



**MASTER UNIVERSITARIO DI II LIVELLO IN “HOMELAND SECURITY – SISTEMI, METODI E STRUMENTI PER LA SECURITY E IL CRISIS MANAGEMENT” (A.A. 2013/2014)**

**TITOLO DI PROGETTO: “PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA NEL SISTEMA FERROVIARIO ITALIANO: LA NORMATIVA E I SISTEMI DI DIAGNOSTICA E SUPERVISIONE NEL GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE PER LA PROTEZIONE DELLE GALLERIE – METODI E TECNOLOGIE A SUPPORTO DELLE INFRASTRUTTURE CRITICHE: RISK ANALYSIS, DISASTER RECOVERY E BUSINESS CONTINUITY ... “**

**RELATORE AZIENDALE: DIRETTORE INGEGNERE ROBERTO PAGONE**

**RETE FERROVIARIA ITALIANA S.P.A. –  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO  
ITALIANE/ DIREZIONE  
INVESTIMENTI - DIRETTRICE SUD**



**PRESIDE DEL COLLEGIO DEGLI  
INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI /  
AREA SUD – SEZIONE DI BARI**



**RELATORE ACCADEMICO: PROF. ING. ROBERTO SETOLA**

**UNIVERSITÀ CAMPUS BIO-MEDICO DI  
ROMA  
DIRETTORE SCIENTIFICO DEL MASTER**



**DISCENTE: ING. NICOLA DILORENZO**

**RFI S.P.A.-GRUPPO FSI/DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE BARI/ UO SICUREZZA  
DIRETTORE DI DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE BARI : ING. STEFANO MORELLINA  
RESPONSABILE UO SICUREZZA ING. GIUSEPPE NICOLA PAOLO MACCHIA**

Il presente Lavoro di Tesi di Master Universitario è stato realizzato seguendo uno schema concettuale di analisi e progetto suddiviso in cinque capitoli, così strutturati:

### ***Capitolo Introduttivo: Il Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane e l'attenzione alla Security aziendale***

Si evidenzia l'organizzazione della mia impresa, diretta dal nostro **Amministratore Delegato del Gruppo FS Italiane Ing. Michele Mario Elia**, onore e vanto della mia amata terra pugliese, le tappe evolutive del mercato liberale del trasporto ferroviario italiano, nonché le strategie d'impresa che hanno portato il Gruppo FSI a divenire la principale realtà industriale nazionale e internazionale con i più alti livelli di redditività, competitività ed investimento tecnologico ecosostenibile, nonché con i più alti livelli prestazionali del servizio offerto in termini di sicurezza e regolarità nei confronti di ogni suo stakeholder.

### ***Capitolo 1: Descrizione Infrastrutturale e Metodologica per la Progettazione in Sicurezza delle gallerie ferroviarie***

Si descrive il patrimonio delle gallerie ferroviarie italiano; il sistema galleria in termini di elementi strutturali e metodologie costruttive delle stesse, nonché il progetto della sezione secondo gli standard del Gruppo FS Italiane.

Si analizza, in riferimento alle suddette specifiche tecniche, il progetto degli impianti che garantiscono la circolazione in sicurezza all'interno della stessa, l'influenza delle diverse tipologie di tunnel sulla sicurezza, le modalità operative di RFI per il miglioramento della sicurezza in termini di accessibilità esterna, accessibilità interna e piani di emergenza e gestione dell'emergenza per gallerie esistenti, in corso di esecuzione e di nuova costruzione.

Infine, in linea con le procedure aziendali, (*Comunicazione Operativa n.273/RFI del 01/12/2010 "Compiti e responsabilità all'interno di RFI per la sicurezza delle gallerie ferroviarie"*, *Comunicazione Operativa n°64/RFI del 26 luglio 2001 "Manuale Operativo per la Gestione delle Anormalità Rilevanti od Incidenti d'Esercizio"*), si trattano le regole per la gestione e attivazione dell'emergenza in Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (*Linea Guida per l'elaborazione del piano interno di emergenza*).

### ***Capitolo 2: Il Processo di Analisi dei Rischi nella Progettazione della Sicurezza Ferroviaria – Le Gallerie Ferroviarie***

Viene approfondito, tramite tecniche di analisi numerica, il processo di analisi dei rischi nella progettazione della security ferroviaria, le procedure del Gestore dell'Infrastruttura Ferroviaria Nazionale nel processo di gestione dei rischi nei processi aziendali (*Disposizione n.13/2001 di RFI e s.m.i.*), conformi agli standard internazionali, il concetto di sicurezza deterministica e probabilistica, nonché le metodologie qualitative e quantitative per l'analisi dei rischi e criteri di accettabilità dello stesso (*metodologia di compliance ALARP, MEM, GAME*)

### ***Capitolo 3: Analisi tecnico/procedurale per il monitoraggio del rischio incendio nelle gallerie ferroviarie: Gestione dell'emergenza ed elaborazione di Piani di Emergenza Esterna - Disaster Recovery Plan e Business Continuity Plan***

Nella sezione iniziale vengono dettagliate:

- *Leggi e regolamenti per la gestione delle emergenze e la regolamentazione del transito all'interno di gallerie ferroviarie* (D.M. 28 ottobre 2005 "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie", Direttiva 2008/163/CE - specifica tecnica di interoperabilità).

- *Le componenti che definiscono il rischio all'interno di una galleria ferroviaria: componenti che concorrono a definire la sicurezza del sistema ferroviario, misure di mitigazione del rischio attive e passive (Sistemi di rilevazione dei fumi e degli incendi tra i quali si evidenziano sistemi di ventilazione longitudinale, trasversale e semitrasversale e rilevatori di fumi, di temperatura, di radiazioni luminose, nonché sistemi di rilevazione lineare con conduttori elettrici, con semiconduttori, con fibre di vetro, sistemi di contenimento e di spegnimento), metodologie di stima del rischio nelle gallerie ferroviarie, il rischio d'incendio (condizione di innesco di flashover nella curva incendio) e le strategie di sicurezza antincendi (sistemi fissi automatici di rivelazione, di segnalazione manuale e di allarme d'incendio tra i quali si menzionano i rivelatori di incendio; i rivelatori di fumo a camera di ionizzazione, foto ottici a diffusione e ad aspirazione; i rivelatori di fiamma; i rivelatori di calore; la centrale di controllo e segnalazione; punti di segnalazione manuale; dispositivi di allarme incendio; apparecchiatura di alimentazione; progettazione dei sistemi di rivelazione incendi; gli estintori; la rete idrica antincendio; impianti di spegnimento automatico; gli evacuatori di fumo e calore; sistemi antiallagamento con sonda lineare a nastro e sonda puntiforme)*

Viene altresì proposto un **modello integrato di valutazione della sicurezza in galleria**: il *modello di valutazione della sicurezza globale all'interno di una galleria*, è costituito da sottomodelli intercorrelati che definiscono una metodologia speditiva di *valutazione del rischio globale associato al passaggio di un convoglio all'interno di una galleria* che considera sia elementi tecnico – strutturali dell'infrastruttura che aspetti procedurali e legati ai soccorsi:

- *Modello di calcolo della frequenza di incidente in galleria;*
- *Modello di valutazione di sistemi di rilevazione anomalia;*
- *Modello di arresto convoglio in emergenza;*
- *Modello di attivazione delle procedure di auto salvataggio;*
- *Modello di stima delle conseguenze;*
- *Modello di valutazione dei soccorsi;*
- *Modello di evacuazione;*

Si passa poi alla **costruzione di un modello integrato di valutazione del rischio in galleria**: una volta analizzati gli *aspetti che influenzano il rischio globale* all'interno di una galleria ferroviaria, valutati quelli che caratterizzano ogni elemento e *proposto modelli semplificati in grado di descrivere ogni componente del rischio studiata*, è necessario individuare una metodologia in grado di considerare simultaneamente ogni aspetto per fornire una *valutazione complessiva della sicurezza globale di ogni infrastruttura*.

Tale modello, viene analizzato e validato, applicandolo a due gallerie reali più una galleria che rispetta i requisiti minimi fissati dalla normativa.

Successivamente, si descrivono la metodologie per la redazione delle linee guida per la pianificazione delle emergenze nelle gallerie e dei piani di emergenza esterni entrando nel merito dell'analisi dell'influenza delle componenti dei soccorsi sul rischio totale, analisi dei ruoli e delle responsabilità dei differenti soggetti coinvolti, definizione delle componenti di un piano e individuazione del modello di intervento

In sintesi, i **risultati ottenuti e gli obiettivi raggiunti** in tale capitolo, sono stati volti allo studio di una metodologia per poter verificare l'incremento, in termini di sicurezza globale, dovuto all'applicazione di corretti metodi per la gestione delle emergenze. Per fare ciò è stata individuata una metodologia che, partendo dai sistemi maggiormente utilizzati per stimare il rischio in galleria ha permesso di valutare anche aspetti connessi con la gestione delle emergenze e l'attivazione del sistema dei soccorsi. Per realizzare questo sono stati costruiti *7 sottomodelli* che descrivono i vari aspetti che influenzano il rischio in galleria, alcuni di essi sono stati reperiti in letteratura, mentre quelli descrittivi degli aspetti connessi con la gestione delle emergenze sono stati sviluppati appositamente. La combinazione dei sottomodelli sviluppati permette di valutare il rischio globale connesso al transito di convogli nelle gallerie ferroviarie.

Il modello sviluppato è stato poi testato su due gallerie reali, differenti per lunghezza, caratteristiche costruttive e dotazioni di sicurezza presenti, tale applicazione ha dato la possibilità di valutare l'influenza di ogni componente sul rischio globale. L'utilizzo del modello ha permesso inoltre di evidenziare le interdipendenze tra le diverse azioni da svolgere durante la gestione di un'emergenza rendendo palese, per esempio, quanto un tempestivo sistema di diagnosi di un'anomalia e un'istantanea attivazione del

sistema dei soccorsi possono influire in modo molto rilevante nel contenimento delle conseguenze in caso di incendio. Infatti l'analisi sulle gallerie pilota ha mostrato che il tempo di rilevazione anomalia e attivazione delle procedure di gestione dell'emergenza (attivazione dei soccorsi e messa in pratica delle procedure di autosalvataggio) può pesare fino al 25% del tempo totale di messa in sicurezza dei passeggeri. Il modello ha inoltre evidenziato come l'efficacia dell'intervento delle squadre di soccorso è fortemente condizionato dal tempestivo allertamento delle stesse, elemento che dipende sia dalle procedure di allertamento dei soccorsi che dalle dotazioni tecniche che gli stessi possono utilizzare in galleria per un peso di circa il 33% del tempo totale di intervento dei soccorsi.

La costruzione dei sottomodelli, esplicitando quali sono gli *elementi infrastrutturali, tecnologici e organizzativi* che caratterizzano ognuno di essi, ha permesso inoltre di valutare gli effetti sul rischio globale di tutte le componenti di una galleria e di poter individuare la combinazione di essi che rende minimo il rischio. In conclusione la valutazione degli effetti, anche indiretti, che ogni componente può avere sul rischio globale, ha permesso di concentrare l'attenzione sugli aspetti interconnessi con la gestione delle emergenze e di individuare indicazioni utili all'elaborazione di Piani di Emergenza. In particolare, si è evidenziato una metodologia che, coniugando aspetti scientifici caratteristici dell'analisi del rischio con procedure e metodologie tipiche della pianificazione di Protezione Civile, ha evidenziato i punti di contatto e gli elementi da valutare per ottenere una mitigazione del rischio globale in una galleria. Il presente lavoro ha inoltre evidenziato come aspetti normativi, quali ad esempio il regolamento di esercizio ferroviario e l'organizzazione dei soccorsi in galleria possono fornire prestazioni più efficienti solamente attraverso un'analisi coerente e congiunta delle decisioni, rendendo evidente che solo attraverso un approccio multidisciplinare è possibile ottenere un sistema di contenimento del rischio efficiente.

Da tali considerazioni deriva la necessità di considerare aspetti connessi con la gestione delle emergenze ancor in fase di pianificazione di massima di una galleria e non solamente come elemento propedeutico alla messa in esercizio della stessa. L'utilizzo del modello ha inoltre dimostrato che la pianificazione congiunta di tutti gli aspetti che influenzano il rischio risulta complicata in quanto ogni attore chiamato a partecipare può avere obiettivi contrastanti. L'individuazione del mix di soluzioni più efficaci può minimizzare il costo globale per l'ottenimento della massima sicurezza ragionevolmente ottenibile. Tali attività devono essere svolte all'interno di un tavolo condiviso dei differenti attori chiamati a intervenire, ognuno dei quali può presentare le criticità di azione e le azioni praticabili. Una volta ottenuta la soluzione globalmente più efficace, sarà poi possibile trovare delle misure compensative nel caso in cui un portatore di interessi fosse chiamato a sopportare sforzi economici più onerosi rispetto agli altri.

#### ***Capitolo 4: Sistemi di Sicurezza Fisica Attiva e Passiva a Protezione delle Gallerie Ferroviarie – Tecnologie, Metodi e sviluppi futuri per la Security in Ambito Ferroviario***

Come noto, il **Sistema Ferroviario Italiano** è un **Infrastruttura Critica** (*sistema, risorsa, processo, insieme, la cui distruzione, interruzione o anche parziale o momentanea indisponibilità ha l'effetto di indebolire in maniera significativa l'efficienza e il funzionamento normale di un Paese, ma anche la sicurezza e il sistema economico-finanziario e sociale, compresi gli apparati della pubblica amministrazione centrale e locale*).

La **Business Continuity del Gruppo FS Italiane** rappresenta la *capacità dell'azienda di continuare ad esercitare il proprio business a fronte di eventi catastrofici che possono colpirla, attraverso un **Piano di Disaster Recovery** con la definizione di quell'insieme di attività aventi lo scopo di assicurare, nel caso di eventi disastrosi, il ripristino del sistema fisico e tecnologico nei tempi previsti*.

Vengono analizzati, in riferimento all'Infrastruttura Ferroviaria, i *Sistemi di Sicurezza Fisica, Tecnologie a supporto e mezzi di protezione passivi* (di natura infrastrutturale) *ed attivi* (di natura tecnologica).

Le principali tecnologie adoperate per la realizzazione di strumenti di protezione sono costituite da *Raggi infrarossi; Campi a microonde; Effetto doppler; Campo magnetico; Propagazione di campo in fibra ottica; Sensori piezoelettrici; Video analisi intelligente*.

In una prima sessione del capitolo si descrivono al livello tecnico/funzionale i principali componenti di un Impianto di Security.

La *centrale di gestione e controllo*, Il progetto di un *Sistema Antiintrusione* costituito da *rivelatori, centrale di elaborazione, organi di segnalazione o sirene, organi di comando, apparati di centralizzazione, interconnessioni*.

Tra i *sistemi di protezione perimetrale* vi sono sistemi *passivi* (reti di recinzione, sistemi anti scavalco, barriere vegetative) ed *attivi* (cavo microfonico, cavo con sensori inerziali, fili tesi, tappeti sensibili, sistemi anti-taglio/anti-scavalco, campo elettrostatico, barriera a infrarossi, barriera a microonde, cavo interrato a radiofrequenza).

Tra i *sistemi fisici di protezione* si evidenziano: porte blindate; serrature; rilevatori di vibrazione; sensori inerziali; contatti magnetici; sensori volumetrici a microonde e a infrarossi e sensori passivi a tenda (tra i quali si analizzano quelli a doppia tecnologia infrarosso + microonde); sistemi acustici (rottura vetro); microonde ed ultrasuoni; microfoni selettivi; altre tipologie di sensori (vibrazione filo teso, *contatto elettromeccanico*, pesatura oggetti, filo o serigrafia, pressione differenziale sul terreno).

Si evidenziano i *sistemi di illuminazione*, i *sistemi di videosorveglianza*, che utilizzano *Telecamere fisse* e *Telecamere speed-dome*, dette anche PTZ (PAN/TILT/ZOOM).

Si analizzano telecamere wireless, telecamere IP, integrate con algoritmi di visione artificiale per il rilevamento tempestivo, proattivo e real-time delle immagini acquisite (motion detection e tracking).

Successivamente vengono descritti i sistemi di controlli accessi e le tecniche di autenticazione a mezzo *segreto*, *token* o *per riconoscimento biometrico*.

Dopo questa prima sezione di analisi, viene successivamente descritta la **Specifica funzionale di RFI per il sistema di protezione e controllo accessi delle gallerie ferroviarie e relativa supervisione/diagnostica**, che indica gli *interventi necessari ai fini di security*, in base alla *lunghezza della galleria*, con l'intento di conciliare le esigenze di security con criteri di economicità/efficienza.

Interventi di security		1Km -> 2 Km	2 Km -> 3 Km	3 Km -> 5 Km	> 5 Km
Imbocchi	Recinzione tipo keller sovrastante imbocchi	h= 2,5m	h= 2,5m	h= 2,5m	rinforzata h=3 m
	Recinzione lungo linea agli imbocchi (tipo keller h = 2,5m)		50mt invito	200 mt invito	500mt invito
	Sistema videosorveglianza esterna degli imbocchi principali			almeno una telecamera per imbocco per gallerie in particolari contesti socio-ambientali	almeno una telecamera per singolo binario per imbocco
Accessi intermedi	Sistema di allarme accessi intermedi			integrato con controllo accessi	integrato con controllo accessi e impianto TVCC
	Recinzione zona impianti in prossimità accessi secondari (tipo keller h = 2,5m)				
Bypass (per gallerie a doppia canna)	Sistema di allarme e di controllo accessi				
Pertinenze galleria	Recinzione piazzale di emergenza (tipo keller h= 2,5)				con cancello a serratura, sistema di controllo accessi e tvcc
	Interventi infrastrutturali locali tecnici sensibili				
	Sistema di allarme, controllo accessi e antincendio ai locali tecnici sensibili				

Viene evidenziato il progetto pilota di RFI costituito da un sistema di controllo esterno, sistema di controllo Interno, sistema di controllo accessi secondari, sistemi di controllo gallerie in fase di implementazione.

In un'ultima sezione viene effettuata: **Analisi e Proposta Progettuale dei sistemi per la protezione e la videosorveglianza installabili in tutte le gallerie ferroviarie in esercizio di Rete Ferroviaria Italiana – Gruppo Ferroviarie dello Stato Italiano.**

Dopo aver sottolineato gli aspetti, componenti e caratteristiche rilevanti inerenti la progettazione degli impianti di security utilizzabili per la protezione e il controllo della sicurezza della circolazione ferroviaria in galleria. Infine si proporrà una soluzione progettuale di installazione sistema.

*Videosorveglianza IP nelle gallerie*

Il termine “*Videosorveglianza IP*” indica un sistema di sicurezza che permette la visualizzazione e la registrazione / acquisizione di immagini e/o segnali audio attraverso una comune rete LAN aziendale o tramite una rete basata su protocollo IP, come Internet.

Il vantaggio più grande dell'installazione di un sistema di videosorveglianza IP è sicuramente la possibilità di recuperare e quindi visualizzare, le eventuali telecamere analogiche precedentemente installate, collegandole al sistema stesso tramite un “video server encoder”, capace di trasformare il segnale video da analogico a digitale, così da non perdere l'intero investimento antecedente.

**Le Componenti di un Impianto di Videosorveglianza IP sono** :la telecamera di rete IR, il sistema di gestione / registrazione delle immagini, una illuminazione IR (infrarosso) , la rete, gli apparati attivi per la connessione delle telecamere alla rete

**Lo schema concettuale dell'Impianto di Security ideato per la protezione delle gallerie proposto prevede:**

- **telecamere IP** (Internet Protocol, cioè *collegate a una rete digitale LAN*) ad alta risoluzione, in rapporto della lunghezza della galleria.
- Un certo n° di *telecamere IP/IR*, supportate da **illuminatori IR** (lunghezza d'onda 850 nm) non visibili ad occhio nudo e pertanto non comportano alcuna interferenza o distrazione al personale di condotta (**macchinista**) installate all'interno della galleria, al **buio totale**, su entrambi i lati a distanza media di 50/80 ml. con *funzione di monitoraggio e analisi dell'ambiente*. Essendo collocate a circa 50/80 ml di distanza d'una dall'altra, queste telecamere consentono di "inseguire" agevolmente i convogli ferroviari nel loro transito all'interno della galleria.
- Alternativamente vanno inserite, in sostituzione di quelle fisse, **telecamere di tipo "speed dome IR" a cupola**, con *movimento motorizzato* che consente una *rotazione di 360 gradi in orizzontale e 200 gradi in verticale*, e con *zoom 23x*; scopo di questi dispositivi, che sono comandati da un operatore, è la panoramica dell'intera galleria, compresi spazi particolari, nel caso di eventi particolari.
- Altre due telecamere **speed dome** uguali alle precedenti sono *poste alle estremità della canna per controllare gli spazi antistanti*.

Tramite una **rete in fibra ottica**, gli *stream video* di tutte le telecamere arrivano a due **server** di videoregistrazione in continuo che consentono di creare *archivi di sequenze video* (ad alta risoluzione e alto frame rate). La gestione dell'intero sistema TVCC e di tutti gli apparati che lo compongono è delegata al *controllore di testa*, un sistema basato su tecnologia **web server** che crea un database contenente tutti gli *eventi di allarme* e fornisce lo *stato diagnostico* di tutti gli apparati.

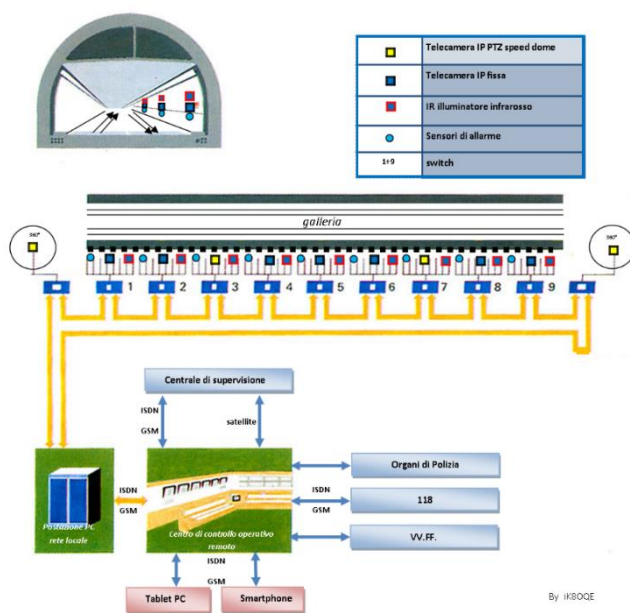
Il **controllore di testa** svolge inoltre la funzione di *gateway* con il sistema di supervisione superiore presente nella cabina di controllo locale, consentendo così una piena integrazione del sistema TVCC, sia a livello di diagnostica delle avarie dei singoli apparati, sia a livello di segnalazioni di allarme.

La **cabina di controllo** nella quale è collocato un *client di visualizzazione* dotato di *due monitor da 19 pollici* (per visualizzazioni delle immagini delle *telecamere speed dome*) e *due monitor da 27 pollici* (che visualizzano le immagini in sequenza, *delle telecamere fisse*, all'interno della galleria).

Il **monitoraggio remoto** è svolto invece da una stazione attigua abilitata o da postazione **DCO/CEI** in cui è presente una ulteriore postazione di controllo.

**Il sistema, tramite l'ausilio della tecnologia all'infrarosso, effettua una supervisione continua dell'infrastruttura ferroviaria, anche in condizioni di assoluta assenza di visibilità, rilevando situazioni invisibili all'occhio umano e senza creare interferenza alcuna con il personale di condotta nell'ambito della circolazione in sicurezza dei mezzi di trazione.**

### schema del sistema



### Posizionamento componenti

