

Giornata studio
Il sistema integrato dei trasporti nell'area del Mediterraneo
II Modulo

**Ricerca, Innovazione, Analisi e Prospettive socio-economiche nell'ambito del progetto di
infrastrutturazione ferroviaria dei Paesi MED**

Bari, 23 giugno 2011

Gallerie Ferroviarie e Metropolitane:
Analisi del Rischio e studio degli scenari con
metodi innovativi

Pasquale Colonna

Nicola Berloco

Enrico Ronchi



Politecnico di Bari



Team di Ricerca

1 Prof. Pasquale Colonna

Docente di “Gestione, Manutenzione e Sicurezza delle infrastrutture di viabilità”
già Direttore del Dipartimento di Vie e Trasporti, Politecnico di Bari
Membro del CIFI Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani
Membro della SIG Società Italiana Gallerie

2 Prof. Nicola Berloco

Docente di “Progetto di Viabilità in Sotterraneo”, Politecnico di Bari

3 Ing. Enrico Ronchi

Dottorando del Politecnico di Bari
Visiting Researcher Universidad de Cantabria – Santander (Spagna)
Visiting Researcher Università di Lund (Svezia)

Sommario

1 La normativa italiana

2 L'analisi del rischio

3 La sicurezza nelle gallerie ferroviarie

I pedoni

l'evacuazione

4 Le simulazioni con modelli computazionali

cosa sono

a cosa servono

i modelli utilizzati

riduzione della probabilità di incidente

riduzione dell'intensità delle conseguenze

5 Esempi di applicazioni condotte

6 Conclusioni

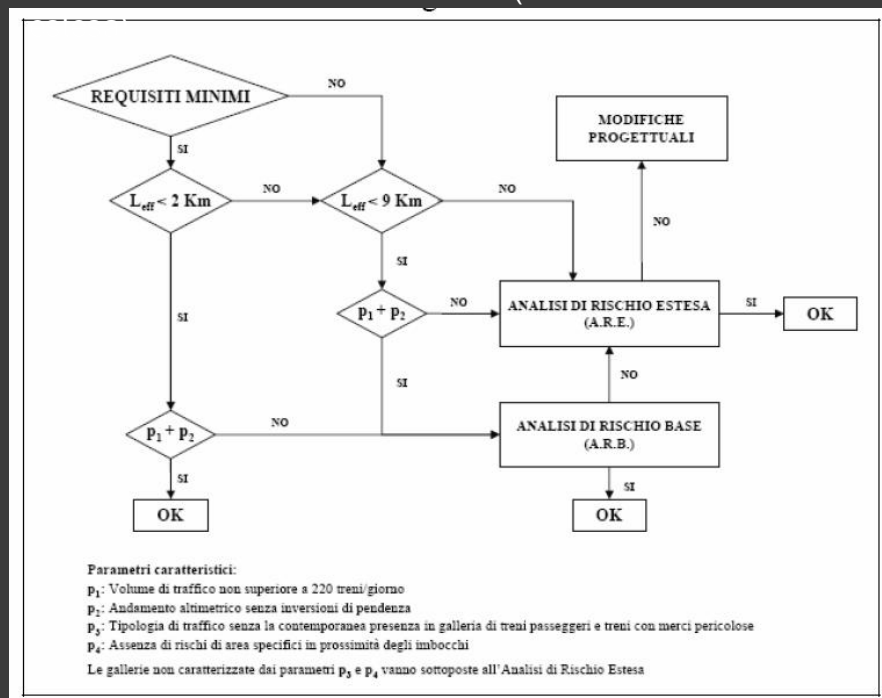
7 Bibliografia

La normativa italiana

Il D.M. del 28 ottobre 2005 sancisce la necessità di valutare il livello di sicurezza nelle gallerie ferroviarie, in particolare in seguito ad incidenti derivanti da collisioni, deragliamenti ed incendi.

Secondo il D.M. le gallerie possono essere suddivise in:

- Gallerie che necessitano dei soli requisiti minimi
- Gallerie che necessitano di ARB (analisi di rischio base)
- Gallerie che necessitano di ARE (analisi di rischio



Obiettivi specifici del Decreto:



Prevenire gli incidenti
Limitare gli effetti degli incidenti
Favorire l'autosoccorso e/o l'esodo
Consentire un rapido ed efficace intervento



Novità introdotte dal D.M.



ANALISI DEL RISCHIO
SIMULAZIONE DELL'ESODO

L'analisi del rischio

Il D.M. del 28/10/2005 definisce un incidente ferroviario come:

Evento, o serie di eventi, non intenzionali che causano danni a persone, a cose e all'ambiente ovvero la disfunzione di un sistema o di un servizio

IL RISCHIO DI INCIDENTE →

RIDUZIONE DEL RISCHIO →

POSSIBILI SOLUZIONI →

$$R = p \times I$$

Riduzione delle
probabilità di
accadimento

Riduzione delle
intensità connesse
all'evento

Strategie e tecnologie
atte a PREVENIRE
l'evento

Strategie e tecnologie
atte a MITIGARE
le conseguenze

L'analisi del rischio



La sicurezza nelle gallerie ferroviarie: i pedoni

Differenze di Comportamento



spazi chiusi

differente percezione visiva

differenti condizioni di illuminazione

differenti condizioni meteorologiche

eventuale senso di oppressione

differente percezione della pendenza longitudinale.....



risulta difficoltoso condurre comparazioni omogenee



l'intensità degli incidenti in sotterraneo (es. incendio) può essere notevolmente più elevata

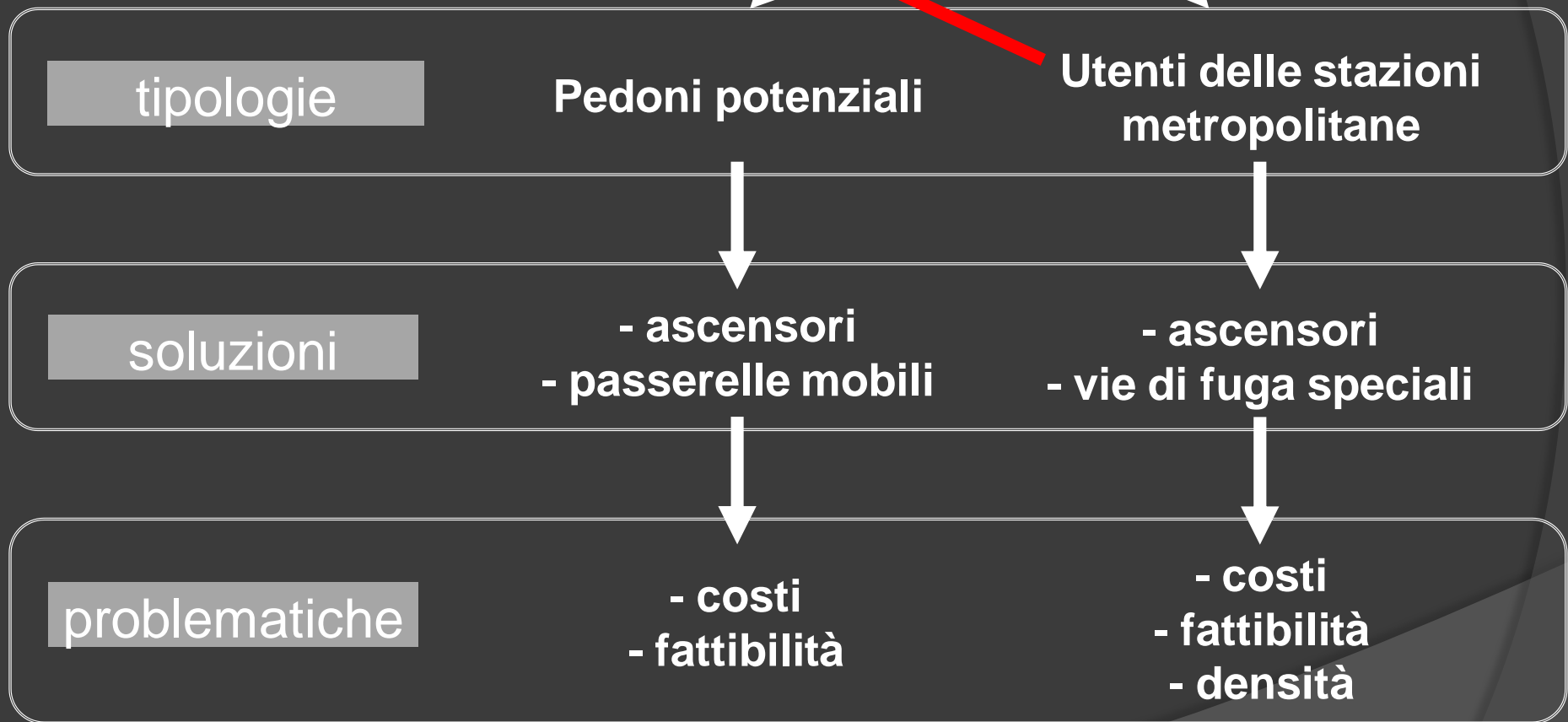


NECESSITÀ DI ANALIZZARE E GESTIRE MEGLIO L'INTERO SISTEMA

La sicurezza nelle gallerie ferroviarie: i pedoni

Il problema delle metropolitane è di primario interesse per le Ferrovie, in quanto gestiscono alcune reti metropolitane

PEDONI



La sicurezza nelle gallerie ferroviarie: evacuazione

I tragici eventi (incendi e attacchi terroristici) all'interno di infrastrutture sotterranee avvenuti negli ultimi 10 anni con relative gravi conseguenze sugli utenti hanno spinto verso lo studio più approfondito di questa scienza nell'ambito delle infrastrutture sotterranee.



Lo studio dei problemi relativi all'evacuazione può essere affrontato attraverso metodi prescrittivi, esercitazioni antincendio o **simulazioni computazionali**

Le simulazioni con modelli computazionali

Cosa Sono

Tecnologie software per la simulazione dei processi di evacuazione.

A cosa servono

1) Riduzione della
probabilità di incidente



Utilizzazione del metodo
prestazionale per la
valutazione e l'ottimizzazione
delle soluzioni progettuali
riguardanti la sicurezza a
partire dall'analisi degli
scenari di rischio

2) Riduzione dell'intensità
delle conseguenze



Simulazione dei processi di
evacuazione per l'ottimizzazione
delle procedure di emergenza in
caso di incidente. I modelli
vengono utilizzati come sistemi
di supporto alle decisioni (*DSS*
Decision support systems)

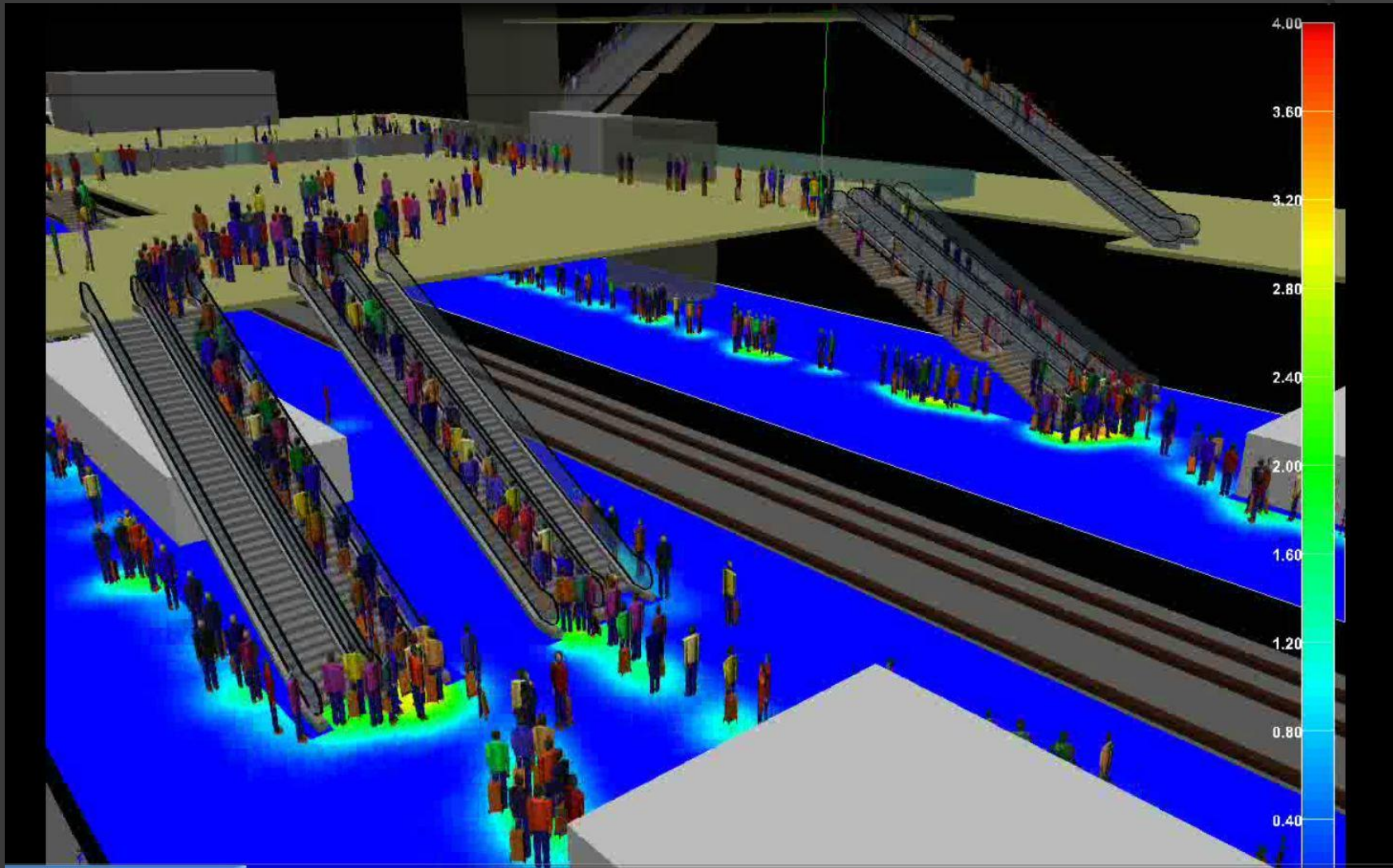
Esempi di applicazioni condotte

TIEMPO 0:50
PERSONAS EN LA ESTACION 2128
PERSONAS EVACUADAS 172



• Archivo GIDAI, Universidad de Cantabria

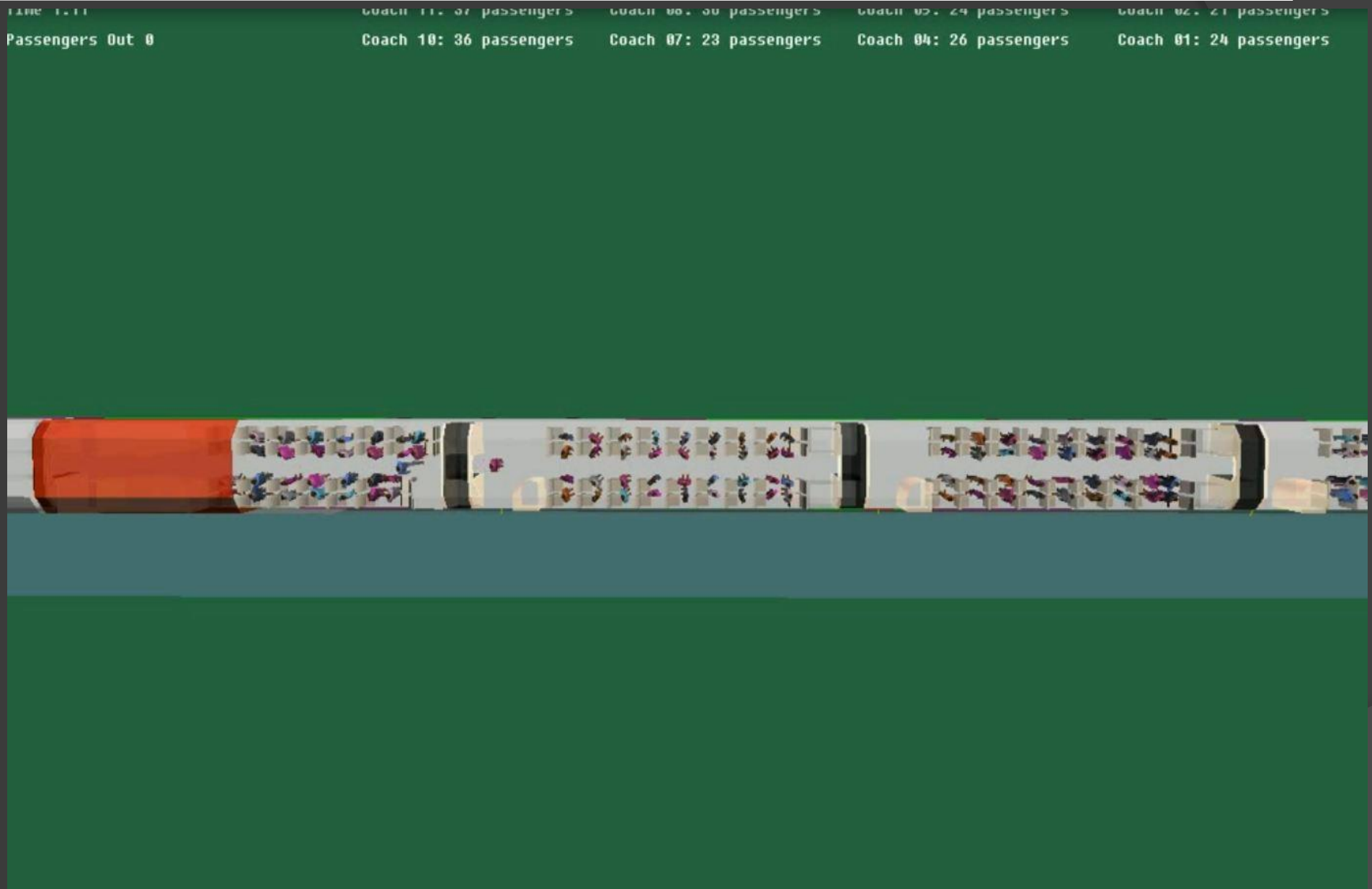
Esempi di applicazioni condotte



• Archivio GIDAI, Universidad de Cantabria

P.Colonna, N.Berlolo, E.Ronchi

Esempi di applicazioni condotte



•Archivio GIDAI, Universidad de Cantabria

Esempi di applicazioni condotte

Smokaview 5.4.6 - Oct 22 2009



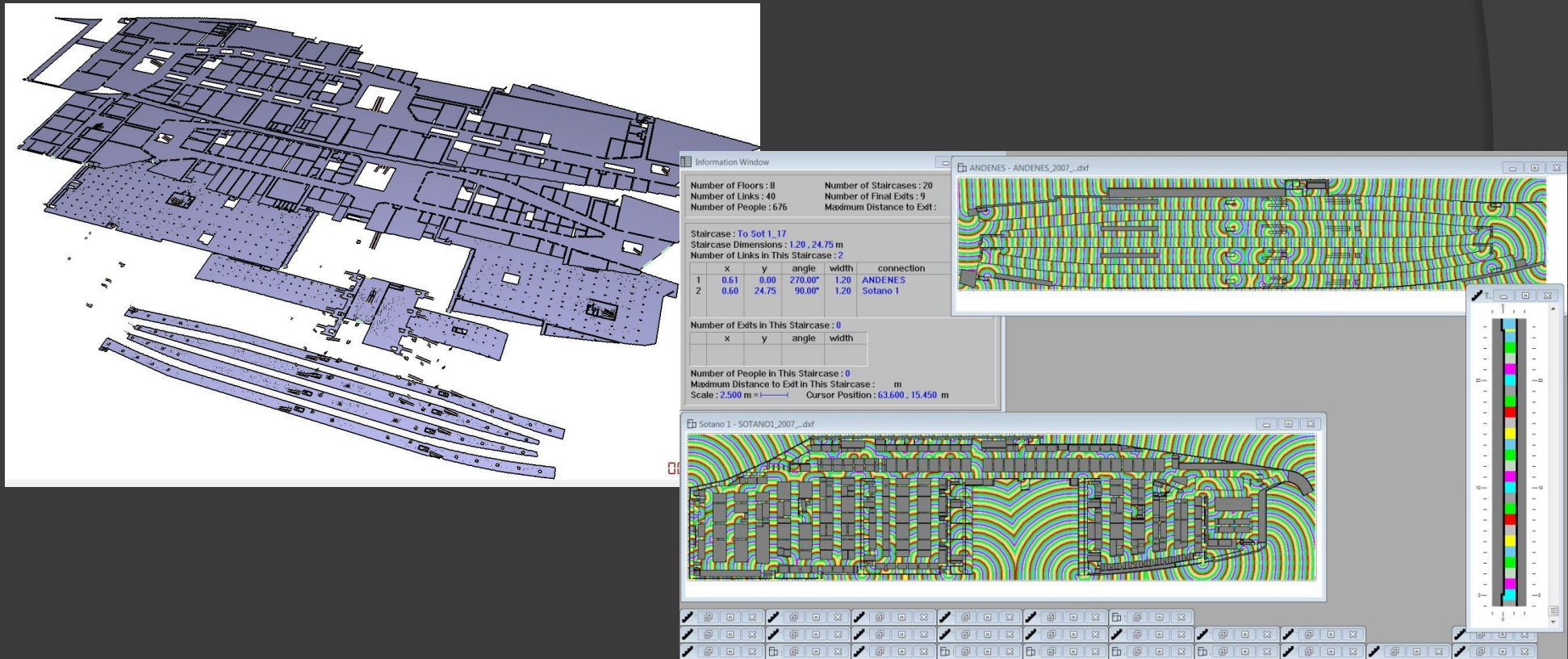
mesh: 1

Frame: 4
Time: 1.5

Le simulazioni con modelli computazionali

I modelli utilizzati

Il Team di Ricerca del Politecnico di Bari ha testato alcuni tra i più conosciuti software di simulazione di evacuazione (FDS+Evac, Simulex, STEPS, Pathfinder, Gridflow, Nomad) avvalendosi di collaborazioni internazionali con aziende e università (Thunderhead Engineering, MottMacdonald, Universidad de Cantabria, Lund University, Delft University, ecc.)



Le simulazioni con modelli computazionali

Riduzione della probabilità di incidente

IL METODO PRESTAZIONALE

RSET vs ASET (Required and Available Safety Egress Time) :

Gli output numerici vengono ottenuti attraverso l'uso di modelli computazionali che simulano scenari di emergenza all'interno delle infrastrutture.

ASET > RSET

Incendio



ASET (Tempo disponibile)

- Dimensione e Sviluppo
- Localizzazione
- Condizioni di Ventilazione

Evacuazione



RSET (Tempo richiesto)

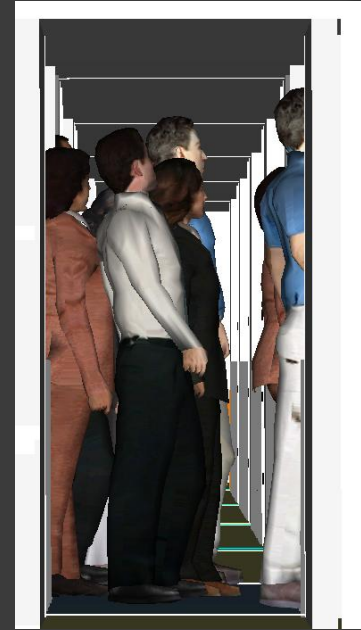
- Geometria
- Processo
- Condotta Umana

Le simulazioni con modelli computazionali

Riduzione della probabilità di incidente

INPUT

- Posizione e tipo di incendio
- Numero e caratteristiche degli utenti
- Posizione iniziale degli utenti
- Caratteristiche fisiche degli utenti (utenti disabili, ecc.)
- Comportamento umano in caso di emergenza



OUTPUT

- Tempi di evacuazione
- Flussi pedonali
- Impatto del comportamento umano
- Problemi nella progettazione e ottimizzazione procedure di emergenza

Le simulazioni con modelli computazionali

Riduzione della probabilità di incidente

Questi modelli permettono di simulare diversi scenari di emergenza (incendio) e calcolare i tempi di evacuazione relativi a tali scenari.



ASET

L'applicazione della metodologia *Performance-based design* per il caso di gallerie ferroviarie comporta la simulazione di possibili scenari di incendio a bordo (calcolando il momento in cui le condizioni sono eccessivamente pericolose - ASET) e il tempo richiesto per effettuare l'evacuazione (RSET).



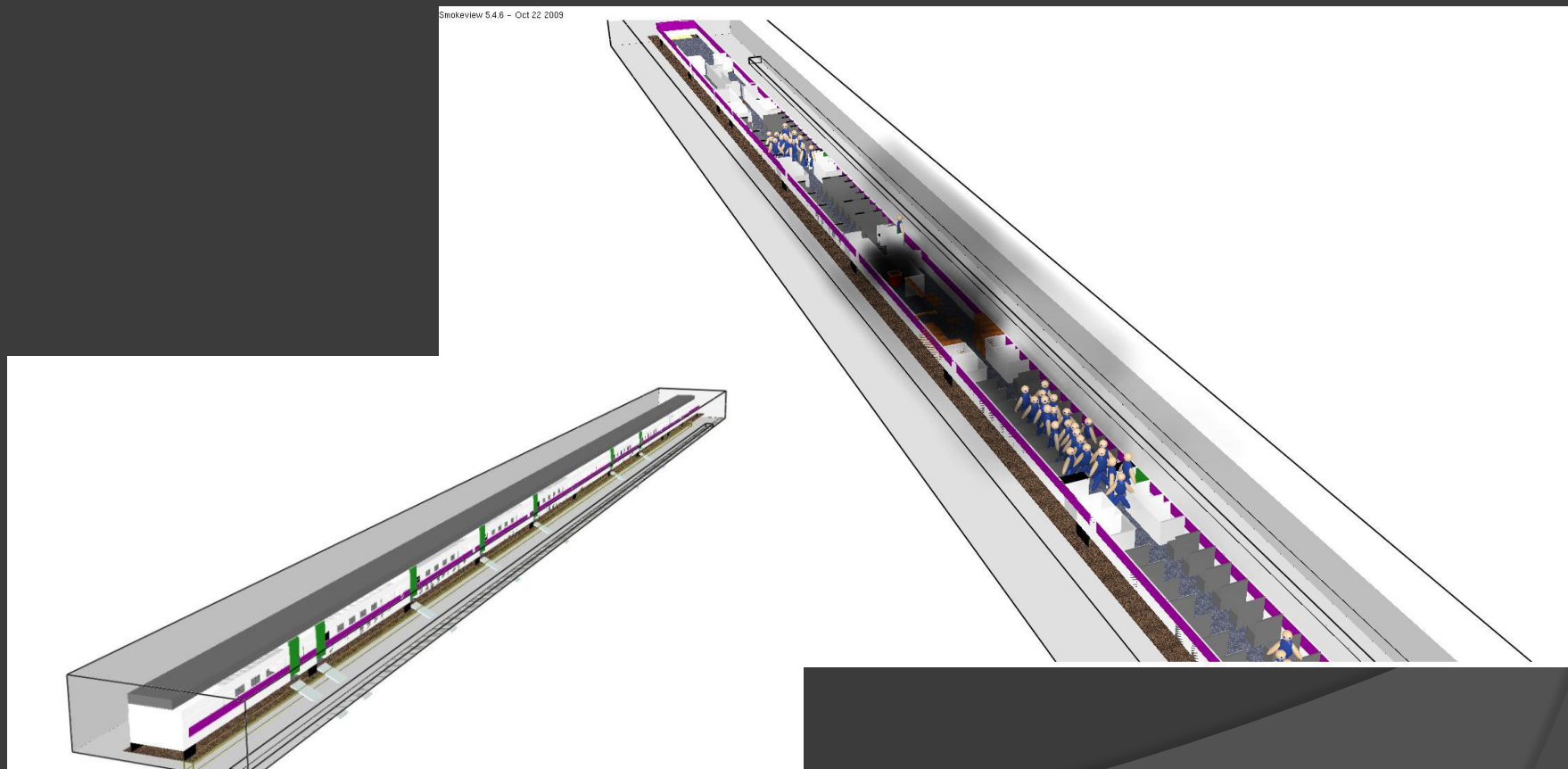
RSET

- G. Santos: El incendio en la estación Cruz del Rayo. Metro de Madrid S.A.

Le simulazioni con modelli computazionali

Riduzione dell'intensità delle conseguenze

I possibili scenari vengono analizzati e studiati al fine di decidere le procedure di emergenza ottimali e ridurre l'esposizione dell'utenza ai fattori di rischio, quali gas tossici e irritanti provenienti dallo sviluppo dell'incendio (calcolo del FED, Fractional Effective Doses).



Conclusioni

- Le simulazioni di scenari di emergenza condotte attraverso modelli computazionali rappresentano un vero e proprio **nuovo** campo di ricerca
- Non esistono numerosi studi condotti sull'applicazione di modelli computazionali in caso di **evacuazione in sotterraneo**
- I modelli computazionali sono uno strumento **potente, economico e innovativo** per l'analisi delle condizioni di sicurezza e per il progetto della sicurezza di un'infrastruttura in sotterraneo
- I modelli computazionali permettono di simulare e valutare un **grande numero** di possibili **scenari** di emergenza a differenza delle metodologie tradizionali
- I risultati dei modelli computazionali sono affidabili se basati su un attento e rigoroso studio dei parametri di **condotta umana** in caso di emergenza

Ulteriori esempi e casi-studio possono essere trovati nella pagina web www.enrico-ronchi.tk

Bibliografia

- E. RONCHI, P. COLONNA , N. BERLOCO “Human Behaviour in road tunnel safety design: evacuation Modelling vs Italian risk analysis method (IRAM)” (accepted paper). XXIV PIARC world road congress, Mexico City (Mexico) – 2011
- E. RONCHI, N. BERLOCO, P. COLONNA. “The Italian Fire Safety Codes for the analysis of road tunnel evacuations: prescriptive vs performance based design approach”. 1st international conference in safety and crisis management, Nicosia (Cyprus) – 2011
- P. COLONNA, N. BERLOCO “External and internal risk of the user in road safety and the necessity for a control process” (accepted paper). XXIV PIARC world road congress, Mexico City (Mexico) – 2011
- E. RONCHI, D. ALVEAR, N. BERLOCO, J.CAPOTE, P. COLONNA, A.CUESTA. “Human Behaviour in road tunnel fires: comparison between egress models (FDS+Evac, steps, pathfinder)”. Proceedings of the Conference INTERFLAM2010 (pp. 837-848). Nottingham (UK) -2010
- J.CAPOTE, D. ALVEAR, M. LAZARO, A.CUESTA “Evacuation model for High Speed trains”. The 5th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamcis 2010, Gaithensburg (Maryland, USA).
- P. COLONNA “Fire Risk and Design in Underground Transport Infrastructures”. Conference on Fire Protection & Safety in Tunnels, Paris – November 17 – 18 2009
- E. RONCHI, D. ALVEAR, N. BERLOCO, J.CAPOTE, P. COLONNA, A.CUESTA. “Human behaviour in case of fire inside an urban tunnel through computer modelling”. Proceedings of the fire protection and life safety in buildings and transportation systems workshop, (pp. 349-361), Universidad de Cantabria GIDAI group, Santander (Spain) – 2009
- DECRETO MINISTERIALE 28/10/2005 La sicurezza nelle gallerie ferroviarie
- www.evacmod.net