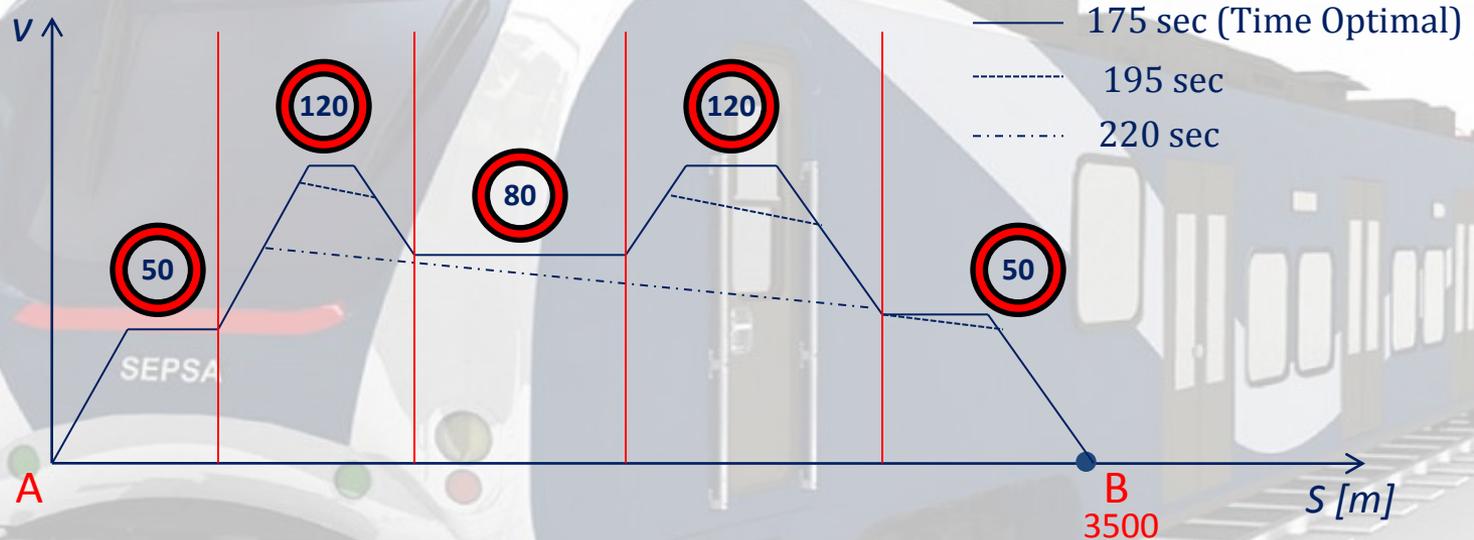
L'ExtraTime serve a recuperare eventuali ritardi minimi che si hanno durante le operazioni di marcia

Se il ritardo alla partenza *maggiore* dell'Extra Time -> Time Optimal Strategy

Se il ritardo alla partenza *minore* dell'Extra Time -> Energy Saving Strategy

Energy Saving con riduzione di velocità massima

Esempio di regimi differenti lungo il tracciato



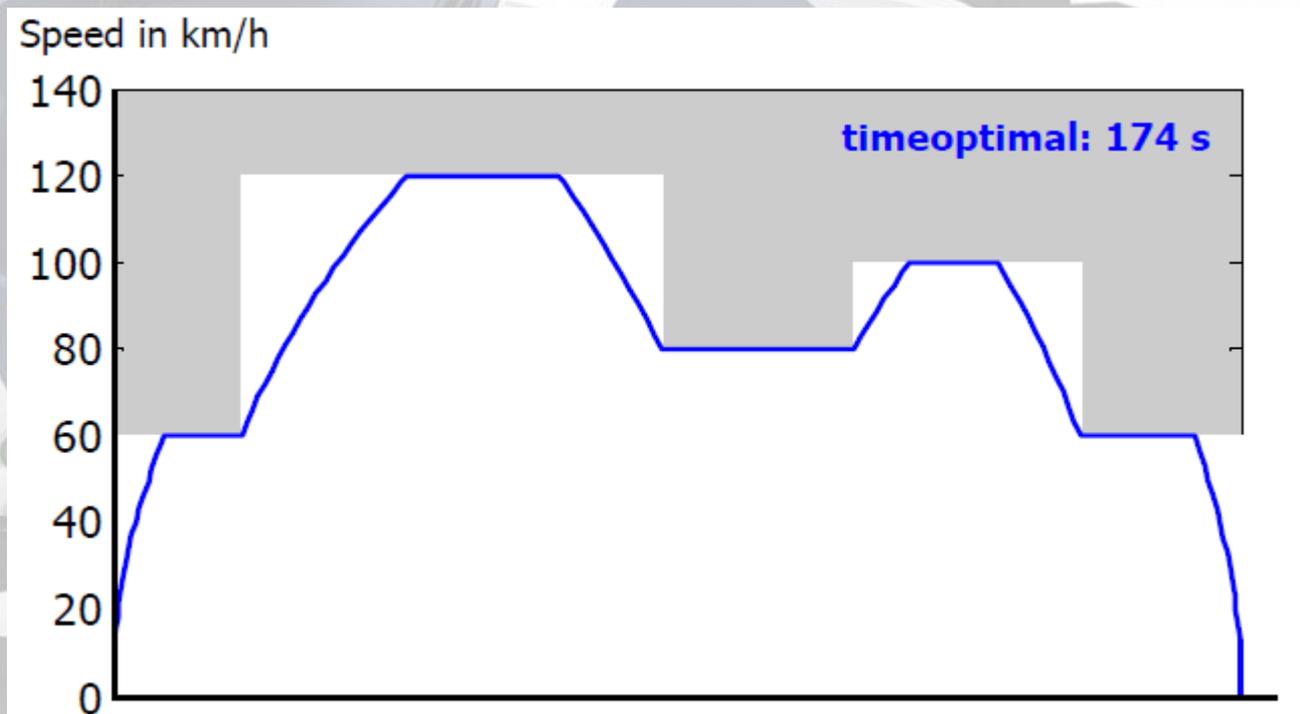
Se si hanno sottosezioni con diverse velocità massime e con pendenze costanti:

❖ L'Extra Time viene ripartito tra le varie sottosezioni

❖ Massimizzazione del rapporto $\Delta E / \Delta T$
(Decremento di energia / incremento tempi) per ogni sotto sezione

Energy Saving con riduzione di velocità massima

Profilo di marcia in Time Optimal

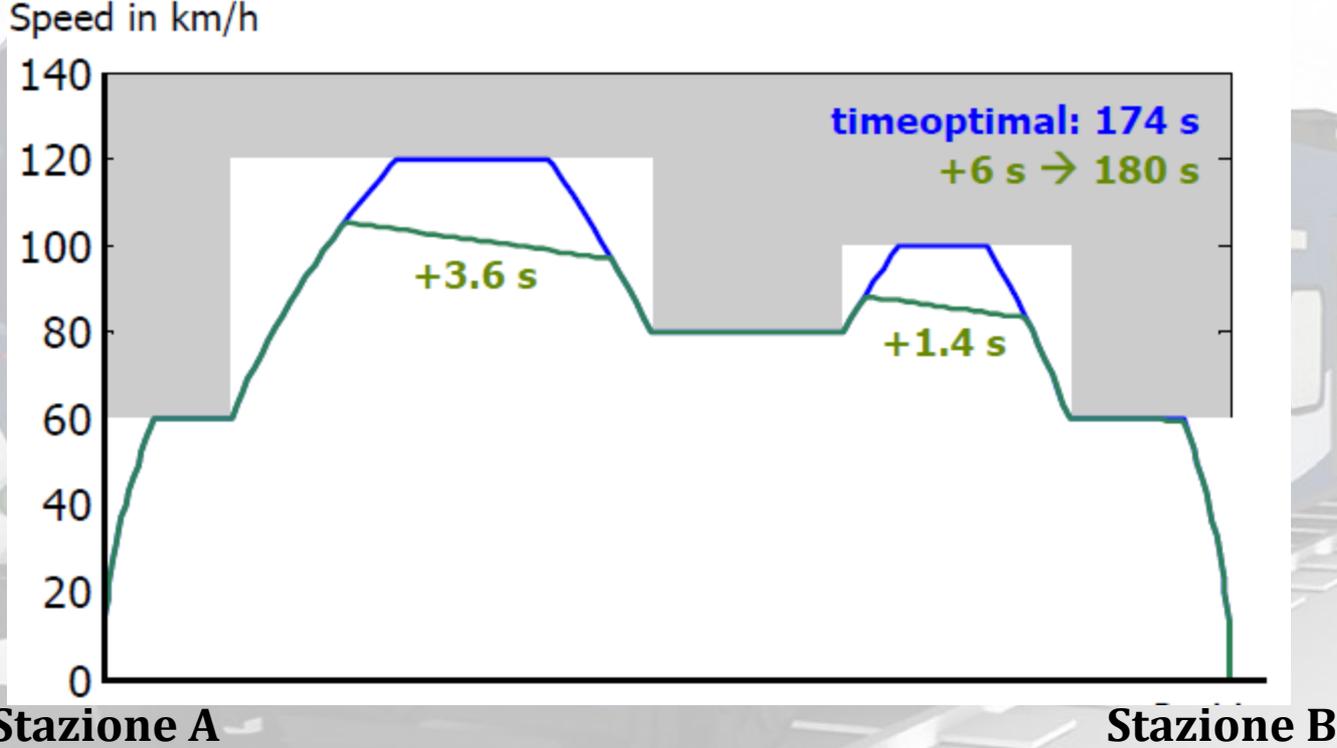


Stazione A

Stazione B

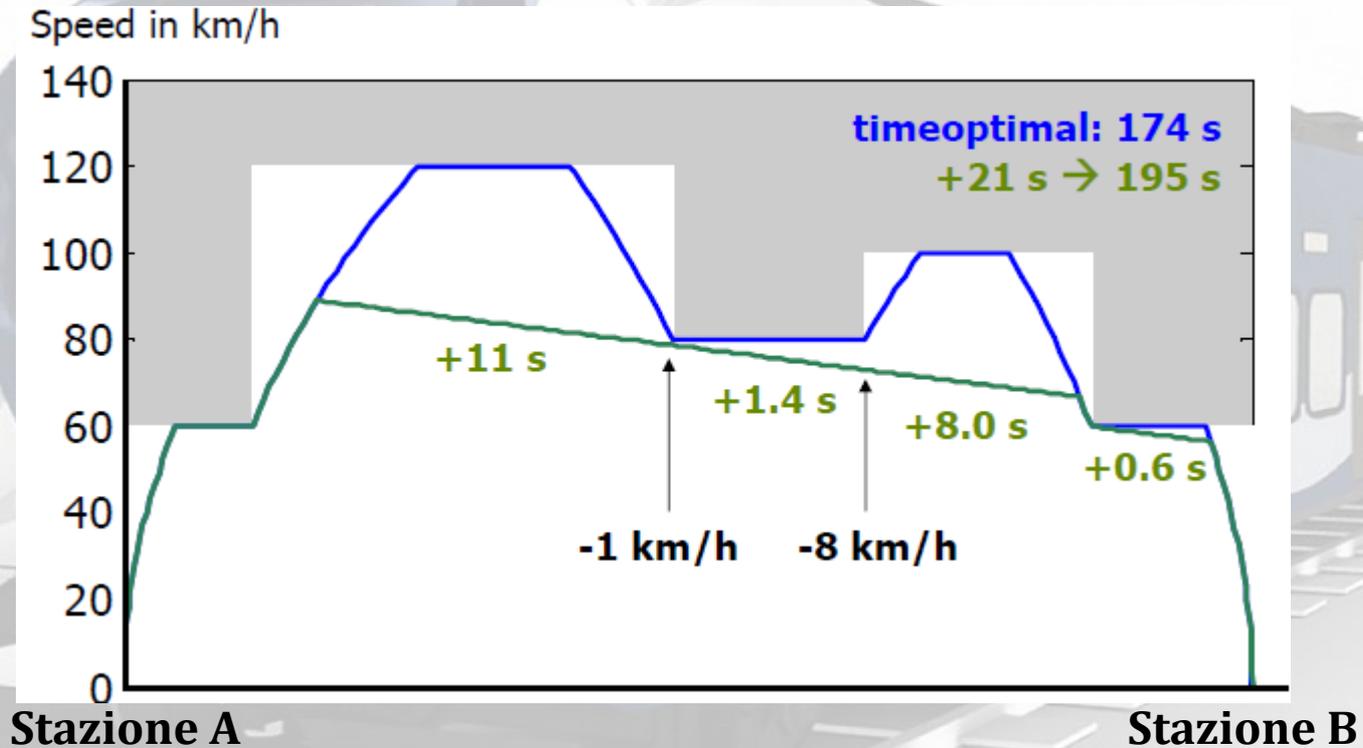
Energy Saving con riduzione di velocità massima

Profilo di marcia in Energy Saving



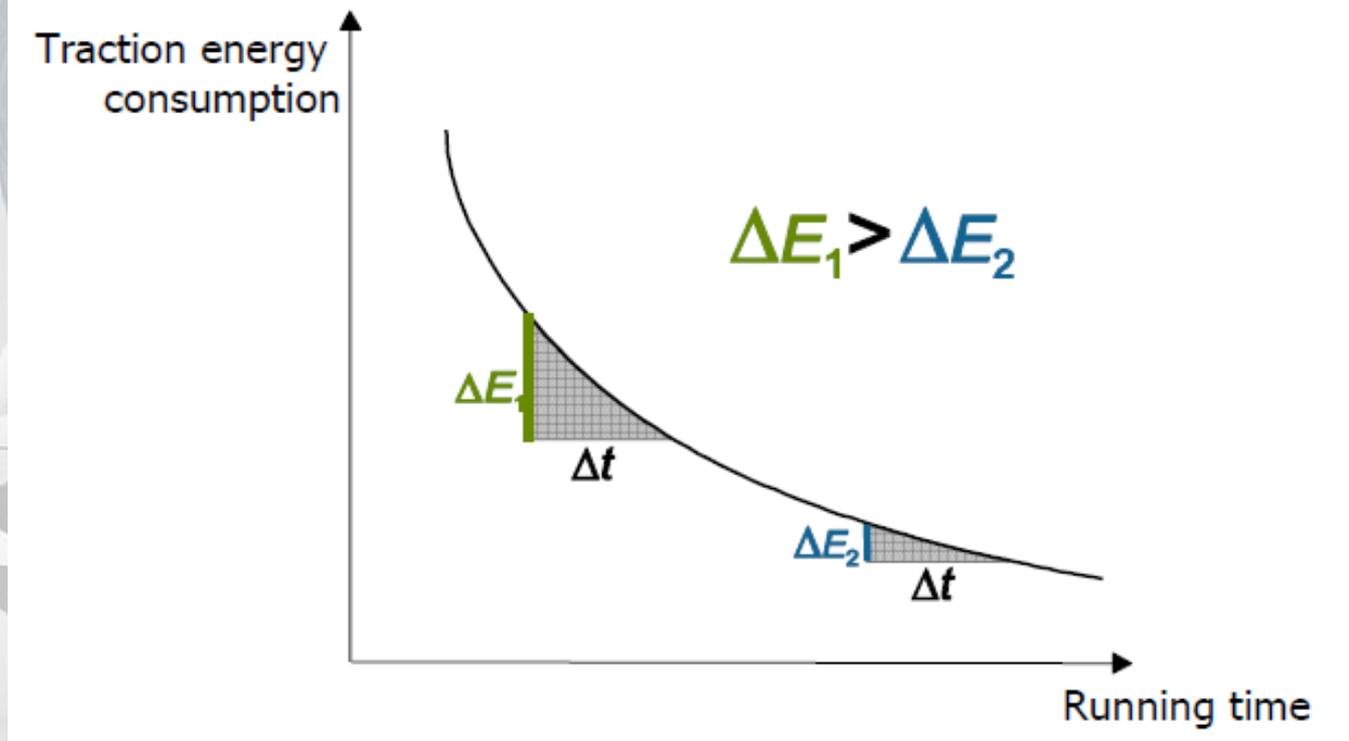
Energy Saving con riduzione di velocità massima

Profilo di marcia in Energy Saving



Energy Saving Strategy

Il risparmio di energia al variare del tempo di percorrenza



Energy Saving Strategy

Condotta di guida compatibile con strategie di efficienza energetica

Problema dell'applicazione pratica delle strategie di Energy Saving:

- ❖ Driver Training
- ❖ Sistemi di Supporto ai Macchinisti
- ❖ Esperienza

Tener conto del ruolo fondamentale dei macchinisti

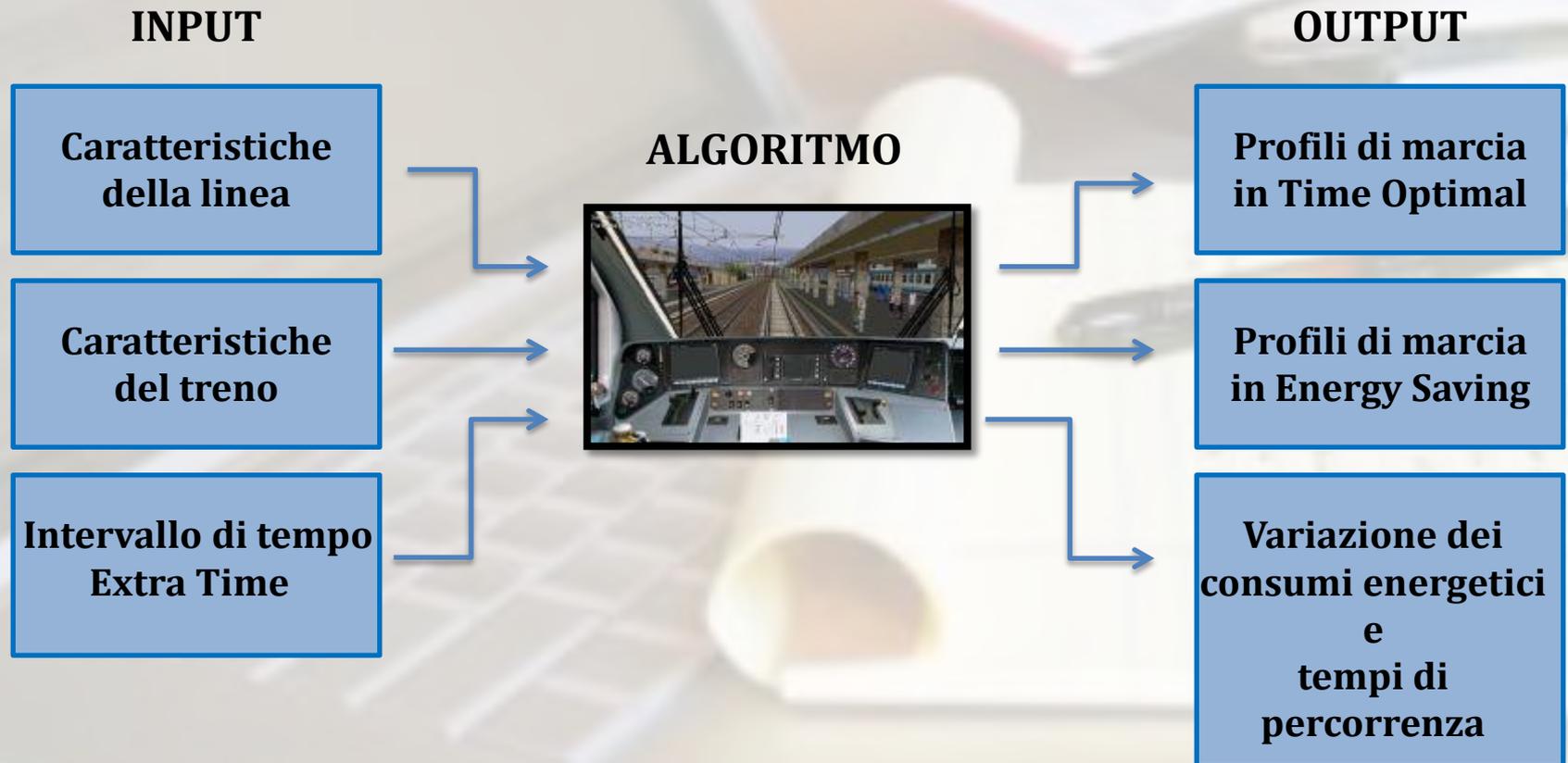
Applicazione: il caso della linea Cumana



Studio della possibilità di utilizzo di un Extra Time ricavato da una precedente analisi di stabilità e robustezza di un timetable al fine di definire delle strategie di Energy Saving per la linea Cumana dell'azienda di trasporto S.E.P.S.A.

Applicazione: il caso della linea Cumana

Generazione di profili di marcia tramite applicazione in C++



Applicazione: il caso della linea Cumana

1. Strategia di Energy Saving con introduzione fase di coasting

STRATEGIA ES 1 v_{max} 80 km/h con coasting					
TRATTE	ΔT %	ΔE (-%)	TRATTE	ΔT %	ΔE (-%)
Torregaveta - Fusaro	2,4	15,9	Montesanto- C.V.E.	8,2	26,8
Fusaro - Baia	0,1	1,1	C.V.E. - Fuorigrotta	0,2	1,5
Baia - Lucrino	2,2	14,9	Fuorigrotta - Mostra	1,2	18,6
Lucrino - Arco Felice	2,4	16,1	Mostra - Edenlandia	0,1	2,0
Arco Felice - Cantieri	0,1	4,0	Edenlandia - Agnano	3,4	39,1
Cantieri - Pozzuoli	0,3	4,2	Agnano - Bagnoli	9,3	55,3
Pozzuoli - Cappuccini	1,5	11,7	Bagnoli - Dazio	1,0	8,3
Cappucini - Gerolomini	0,2	9,5	Dazio - Gerolomini	0,7	8,3
Gerolomini - Dazio	0,9	9,7	Gerolomini - Cappuccini	0,2	9,5
Dazio - Bagnoli	4,2	21,7	Cappuccini - Pozzuoli	1,4	11,5
Bagnoli - Agnano	13,8	17,1	Pozzuoli - Cantieri	0,6	8,4
Agnano - Edenlandia	5,9	40,5	Cantieri - Arco Felice	0,1	1,4
Edenlandia - Mostra	0,2	4,3	Arco Felice - Lucrino	1,9	13,5
Mostra - Fuorigrotta	1,4	18,9	Lucrino - Baia	2,5	16,0
Fuorigrotta - C.V.E.	4,1	30,0	Baia - Fusaro	0,0	1,2
C.V.E.-Montesanto	7,6	25,8	Fusario - Torregaveta	2,0	13,9
INTERA LINEA	6,0	16,9	INTERA LINEA	9,3	19,0

Applicazione: il caso della linea Cumana

2. Strategia di Energy Saving con riduzione velocità massima ($v_{max} = 70$ km/h)

STRATEGIA ES 2 v_{max} 70 km/h con coasting					
TRATTE	ΔT %	ΔE (-%)	TRATTE	ΔT %	ΔE (-%)
Torregaveta - Fusaro	23,0	45,6	Montesanto- C.V.E.	24,7	46,4
Fusaro - Baia	14,1	40,0	C.V.E. - Fuorigrotta	1,9	9,4
Baia - Lucrino	1,9	27,2	Fuorigrotta - Mostra	1,6	26,9
Lucrino - Arco Felice	3,5	29,8	Mostra - Edenlandia	2,8	28,2
Arco Felice - Cantieri	5,9	40,5	Edenlandia - Agnano	3,4	39,1
Cantieri - Pozzuoli	13,8	57,1	Agnano - Bagnoli	9,3	55,3
Pozzuoli - Cappuccini	16,8	42,6	Bagnoli - Dazio	7,9	32,7
Cappucini - Gerolomini	6,9	33,8	Dazio - Gerolomini	6,3	32,8
Gerolomini - Dazio	1,6	26,8	Gerolomini - Cappuccini	1,5	26,7
Dazio - Bagnoli	6,5	31,8	Cappuccini - Pozzuoli	1,4	11,5
Bagnoli - Agnano	14,3	29,8	Pozzuoli - Cantieri	5,7	32,8
Agnano - Edenlandia	6,4	49,6	Cantieri - Arco Felice	2,5	27,7
Edenlandia - Mostra	11,6	38,5	Arco Felice - Lucrino	10,0	36,6
Mostra - Fuorigrotta	11,0	21,6	Lucrino - Baia	11,7	38,4
Fuorigrotta - C.V.E.	5,1	35,4	Baia - Fusaro	2,1	27,5
C.V.E.-Montesanto	11,5	28,3	Fusario - Torregaveta	10,3	36,9
INTERA LINEA	11,0	35,7	INTERA LINEA	14,5	38,6

Applicazione: il caso della linea Cumana

3. Strategia di Energy Saving con riduzione velocità massima ($v_{\max} = 60$ km/h)

STRATEGIA ES 2 v_{\max} 60 km/h con coasting					
TRATTE	ΔT %	ΔE (-%)	TRATTE	ΔT %	ΔE (-%)
Torregaveta - Fusaro	25,1	54,2	Montesanto- C.V.E.	29	48,1
Fusaro - Baia	16,8	44,0	C.V.E. - Fuorigrotta	16,6	45,5
Baia - Lucrino	15,9	47,6	Fuorigrotta - Mostra	5,7	45,7
Lucrino - Arco Felice	24,4	54,3	Mostra - Edenlandia	8,0	46,6
Arco Felice - Cantieri	10,4	47,7	Edenlandia - Agnano	3,5	39,1
Cantieri - Pozzuoli	16,9	60,4	Agnano - Bagnoli	6,0	45,5
Pozzuoli - Cappuccini	20,8	45,6	Bagnoli - Dazio	17,0	50,0
Cappucini - Gerolomini	7,3	45,7	Dazio - Gerolomini	15,0	50,0
Gerolomini - Dazio	16,4	50,8	Gerolomini - Cappuccini	5,6	45,6
Dazio - Bagnoli	18,1	51,3	Cappuccini - Pozzuoli	1,5	16,9
Bagnoli - Agnano	15,8	47,6	Pozzuoli - Cantieri	14,9	50,1
Agnano - Edenlandia	6,9	50,5	Cantieri - Arco Felice	7,3	46,2
Edenlandia - Mostra	13,4	47,4	Arco Felice - Lucrino	21,7	52,8
Mostra - Fuorigrotta	12,0	45,9	Lucrino - Baia	25,2	54,2
Fuorigrotta - C.V.E.	15,1	35,1	Baia - Fusaro	7,0	46,1
C.V.E.-Montesanto	29,3	48,9	Fusario - Torregaveta	22,2	53,1
INTERA LINEA	18,5	46,3	INTERA LINEA	22,6	48,3

Applicazione: il caso della linea Cumana

Analisi della robustezza in funzione dell'aumento del tempo di percorrenza

All'aumentare dei tempi di percorrenza si ha diminuzione robustezza.
Limite max di Extra Time disponibile:

$$\Delta t = 40 \text{ s per ogni tratta}$$

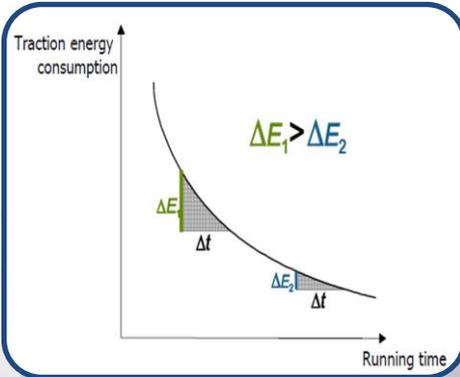
Definizione di 3 strategie per l'implementazione della condotta di guida Energy Saving

direzione Montesanto-Torregaveta			
STRATEGIA ES	Vmax (km/h)	ΔT %	ΔE (-%)
1	80	6,0	16,9
2	70	11,0	35,7
3	60	18,5	46,3

direzione Torregaveta-Montesanto			
STRATEGIA ES	Vmax	ΔT %	ΔE (-%)
1	80	9,3	19,0
2	70	14,5	38,6
3	60	22,6	48,3

Possibilità di sfruttare in tutto o in parte i 40 secondi al fine di realizzare strategie di Energy-Efficient Driving

Conclusioni



L'aumento dei tempi di percorrenza permette una diminuzione dell'energia di trazione utilizzata per la marcia dei treni

L'abbassamento della velocità massima incide di più rispetto all'introduzione delle fasi di coasting per quanto riguarda la diminuzione dei consumi energetici *perché le tratte sono brevi*

L'aumento dei tempi di percorrenza può avere un impatto sulla domanda di trasporto, per cui si ritiene necessaria un'eventuale analisi costi-benefici